

DISSERTATION

Lernfunktionalität integriert in das Funktionsmodell SiMA

Simulation of the Mental Apparatus & Applications

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der technischen Wissenschaften

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

unter der Leitung von

em. O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dietmar Dietrich
Institut E384
Institut für Computertechnik

von

Ing. Martin Fittner, MSc
Matr. Nr. 1425200
2034 Diepolz 104

18.08.2021



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Das Projekt SIMA hat sich zum Ziel gesetzt, ein Funktionsmodell der menschlichen Psyche zu erstellen. Im Gegensatz zur klassischen künstlichen Intelligenz (KI) und allgemeinen künstlichen Intelligenz (AKI) soll dafür nicht menschliches Verhalten nachgebildet werden. Daher baut das Modell nicht auf psychologischen Theorien (die im Allgemeinen Phänomene des menschlichen Verhaltens beschreiben) auf, sondern auf dem ganzheitlichen Funktionsmodell der Metapsychologie. In enger interdisziplinärer Zusammenarbeit mit Neurologen und Psychoanalytikern wird das psychoanalytische Funktionsmodell in ein naturwissenschaftliches Funktionsmodell transformiert. Die vorliegende Arbeit entwickelt erstmals Lernfunktionen für das bestehende Modell. Dazu wurden Funktionen der Triebwahrnehmung, der äußeren Wahrnehmung, der Emotionen, der Aufmerksamkeitsfokussierung und der Entscheidungsfindung erweitert und deren generierte Informationen im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Anhand dieser Informationen werden neue Informationen im Langzeitgedächtnis generiert, die die Erinnerungen des Agenten erweitern. Bei dem iterativen Entwicklungsprozess wurde eine speziell entwickelte Methodik verwendet, die bei der Modellerstellung, der Modellsimulation und der Modellparametrierung den Wissenstransfer zwischen Psychoanalytikern und Technikern unterstützt. Ein generisches Fallbeispiel unterstützt die Erstellung von psychoanalytisch relevanten Simulationsexperimenten. Die Validierung des Modells erfolgt über die Simulationsexperimente durch die detaillierte Analyse der internen Abläufe im Funktionsmodell. Die Ergebnisse zeigen, wie neue Erinnerungen in einem Funktionsmodell der menschlichen Psyche entstehen und wie sie Entscheidungen aber auch die Bildung neuer Erinnerungen beeinflussen. Der Agent ist damit in der Lage, aus der Wahrnehmung von neuen Objekten, neuen Agenten und neuen Situationen zu lernen und sich an neue Situationen anzupassen.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abstract

The SiMA project aims to create a functional model of the human psyche. In the gene set to classical artificial intelligence (AI) and general artificial intelligence (AGI), the project does not want to reproduce human behavior. Therefore, the model is not based on psychological theories (which generally describe phenomena of human behavior), but on the holistic functional model of metapsychology. In close interdisciplinary collaboration with neurologists and psychoanalysts, the psychoanalytic functional model is transformed into a scientific functional model. The present work now develops learning functions for the existing model for the first time. For this purpose, functions of drive perception, external perception, emotions, attention-focusing and decision-making were expanded, and the generated information were stored in short-term memory. This information is used to generate new information in long-term memory that expands the agent's memories. In the iterative development process, a specially developed methodology was used that supports the transfer of knowledge between psychoanalysts and technicians in the creation of models, model simulation and model parameterization. A generic case study supports the creation of psychoanalytically relevant simulation cases. The model is validated via the simulation cases through the detailed analysis of the internal processes in the functional model. The results show how new memories arise in a functional model of the human psyche and how these decisions influence the formation of new memories. The agent is thus able to learn from the perception of new objects, new agents, new situations and to adapt to new situations.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Danksagung

Allen voran möchte ich Herrn em. O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dietmar Dietrich für seinen unermüdlichen Einsatz im SiMA-Projekt und seiner großartigen Unterstützung bei der Erstellung meiner Arbeit danken. Ich konnte hier viel über den wissenschaftlichen Prozess lernen und er unterstützte mich bei der tiefen Einarbeitung in das Thema. Trotz seines Ruhestandes war er immer mit Rat und Tat zur Stelle, wenn er gebraucht wurde.

Vielen Dank an die ehemaligen Mitarbeiter des SiMA-Teams, für ihre Vorarbeit und die Unterstützung zu Beginn meiner Arbeit. Vor allem möchte ich mich bei Herrn Dr. phil. Klaus Dobelhammer bedanken, der mir nach dem Ende seiner Tätigkeit bei der SiMA-Gruppe immer bei psychoanalytischen Fragen geholfen hat. Er ermöglichte es mir, das Modell besser zu verstehen. Seine unzähligen Überprüfungen von Konzepten, Fallbeispielen, Simulationsexperimenten und Ergebnissen waren eine große Hilfe. Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Weggefährten Herrn Matthias Jakubec und Herrn Christian Brandstätter, die mit inspirierenden Gedanken immer neue Blickwinkel auf das Projekt ermöglichten und mit denen ich viele gemeinsame Probleme in der Simulation lösen konnte. Vielen Dank auch an meinen Sitznachbarn und Zimmerkollegen an der technischen Universität Wien, Herrn Stefan Kollmann. Er hat mich vor allem bei der Programmierung der Simulation unterstützt und war immer ein guter Gesprächspartner und Zuhörer.

Ebenfalls möchte ich Herrn ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Sauter, Herrn ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kastner und Frau Univ. Prof.in Priv.-Doz.in Dr.in Löffler-Stastka meinen Dank für ihre Unterstützung und für die Begutachtung der Arbeit aussprechen.

Bedanken möchte ich mich auch beim Institut für Computertechnik der technischen Universität Wien für die gute Unterbringung und den Zugang zu den Räumlichkeiten. Vielen Dank an die Personen im Sekretariat, die mir immer schnell, kompetent und freundlich weitergeholfen haben und an die IT-Infrastrukturhelden, die einem immer schnell und hilfreich zur Seite standen.

Herzlichen Dank an meine Schwester, die mir mit ihrer Expertise und Korrektur half, der Arbeit den letzten Schliff zu verleihen.

Mein allergrößter Dank gilt meiner Familie, die mich bei meinem Vorhaben immer unterstützt hat und oft auf meine Anwesenheit verzichten musste. Meine Kinder dienten mir während der Erstellung der Arbeit immer als gute Vorbilder bezüglich des Themas Lernen und waren sowohl Antrieb als auch Motivation. Ohne die Unterstützung meiner Frau wäre die Arbeit niemals möglich gewesen. Sie musste viele Tätigkeiten ohne mich durchführen und hat die Arbeit auch mehrmals Korrektur gelesen. Danke mein Schatz, ich liebe Dich.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Genehmigung

Diese Arbeit einschließlich aller dafür erstellten Bilder kann verteilt und in anderen Veröffentlichungen verwendet werden, ohne ausdrückliche Genehmigung des Autors (keine Anfrage per Mail erforderlich), solange die Herkunft klar angegeben ist. Alle Texte oder Bilder, die aus anderen Veröffentlichungen mit der Erlaubnis ihrer Autoren, auf die ausdrücklich verwiesen wird, verwendet wurden, sind in dieser Erlaubnis nicht enthalten.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1 Das Projekt SiMA.....	1
1.2 Anwendungsprojekte von SiMA.....	4
1.3 Unterscheidung von Verhaltens- und Funktionsmodell	4
1.4 Forschungsfrage.....	6
1.5 Methodischer Ansatz und Vorgehen	7
2. Stand der Technik.....	10
2.1 Überblick über das Konzept von Lernen	10
2.1.1 Gedächtnis.....	10
2.1.2 Lernen und Emotionen	12
2.1.3 Aufmerksamkeit (Fokussierung) und invariante Repräsentanzen	14
2.1.4 Generalisierung und Differenzierung	16
2.1.5 Zusammenfassung.....	18
2.2 Metapsychologie – Grundlegende Konzepte.....	19
2.2.1 Die zwei topischen Modelle	19
2.2.2 Primärprozess.....	21
2.2.3 Sekundärprozess.....	22
2.2.4 Ich, Es und Über-Ich.....	23
2.2.5 Die wissenschaftliche Methodik der Psychoanalyse	24
2.3 Simulation of the Mental Apparatus & Applications – SiMA.....	25
2.3.1 Die Basis von SiMA	25
2.3.2 Lernen und Gedächtnis in SiMA	32
2.3.3 Datenstrukturen in SiMA.....	35
2.3.4 Bewertungsgrößen in SiMA.....	38
2.3.5 Kognitiver Zyklus.....	41
3. Konzept und Modell	50
3.1 Auffassung und Definition von Lernen in SiMA	50
3.2 Fallbeispiel	52
3.2.1 Definition des Fallbeispiels.....	52
3.2.2 Analyse des Fallbeispiels	55
3.3 Top-Down Design.....	57
3.4 Die Lernintensität.....	62
3.5 Bewertungsgrößen und Lernen	63
3.6 Akte und Lernen.....	64
3.6.1 Bewertungen in Akten.....	65
3.6.2 Der Moment	66
3.7 Bildung von Erinnerungsfragmenten	67
3.8 Gedächtnis	70

3.9 Abstraktion.....	72
3.9.1 Kategorisierung von Objekten	72
3.9.2 Kategorisierung von Agenten	73
3.9.3 Kategorisierung von Images	73
3.10 Körperlicher Schmerz in SiMA.....	75
4. Simulator und Implementierung	78
4.1 Simulationsplattform und SiMA-Welt.....	78
4.1.1 Simulator und Einstellungen.....	78
4.1.2 SiMA-Agent und SiMA-Welt	80
4.2 Wichtige Punkte der Implementierung von SiMAi16	82
4.2.1 Implementierte Gedächtnisspeicher in SiMA.....	82
4.2.2 Lernen in den Funktionen.....	83
4.2.3 Die Funktion SF90	87
4.2.4 Körperlicher Schmerz.....	89
5. Simulation.....	91
5.1 Aufbau der Simulationsexperimente	91
5.2 Simulationsexperiment 1	95
5.2.1 Simulationsexperiment 1.1 – SE 1.1	98
5.2.2 Simulationsexperiment 1.2 – SE 1.2	106
5.2.3 Simulationsexperiment 1.3 - 1.x (SE 1.3 - SE 1.x)	108
5.3 Simulationsexperiment 2	109
5.4 Simulationsexperiment 3	110
6. Simulationsergebnisse.....	112
6.1 Simulationsexperiment 1	112
6.1.1 Simulationsexperiment 1.1 – SE 1.1	114
6.1.2 Simulationsexperiment 1.2– SE 1.2	138
6.1.3 Simulationsexperiment 1.3 – 1.x (SE 1.13 – 1.x).....	143
6.2 Simulationsexperiment 2	145
6.2.1 Simulationsexperiment 2.1 – SE 2.1	146
6.2.2 Simulationsexperiment 2.2 – SE 2.2	147
6.2.3 Simulationsexperiment 2.3 – SE 2.3	148
6.3 Simulationsexperiment 3	150
6.3.1 Simulationsexperiment 3.1 – SE 3.1	151
6.3.2 Simulationsexperiment 3.2 – SE 3.2	151
6.3.3 Simulationsexperiment 3.3 – SE 3.3	152
6.3.4 Simulationsexperiment 3.4 – SE 3.4	153
6.4 Zusammenfassung	153
7. Schlussfolgerungen und Ausblick	156
7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	156

7.1.1 Ergebnisse des Modells	157
7.1.2 Ergebnisse von Simulationsexperiment 1	159
7.1.3 Ergebnisse von Simulationsexperiment 2	161
7.1.4 Ergebnisse von Simulationsexperiment 3	161
7.1.5 Gemeinsame Ergebnisse aus den Simulationsexperimenten 1-3	162
7.2 Anwendung von SiMA.....	163
7.3 Ausblick auf zukünftige Arbeiten	164
Literatur.....	167
Anhang A	179
Anhang B	199
Beispiel für die Benutzung des Erinnerungseditors	199
Struktur des Programms	200
Schnittstellen	201
Tests	201
Ergebnisse	202
Testdatei	203

Abkürzungen

AA	Association for Attributes (Assoziationen zu Eigenschaften von Objekten)
AD	Association Drive Mesh (Assoziationen zu Triebrepräsentanzen)
AGI	Artificial General Intelligence
AI	Artificial Intelligence
AKI	Allgemeine künstliche Intelligenz
AP	Association for Primary Process Elements
ARS	Artificial Recognition System
AS	Association for Secondary Connections (Assoziationen im Sekundärprozess)
AT	Association for Temporary Connections (Assoziationen für gleichzeitig auftretende Elemente)
AW	Association for Wordpresentations (Assoziationen für Wortvorstellungen)
CLIPS	C Language Integrated Production System
CogMAS	Cognitive Multi-Agent System Supporting Marketing Strategies of Environmental Friendly Energy Products
DM	Drive Mesh
ECABA	Energy-efficient Cognitive Autonomous Building Automation
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
ISO	internationale Organisation für Normung
KI	Künstliche Intelligenz
KORE	Kognitive Regelstrategieoptimierung zur Energieeffizienzsteigerung in Gebäuden
MASON	Multi-Agent Simulator Of Neighborhoods... or Networks... or something...
MEG	Magneto Encephalo Graphy
NaPM	naturwissenschaftliches, psychoanalytisches Modell der Psyche
OSI	Open Systems Interconnection
OTP	One Time Programmable
PET	Positron Emission Tomography
PI	Perceived Image
PRI	Primary Process Image Instance
PROM	Programmable Read-Only Memory
QoA	Quota of Affect
RGB	Rot Grün Blau
RI	Remembered Image
ROM	Read-Only Memory
SE	Simulationsexperiment
SF	Speicherzugriffsschichtfunktion
SiMA	Simulation of the Mental Apparatus & Applications

SiMAi15	Simulation of the Mental Apparatus & Applications Version 15 implementiert von Samer Schaat
SiMAi16	Simulation of the Mental Apparatus & Applications Version 16 implementiert von M. Fittner
TP	Thing Presentation
TPM	Thing Presentation Mesh
VMPFC	ventro-medialer präfrontaler Cortex
WP	Word Presentation
WPM	Word Presentation Mesh



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

1. Einleitung

„Jedem Anfang wohnt ein Zauber inne ...“

[Hermann Hesse]

Das Ziel der Arbeit liegt in der Implementierung von Lernfunktionen zur Erzeugung von neuen Erinnerungen in ein Funktionsmodell des menschlichen neuronalen Organs sowie in der Simulation des Modells. Dabei wurde mit Experten aus den Disziplinen der Psychoanalyse und Neurowissenschaften interdisziplinär zusammengearbeitet [Die21, S. 6]. Ein spezielles Augenmerk wird auf die erklärende Darstellung der Zusammenhänge und Abläufe zur Bildung einzelner Informationen¹ und deren Einwirken auf das Verhalten des Modells gelegt. Dadurch soll der Nutzen des hier entwickelten Modells verständlich herausgearbeitet werden. All das wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts [BDD+15] erarbeitet, dessen Rahmenbedingungen, Zielsetzung und Fortschritte im nächsten Kapitel erläutert werden. Eine technische Anwendung oder Optimierungen – wie sie in Systemen der klassischen künstlichen Intelligenz (KI) gemacht werden – sind nicht Ziel dieser Arbeit.

1.1 Das Projekt SiMA

Vor mehr als 20 Jahren wurde das Projekt SiMA² (Simulation of the Mental Apparatus & Applications) im Jahre 1999 von Prof. Dr. Dietmar Dietrich und seinem Forschungsteam am Institut für Computertechnik der Technischen Universität Wien ins Leben gerufen. Dabei wurden zu Beginn des Projekts bionische³ Konzepte [DKM+04, S. 93], [BDK+04, S. 1219], [RHBP04, S. 349] in der Gebäudeautomatisierung umgesetzt, um mit den steigenden Anforderungen (vor allem die steigende Anzahl der Sensoren in Gebäuden sei hier erwähnt) in der Gebäudeautomatisierung [ZFB12, S. 1192] Schritt zu halten. Die neue Verwendung bionischer Konzepte in der Gebäudeautomatisierung sollte zu performanteren und skalierbaren Informationsverarbeitungssystemen führen [Die00]. Die Entwicklung wurde immer mehr in Richtung KI vorangetrieben, wobei im Projekt SiMA ein spezieller Weg eingeschlagen wurde. Im Gegensatz zu anderen Projekten sollte das Modell der Metapsychologie

¹ Der Begriff ‚Information‘ wird hier statt des Begriffs ‚Daten‘ verwendet, da Funktionen ebenfalls aus Daten bestehen und hier explizit auf die von Funktionen verarbeiteten Daten (Informationen) eingegangen werden soll.

² Vor dem Jahr 2015 wurde das Projekt unter dem Namen Artificial Recognition System (ARS) [PP05] geführt.

³ Bionik ist definiert nach [Nac98, S. 3] als „Bionik als Wissenschaftsdisziplin befasst sich systematisch mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktionen, Verfahren und Entwicklungen biologischer Systeme.“

[DBD+14, S. 63-75] erarbeitet und in ein technisches Modell übertragen werden. Um ein ganzheitliches Nervensystem abbilden zu können, wurde das Projekt in eine Simulation transformiert [DFKU09, S. 100]. Das bietet weitere Vorteile wie z. B. eine Einsicht in alle Abläufe zu jedem Simulationszeitpunkt. Nach 20 Jahren Entwicklung kann ein Modell der menschlichen Informationsverarbeitung vorgestellt werden, wobei die letzten umfangreichen wissenschaftlichen Arbeiten die Dissertationen [Sch16b] und [Wen16] sowie die Publikation [Die21] darstellen. Das Modell wurde in verschiedenen Implementierungen dann in einer Multi-Agenten-Simulationsumgebung validiert [Sch16b], [Wen16], [Muc13], [Zei10].

Das SiMA-Modell basiert auf einer interdisziplinären Zusammenarbeit mit Psychoanalytikern, Neuropsychologen und Neuropsychoanalytikern. Die Neuropsychoanalyse wurde mit Mark Solms gegründet [ST02], um Forschungsergebnisse der Neurologie mit den Ergebnissen der Psychoanalyse zu verknüpfen. Die Neurologie bietet dabei Wissen über die Struktur des menschlichen Gehirns. Vor allem neue bildgebende Verfahren wie MEG⁴ und PET⁵ brachten neue Möglichkeiten zum Sichtbarmachen von Abläufen im Gehirn. Wie das von der Psychoanalyse erarbeitete ganzheitliche Modell der menschlichen Psyche mit den Abläufen im Gehirn in Einklang gebracht werden kann, ist jedoch bis heute unklar; die Neuropsychoanalyse arbeitet aber an einer Verbindung der beiden Wissenschaften. Gerade für die Erarbeitung von Lernfunktionen ist die Neuropsychoanalyse wichtig, da hier Konzepte der Neurologie und der Psychoanalyse berücksichtigt werden müssen.

Schon Norbert Wiener⁶, einer der Mitbegründer der Forschung an intelligenten Systemen, erkannte 1965, dass die Quelle zur Lösung in der Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen liegt [Wie68, S.8]. Johann August Schülein diskutiert in seinem Buch ‚Autopoietische Realität und konnotative Theorie‘ [Sch02] über die schwierige Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Sozialwissenschaft und der unterschiedlichen Auffassung der Wissenschaftstheorien und zeigt die große Distanz zwischen Geisteswissenschaft und Naturwissenschaft deutlich. Er weist aber auch auf Chancen hin und gibt Hoffnung, wie durch den Diskurs die Unterschiede auf beiden Seiten verstanden und somit teilweise überbrückt werden. So können gemeinsame Lösungen angestrebt und umgesetzt werden.

Die Verwendung von Resultaten und Lösungsansätzen anderer Disziplinen ist ein steiniger Weg, der nur über die Standardisierung von Begrifflichkeiten führen kann, was eine Zusammenarbeit überhaupt erst möglich macht [DBD+14, S. 24-27]. Die Standardisierung ist der Hauptgrund, warum Computertechnik und Informatik sich in den letzten Jahrzehnten so rasch durchgesetzt haben (siehe z. B.

⁴ Magnetoencephalography

⁵ Positron Emission Tomography

⁶ Norbert Wiener ist Mitbegründer der Kybernetik. Er benutzte Tiere innerhalb von Versuchsanordnungen, um damit eine exakte Analogie vom menschlichen Nervensystem und elektrischen Systemen zu beweisen [Wie68, S. 49 f.]

ISO⁷/OSI⁸-Modell). Auch jetzt noch wird ein Großteil der Ressourcen zur Erstellung neuer Standards und Normen aufgewendet, um neue Systeme miteinander zu verbinden. Dabei ist es wichtig, eine eindeutige Begriffsdefinition zu verwenden, um ein fehlerfreies Funktionieren aller Systeme miteinander zu ermöglichen.

Begriffsdefinitionen sind auch im Projekt SiMA eine tragende Säule. Sie werden gesammelt, ständig aktualisiert und ein Auszug wurde in [DBD+14, S. 153-157] publiziert, um eine Vermischung und fehlerhafte Verwendung der Begrifflichkeiten sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache zu vermeiden. Vor allem bei einem interdisziplinären Projekt ist eine klare Begriffsdefinition sehr wichtig. Ohne Begriffsdefinitionen reden die Disziplinen aneinander vorbei und die Diskussionen kommen auf keinen gemeinsamen Nenner, was den wissenschaftlichen Fortschritt erschwert.

Die Begriffsdefinitionen werden axiomatisch⁹ geprüft [DBD+14, S. 24 f.]. Das geschieht in enger Zusammenarbeit mit Psychoanalytikern, um einwandfreie Begrifflichkeiten sicher zu stellen. Dabei wurde die Theorie der Psychoanalyse, konkret die Metapsychologie, in ein widerspruchsfreies Regelwerk von Begriffen gegossen [DBD+14, S. 26 f.].

Ein weiterer Grundstein des Projekts ist das ‚naturwissenschaftliche, psychoanalytische Modell der Psyche‘ (NaPM) [DBD+14]. Es beinhaltet neben einem Überblick der naturwissenschaftlichen Überlegungen zu dem Projekt auch jene anderer wissenschaftlicher Disziplinen bzw. von Kollegen zu dem Projekt. Eine Darstellung des Funktionsmodells sowie der verarbeiteten Informationen im Modell sind ebenfalls im NaPM enthalten.

Das Ziel des Projekts hat sich in den letzten 20 Jahren gewandelt: von einer reinen Lösung für die komplexen Aufgaben der Gebäudeautomatisierung hin zu einer generellen Lösungsmaschine für komplexe Aufgaben, die man heute noch nicht durch den Einsatz von Maschinen lösen kann. Das Ziel kann aber nur erreicht werden, wenn ein Funktionsmodell der menschlichen Psyche entwickelt wird, um die Aufgaben zu lösen. Bei der Umsetzung eines Verhaltensmodells könnte nur ein bestimmtes Verhalten erzeugt werden und somit kein genereller Problemlöser¹⁰, wie er in SiMA angestrebt wird. Es soll hier aber angemerkt werden, dass das Projekt SiMA als Grundlagenforschungsprojekt aufgesetzt ist und der Termin für die Fertigstellung des Projekts in ferner Zukunft liegt. Trotzdem soll aber mit den Vorarbeiten und der vorliegenden Arbeit eine wichtige Basis für die Entwicklung in diese Richtung gelegt werden.

⁷ internationale Organisation für Normung

⁸ Open Systems Interconnection

⁹ widerspruchsfrei

¹⁰ SiMA versucht eine Struktur wie die Psyche zu finden, die flexibel auf die unterschiedlichsten Situationen reagieren kann. Die menschliche Psyche wird als genereller Problemlöser angesehen. Das Projekt SiMA befindet sich aber immer noch in der Grundlagenforschung; das Ziel eines generellen Problemlösers liegt damit noch in ferner Zukunft.

1.2 Anwendungsprojekte von SiMA

Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Projekt SiMA fanden schon in einigen Projekten ihre Anwendung. Besonders zu erwähnen ist das Projekt ECABA (Energy-efficient Cognitive Autonomous Building Automation) [Zuc15, S. 1-6]. Dabei wurde SiMA in eine Gebäudeautomatisierung integriert und angepasst. Das Projekt SiMA, das ursprünglich aus der Gebäudeautomatisierung entwickelt wurde, kehrte damit zu seinen Wurzeln zurück. Mit dem Projekt konnte gezeigt werden, dass SiMA durchaus jetzt schon in der Lage ist, in komplexen Systemen der realen Welt eingesetzt zu werden, und nicht nur an sein Simulator-Dasein gebunden ist. In dem Projekt geht es weniger um simple Raumtemperaturregelungen als vielmehr um den Einsatz einer komplexen Regelungsstrategie, welche durch eine menschenähnliche Intelligenz gesteuert wird. Weitere Anwendung fand SiMA als Steuerungsmodul in der Gebäudeautomatisierung im Projekt KORE (Kognitive Regelstrategieoptimierung zur Energieeffizienzsteigerung in Gebäuden) [WWM+18, S. 727], [WKS+18, S. 95 ff.], [ZWS+16, S. 6919-6923] und in einer Wirtschaftssimulation im Projekt CogMAS (Cognitive Multi-Agent System Supporting Marketing Strategies of Environmental-Friendly Energy Products) [SMW+15, S. 1-6].

Im Projekt CogMAS wird dabei das Ziel verfolgt, Kundenentscheidungen für Produkte, die am Energiemarkt angeboten werden, zu simulieren. Dabei werden Informationen, aus zuvor durchgeführten Analysen von Kundenentscheidungen, dem System zur Verfügung gestellt. Aus den Analysedaten der Informationen wurden die Parameter für das Simulationsmodell erarbeitet. Das Projekt CogMAS setzte eine reduzierte Version des SiMA-Funktionsmodells ein [SMW+15, S. 2]. Das durch die Simulation vorhergesagte Kundenverhalten wurde mit einer Studie empirisch überprüft [Sch16b, S. 184 ff.]. Es konnten mit dem Resultat verschiedene Marketingstrategien simuliert und optimiert werden.

Das Projekt KORE ist eine Fortsetzung des Projektes ECABA [KSS+16, S. 191-196]. Ziel des Projekts war ein System zu erstellen, das selbstständig die Parametrierung und Erstellung von Reglerstrukturen für eine Gebäudeautomatisierung vornimmt. Dabei wurden Wege ermittelt, wie SiMA in das System integriert werden kann [ZWS+16]. Die Art und Weise, wie SiMA im Projekt KORE [WS16], [ZKW+16, S.2521-2528] eingesetzt wird, weicht in vielen Punkten von der Grundidee des Projekts SiMA ab, was der Aufgabenstellung geschuldet ist.

Neben den eben erwähnten Projekten wurden auch viele Diplomarbeiten, interdisziplinäre Workshops (mit z. B. Mark Solms) und interdisziplinäre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Projekt angestellt. Der aktuelle Stand des SiMA-Modells ist in Kapitel 2.3 beschrieben.

1.3 Unterscheidung von Verhaltens- und Funktionsmodell

Der Unterschied zwischen Verhaltensmodell und Funktionsmodell ist von großer Bedeutung und soll hier durch ein Beispiel einer Ampelsteuerung vergleichend dargestellt werden, um die Intention hinter dem Projekt SiMA und der vorliegenden Arbeit zu verdeutlichen.

Bei der Ampelsteuerung handelt es sich um eine Ampel für einen Fußgängerübergang mit einem Taster (x0). Über x0 lässt sich bei dessen Betätigung der Zustand der Ampel (Grün) für den Straßenverkehr ändern. Dabei erfolgt ein Wechsel in vordefinierten Zeitintervallen von Grün auf Gelb und danach auf Rot und dann wieder von Rot auf Gelb-Rot und danach wieder auf Grün. Damit wäre das vollständige Verhalten der Ampel beschrieben.

Das Verhalten eines Menschen lässt sich aber nicht vollständig beschreiben. Wir können im Vergleich zum möglichen Verhalten nur einen sehr kleinen Bereich des Verhaltens beobachten. Diese Einschränkung wird auf die Ampel übertragen. Wir beschränken uns darauf, nur den Zustand Grün ohne gedrückten Taster und den Zustand Gelb-Rot mit gedrücktem Taster beobachten zu können. Die Zwischenzustände können wir nicht beobachten. Dadurch erhält man das in Abbildung 1.1 unter Punkt (1) dargestellte Verhaltensmodell. Es zeigt die direkte Verknüpfung zwischen dem Taster (x0) und der roten Ampellampe (y0) sowie der gelben Ampellampe (y1). Der Funktionsblock zwischen Taster und der grünen Ampellampe (y2) bewirkt ein invertiertes Verhalten. Wird der Taster gedrückt, dann leuchten Rot (y0) und Gelb (y1); wird er nicht gedrückt, so ist die grüne Ampellampe (y2) aktiv.

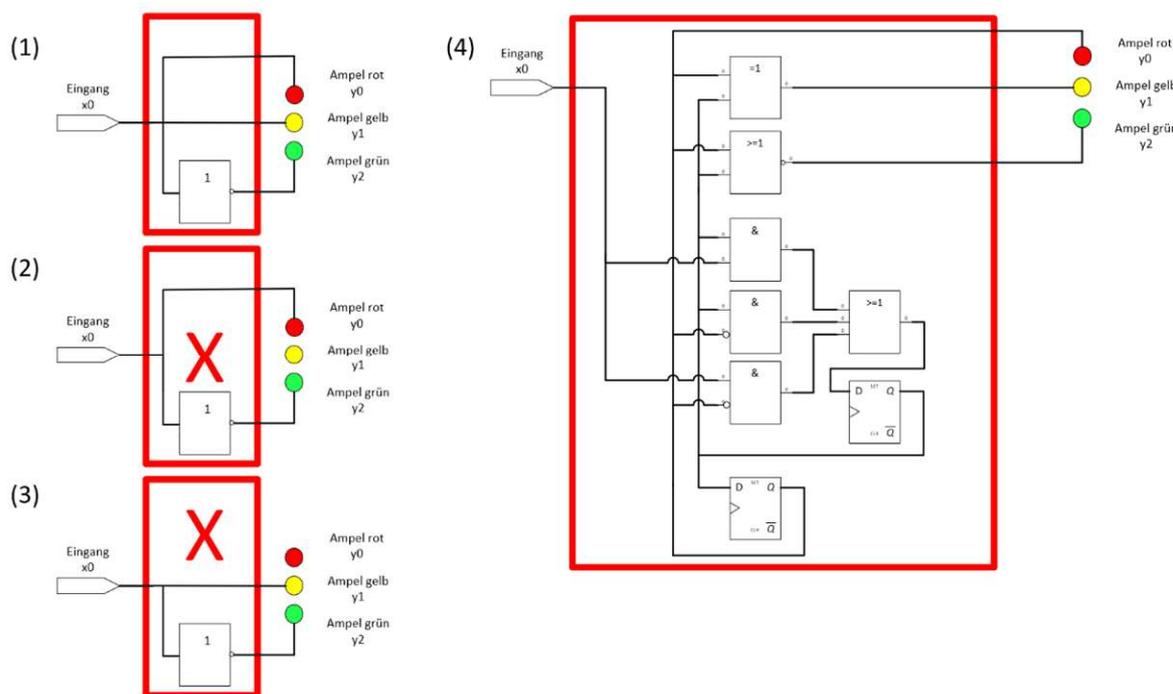


Abbildung 1.1: Verhaltensmodelle (1-3) durch reduzierte Beobachtungsmöglichkeit und Funktionsmodell einer Ampelsteuerung (4)

Nehmen wir an, wir könnten weitere einzelne Zustandswechsel von Grün auf Rot (Abbildung 1.1, Punkt 2) und von Grün auf Gelb (Abbildung 1.1, Punkt 3) beobachten, jedoch nie einen kompletten Zyklus der Zustände. Dadurch erhält man die in Abbildung 1.1 unter Punkt 2 und 3 dargestellten Verhaltensmodelle.

Vergleicht man das Funktionsmodell (Abbildung 1.1, Punkt 4) mit den Verhaltensmodellen, so kann man deutliche Unterschiede erkennen. In den Verhaltensmodellen findet sich nur ein Funktions-

block, der eine logische Negation darstellt; im Funktionsmodell gibt es vier unterschiedliche Funktionsblöcke. Auch die Struktur, mit der die Funktionsblöcke miteinander verknüpft sind, ist im Funktionsmodell deutlich komplizierter.

Will man aus den Verhaltensmodellen ein Modell bauen, das das ganze Verhalten der Ampelsteuerung abbilden kann, so muss man die verschiedenen Modelle miteinander verknüpfen. Dass diese Aufgabe wohl die weitaus größere ist als die Bildung der einzelnen Verhaltensmodelle, kann man durch die in Abbildung 1.1 unter Punkt 4 dargestellte Lösung erkennen. Wenn die Beobachtung des Verhaltens eingeschränkt ist, stellt sich die Frage, wie die Verknüpfung der einzelnen Verhaltensmodelle erfolgen soll. Selbst bei dem simplen Beispiel einer Ampelsteuerung ist das keine leichte Aufgabe.

Auf ein Funktionsmodell der menschlichen Psyche, wie es im Projekt SiMA angestrebt wird, umgelegt, beutet das, dass ein Großteil der Arbeit für die Definition der Funktionsblöcke und die Integration und Verknüpfung derer im Modell aufgewendet wird. Ein Modell zu konstruieren, das nur spezifisches Verhalten erzeugen kann, ist dabei nicht zielführend und lässt sich dann nur schwer oder gar nicht in das bestehende Modell integrieren.

1.4 Forschungsfrage

Die Motivation im Projekt SiMA ist die Konstruktion und Simulation eines Funktionsmodells der menschlichen Psyche und es gemeinsam mit Experten anderer wissenschaftlicher Disziplinen zu validieren. Die Motivation hinter der vorliegenden Arbeit ist das Projekt SiMA um die Funktionalität des Lernens zu erweitern. Die letzten beiden Änderungen im Projekt SiMA befassten sich mit Emotionen und Gefühlen [Sch16b] und dem Einsatz von erfahrungsbasierten Erinnerungen [Wen16] bei der Entscheidungsfindung. Aufbauend auf den eben erwähnten Arbeiten soll das Funktionsmodell durch Lernen so erweitert werden, dass es selbstständig erfahrungsbasierte Erinnerungen, unter Einbeziehung von Emotionen und Gefühlen, erstellen kann.

Dadurch ergibt sich folgende *Forschungsfrage*: Wie kann das Funktionsmodell von SiMA erweitert werden, um selbstständig erfahrungsbasierte Erinnerungen anzulegen, die es ermöglichen, die Anpassungsfähigkeiten an die Umwelt zu verbessern?

Die Forschungsfrage gibt der kompletten Modellentwicklung ein Ziel vor. Aus der Forschungsfrage ergeben sich weitere Fragen wie z. B.: Wie kann sichergestellt werden, dass kein inkonsistentes Modell entsteht oder Prinzipien im Modell verletzt werden? Diese Frage soll im folgenden Kapitel geklärt werden. Weitere Fragen tauchen auf: Wie werden erfahrungsbasierte Entscheidungen im SiMA-Modell getroffen? Wie fließen Emotionen und Gefühle in die Entscheidung mit ein? Kann man bereits vorhandene Ansätze oder Modelle verwenden, um Lernen in SiMA zu implementieren? Jene Fragen sollen in Kapitel 2 beantwortet werden.

1.5 Methodischer Ansatz und Vorgehen

Im Projekt SiMA wird mit Experten aus anderen wissenschaftlichen Bereichen zusammengearbeitet. Um den Wissenstransfer zu ermöglichen und Fehler zu vermeiden, wird die hier beschriebene Methode angewendet. Mithilfe der Methode soll auch sichergestellt werden, dass keine inkompatiblen Theorien in dem Modell verwendet werden. Ein in sich konsistentes Modell, so nahe wie möglich am Modell der Psychoanalyse, ist das Ziel im Projekt SiMA.

In der Naturwissenschaft werden Hypothesen aufgestellt und durch Experimente überprüft [PP03, S. 15 ff.], um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Im Experiment kann die Prüfung von kausalen Zusammenhängen erfolgen [WM08, S. 129 ff.]. Das Verfahren wird als hypothetisch-deduktive Vorgehensweise bezeichnet und ist durch das Wechselspiel (Abbildung 1.2) von Hypothesen und ihrer Prüfung charakterisiert [Fal88, S. 31]. Durch das Testen einer auf eine Fragestellung zurückgehenden Hypothese wird von Einzelbeobachtungen auf allgemeine Zusammenhänge geschlossen. Der Erkenntnisprozess wird durch die Analyse und Synthese von Fakten und Beobachtungen sowie durch die fortwährende Wechselwirkung induktiver und deduktiver Schlüsse vorangetrieben [Kla90, S. 73]. Dabei kann eine Hypothese nach dem Prinzip des Falsifikationismus niemals verifiziert, sondern lediglich falsifiziert, also widerlegt, werden [Pop71, S. 103 ff.]. Da man jeden Fall einzeln prüfen müsste, wäre für eine Verifikation eine unendliche Zahl an Experimenten notwendig [Fal88, S. 31 ff.], [Glo95, S. 66 ff.]. Jedoch kann sich eine Hypothese bewähren, womit es sehr viel wahrscheinlicher wird, dass die hinter ihr stehende Theorie den Tatsachen entspricht [Gru10, S. 4 ff.].

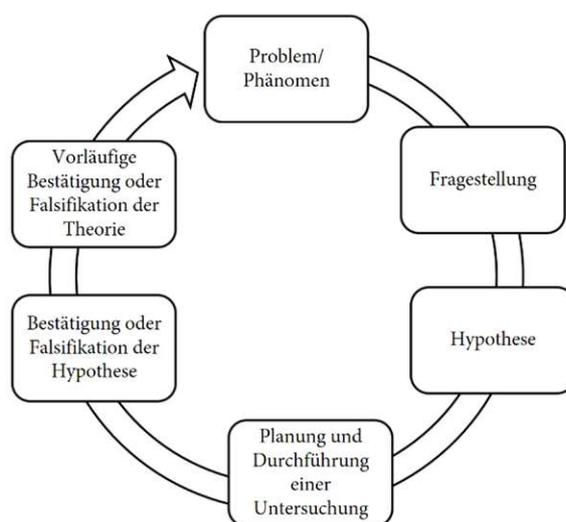


Abbildung 1.2: Das hypothetisch-deduktive Verfahren [Arn15, S. 83]

In SiMA werden zusätzlich zur hypothetisch-deduktiven Vorgehensweise (Abbildung 1.2) weitere Arbeitsschritte notwendig, um die interdisziplinäre Zusammenarbeit zu gewährleisten. Zur Entwicklung der Methode wurde auf den Methodenbeschreibungen von [Muc13, S. 13-15], [Sch16b, S. 11-31] und [DJS+17, S. 121 f.] aufgebaut. Prinzipiell handelt es sich um ein iteratives Verfahren, bei dem

einzelne Schritte öfter durchlaufen werden können, um die Forschungsfrage beantworten zu können. Die in der vorliegenden Arbeit angewandte Methode ist in Abbildung 1.3 dargestellt. Jeder Arbeitsschritt hat in der Darstellung eine Nummer zur Orientierung. Ausgehend von einer Forschungsfrage (0), die als Richtungsgeber für alle weiteren Arbeitsschritte dient, wurde das Funktionsmodell in SiMA analysiert (1). Arbeitsschritt (1) stellt eine Änderung zur bisherigen Vorgehensweise (vgl. [Muc13, S. 13-15] und [Sch16b, S. 11-31]) im Projekt SiMA dar. Für das Lernen konnte von unseren Psychoanalytikern keine Modellbeschreibung erstellt werden. Daher war es notwendig, seitens der Computertechnik ein Konzept vorzulegen. Da Lernen aber ein Konstrukt ist, das auf bestehenden Funktionen aufbaut, musste das bestehende Modell in seiner Ganzheit berücksichtigt werden. Aus der Analyse wurde dann ein Konzeptvorschlag (2) erarbeitet, um die Funktionen im SiMA-Modell um Lernen erweitern zu können. Dieser Konzeptvorschlag umfasst mehrere Hypothesen, die durch Simulationsexperimente validiert werden müssen. Die Hypothesen wurden aus logischen Überlegungen nach einer tiefen Einarbeitung in das SiMA-Modell und durch viele Diskussionen mit Experten

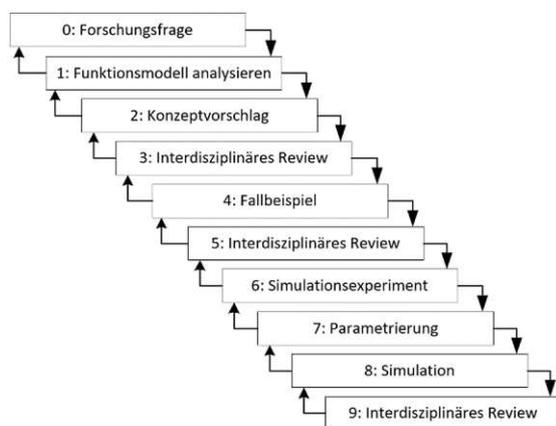


Abbildung 1.3: Arbeitsschritte der Methode anhand eines Wasserfallmodells

(auch interdisziplinär) erarbeitet. Der nächste Arbeitsschritt umfasst ein wichtiges Instrument im SiMA-Projekt, das interdisziplinäre Review (3). Dabei wird das Konzept auf Interoperabilität geprüft. Auftretende Fehler müssen hier (so wie in allen anderen Schritten), durch eine Rückkehr in den vorherigen Arbeitsschritt und eine Fehlerkorrektur, ausgebessert werden. Ist der Konzeptvorschlag schließlich fehlerfrei, so kann die Ausarbeitung des Fallbeispiels (4) beginnen. Das Fallbeispiel soll dabei so gestaltet sein, dass die Forschungsfrage so gut wie möglich beantwortet werden kann. Des Weiteren dient das Fallbeispiel den Psychoanalytikern als Ausgangsbasis, um ihre Annahmen für mögliche Ergebnisse zu erarbeiten. Das fertig ausgearbeitete Fallbeispiel wird wieder in einem interdisziplinären Review (5) geprüft. Dabei soll sichergestellt werden, dass die Anforderungen aller Disziplinen im Fallbeispiel berücksichtigt werden. Aus dem, von den Reviewern akzeptierten, Fallbeispiel werden dann ein oder mehrere Simulationsexperimente (6) erstellt. Die Simulationsexperimente sind einzelne simulierbare Abschnitte, die in Summe eine Gesamtlösung für das Fallbeispiel darstellen sollen. In den Simulationsexperimenten werden neben den Parametern für Objektart und Objektposition auch die Parameter (7) des Funktionsmodells eingestellt. Danach erfolgt die Simulation (8), in der zunächst die korrekte Funktion der Software überprüft wird. Arbeitet die Software

korrekt, so wird das Simulationsergebnis in einem interdisziplinären Review (9) ausgewertet. Dabei wird die korrekte Funktion des Funktionsmodells durch einen Abgleich mit den psychoanalytischen Annahmen zu Fallbeispiel und Simulationsexperiment validiert. Bei Abweichungen wird zunächst der Programmcode auf Fehler überprüft. Werden dort keine Fehler gefunden, so werden die Parameter-einstellungen im Simulationsexperiment geprüft. Wird auch hier kein Fehler gefunden, muss das Konzept nochmals überarbeitet werden. Passen schlussendlich die Annahmen der Psychoanalytiker und das Simulationsergebnis zusammen, so gilt das Funktionsmodell für das Simulationsexperiment als validiert. Sind noch weitere Simulationsexperimente notwendig, um das Fallbeispiel und das Konzept vollständig zu validieren, so müssen sie ebenfalls wie zuvor beschrieben validiert werden. Wurde das gesamte Funktionsmodell validiert, so sollte damit die Forschungsfrage beantwortet sein. Die hier aufgeführte Methode stellt damit sicher, dass kein inkonsistentes Modell entsteht.

Psychoanalytische Theorien sind in ihrem Aufgabenbereich sehr detailliert. Aber gerade im Bereich Lernen sind die mentalen Funktionen nur sehr oberflächlich beschrieben und haben damit nicht die Detailtiefe, um eine Implementierung zu ermöglichen. Daher müssen auf Theorien der Neuropsychanalyse, sowie auf Experten aus den entsprechenden Bereichen, zurückgegriffen werden. Dadurch soll ein möglichst genaues und konsistentes Bild entstehen, das zeigt, wie Lernen im Funktionsmodell der menschlichen Psyche funktionieren kann.

2. Stand der Technik

"The next best thing to being wise oneself is to live in a circle of those who are."

[C.S. Lewis]

In einem Projekt mit interdisziplinärem Ansatz muss man die Analyse der Literatur auf verschiedene Disziplinen ausweiten. Das liefert nicht nur einen guten Überblick über verschiedene Ansätze, sondern unterstützt auch ein tieferes Verständnis für das gesamte Projekt und den generellen Ansatz. Dabei wird auch die Identifizierung passender Konzepte, die übersetzt und in das Simulationsmodell integriert werden können, unterstützt.

Zunächst soll der Begriff Lernen in Bezug auf das SiMA-Projekt dargestellt werden. Er dient als Basis für die Definition von Lernen in SiMA, die in Kapitel 3.1 vorgenommen wird. Nach der Analyse von Lernen erfolgen die Darstellung grundlegender Konzepte sowie die Bestandsaufnahme des SiMA-Projekts, um den Ausgangspunkt für die Modellentwicklung festzulegen.

2.1 Überblick über das Konzept von Lernen

Was verbirgt sich hinter dem Begriff Lernen und wie könnte er in einem Funktionsmodell der menschlichen Psyche aufgegriffen werden? Der Frage soll im folgenden Kapitel nachgegangen werden. Um den Zweck von Lernen zu verstehen, muss man sich zunächst mit der Verarbeitung von Erinnerungen auseinandersetzen. Das Gedächtnis ist Träger von Erinnerungen und damit der Ausgangspunkt, um Lernen zu erarbeiten.

2.1.1 Gedächtnis

In der Metapsychologie spielte Lernen eine sehr untergeordnete Rolle. Da man in der Psychoanalyse fast ausschließlich an der Lösung von Problemen von Patienten interessiert war, fand das Themengebiet Lernen nie große Beachtung. Auch heute lassen sich kaum nennenswerte Inhalte über Lernen und Gedächtnis in der Psychoanalyse finden. Wie genau neue Erinnerungen (in der Psychoanalyse spricht man von Erinnerungsspuren) entstehen, liegt aktuell nicht im Fokus der Psychoanalyse.

Trotzdem maß man in der Psychoanalyse der Dauerhaftigkeit von Erinnerungen eine erhebliche Bedeutung zu. Weiters wird in [ST10, S. 163] folgendes angegeben: „Vielleicht sollten wir uns zu behaupten begnügen, dass das Vergangene im Seelenleben erhalten bleiben kann, nicht notwendigerweise zerstört werden muss. Es ist immerhin möglich, dass auch im Psychischen manches Alte — in der Norm oder ausnahmsweise — so weit verwischt oder aufgezehrt wird, dass es durch keinen Vorgang mehr wiederhergestellt und wiederbelebt werden kann, oder dass die Erhaltung allgemein an gewisse günstige Bedingungen geknüpft ist. Es ist möglich, aber wir wissen nichts darüber. Wir dürfen nur daran festhalten, dass die Erhaltung des Vergangenen im Seelenleben eher Regel als befremdliche Ausnahme ist.“ Eine weitere Vermutung dazu war, „dass Assoziationen zwischen den Perzepten als erstes nach dem Kriterium der Gleichzeitigkeit und später nach kausalen Kriterien erfolgen könnte“ [KLM98, S.430], [Rue09, S. 64]. Gleichzeitigkeit ist damit in der Psychoanalyse ein wichtiger Faktor für die Entstehung neuer Assoziationen.

Um detailliertere Ausführungen zu dem Thema Lernen im psychoanalytischen Sinne und Umfeld zu bekommen, kann es im Blickpunkt der Neuropsychoanalyse beleuchtet werden. Die Neuropsychoanalyse will die Brücke zwischen der Psychoanalyse und der Neurologie schlagen. Das spiegelt sich auch in der Auffassung der Begriffe Lernen und Gedächtnis wider.

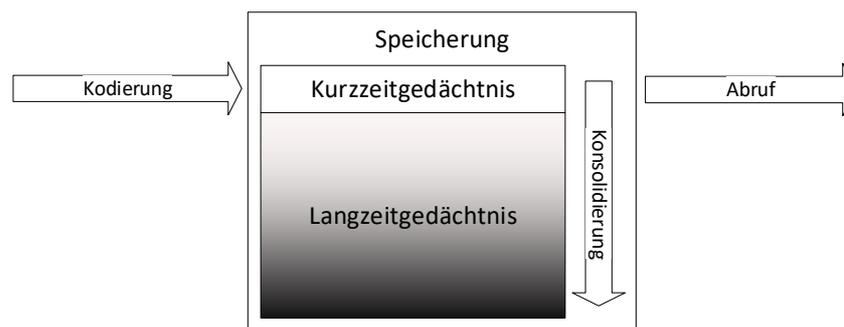


Abbildung 2.1: Gedächtnismodell der Neuropsychoanalyse nach [ST10, S. 154-158]

In der Neuropsychoanalyse wird ein Gedächtnismodell angenommen, das in Abbildung 2.1 dargestellt ist. Dabei wird allgemein die Verarbeitung von Erinnerungen in die Funktionen Kodierung, Speicherung, Konsolidierung¹¹ und Abruf unterteilt [ST10, S. 154-158]. Informationen werden zunächst kodiert und dann im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Durch die Konsolidierung werden die Informationen dann ins Langzeitgedächtnis übertragen. Sollen die Informationen wieder abgerufen werden, so müssen sie zuvor vom Langzeitgedächtnis ins Kurzzeitgedächtnis geladen werden. Werden sie dann erneut im Langzeitgedächtnis gespeichert, so spricht man von Rekonsolidierung (erneuter Konsolidierung). Diese allgemeine Darstellung erweckt den Eindruck, als wäre die Erstellung von Erinnerungen überall gleich. Im Detail zeigt sich aber, dass sich die Verfahren zur Kodierung, Speicherung und zum Abruf, je nach Art der Erinnerung, unterscheiden. Ein wichtiger Punkt, den das Modell wiedergibt, ist der Zusammenhang von Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis. Alle Informationen,

¹¹ Unter Konsolidierung versteht man die Stabilisierung von Änderungen im Langzeitgedächtnis [Alb13, S. 81 -83], [DS84].

die ins Langzeitgedächtnis übertragen werden, müssen vorher im Kurzzeitgedächtnis aktiv gewesen sein.

Die Neuropsychanalyse bedient sich damit in ihrer Vorstellung von Lernen und Gedächtnis an den Erkenntnissen der Neurowissenschaft und Psychologie. Auch die Regel von Donald Hebb: „Cells that fire together, wire together.“ [vgl. Heb49, S. 62] hat in der Neuropsychanalyse¹² seine Gültigkeit [ST10, S. 159 f.]. Das untermauert auch die zuvor beschriebene Aussage, dass Assoziationen zwischen den Perzepten nach dem Kriterium der Gleichzeitigkeit erfolgen könnten. Damit sind in der Neuropsychanalyse synaptische Verbindungen die Basis des Langzeitgedächtnisses. Die Umwandlung von Kurzzeiterinnerungen in Langzeiterinnerungen erfolgt durch die Entstehung neuer synaptischer Verbindungen. Eric Kandel gelang es zudem, die Bildung neuer synaptischer Verbindungen zu zeigen, die auf der Synthese neuer Proteine beruht [Kan99, S. 280-286]. Synaptische Verbindungen lösen sich erst durch lange Inaktivität auf [Kan07, S. 237], [Die21, S. 207].

Damit geht die Neuropsychanalyse von neurowissenschaftlichen Erkenntnissen aus. Es wird jedoch wie in der Psychologie nur ein Basis-Gedächtnismodell verwendet. Wie genau Lernen funktioniert, konnte die Neurowissenschaft bis heute nicht zeigen, denn „Selbst wenn PET und fMRT-Signale hoch mit Lernprozessen korrelieren, ist es wichtig zu beachten, dass Korrelation nicht Kausalzusammenhang bedeutet. Nur weil ein Hirngebiet während einer Lernaufgabe aktiv zu sein scheint, so heißt das nicht unbedingt, dass das Hirngebiet auch für die Bearbeitung der Aufgabe notwendig ist; vielmehr besagt das lediglich, dass diese Hirnregion gerade etwas mehr Blut zugeführt bekommt.“ [GMM10, S. 65]. Daraus folgt, dass die Neurowissenschaft keine funktionalen Abläufe bzw. deren Details zeigen kann. Es zeigt sich, dass die Neuropsychanalyse auch auf den Erkenntnissen der Psychologie aufbaut. Das soll in den folgenden Kapiteln im Detail näher erörtert werden.

2.1.2 Lernen und Emotionen

In den Computerwissenschaften steigt seit [Pic97] das Interesse an Emotionen und deren Einfluss auf die Entscheidungsfindung. Nach [Dam03] können Menschen keine Entscheidung ohne Emotionen treffen. Damasio untersuchte auch Personen mit Schäden am ventro-medialen präfrontalen Cortex (VMPFC). Dabei zeigte sich, dass die Personen unfähig waren, aus ihren schlechten Entscheidungen zu lernen. Das ist laut Damasio [Dam94] auf einen Mangel an emotionalen Fähigkeiten zurückzuführen. Die Untersuchung zeigt jedoch nicht, wo genau die Störung auftritt. So könnte die Fähigkeit der Kodierung von Emotionen sowie auch deren Konsolidierung oder deren Abruf fehlerhaft sein. Was man daraus aber sehen kann, ist, dass Emotionen früherer Entscheidungen gespeichert und später in weitere Entscheidungsfindungen miteinbezogen werden.

Das konnte auch in neurologischen Tests bestätigt werden. Beim Iowa Gambling Experiment wurden Versuchspersonen mit und ohne Schädigung des VMPFC getestet [BDD00, S. 297 ff.]. Dabei werden 4 Kartendecks verwendet, die mit A, B, C und D bezeichnet werden. Werden Karten vom Kartendeck

¹² Nach Meinung der Autoren von [ST10]

A und B gewählt, erhält der Spieler 100 Dollar, von Deck C und D nur 50 Dollar pro Karte. In den Kartendecks befinden sich auch Karten, die eine Bestrafung darstellen und einen Betrag vom Gewinnkonto abziehen. In den Decks A und B befinden sich alle 10 Karten ein Verlust von 1250 Dollar, in den Decks C und D ein Verlust von 250 Dollar. Werden 10 Karten von A oder B gezogen ergibt das in Summe einen Verlust von 250 Dollar, 10 Karten von C oder D einen Gewinn von 250 Dollar. Alle Spieler mussten 100 Karten ziehen, wobei ihnen die Kartenanzahl im Vorhinein nicht mitgeteilt wurde. Spieler ohne Schäden am VMPFC begannen, die Stapel A und B zu meiden und konnten daher gegenüber Spielern mit Schäden am VMPFC einen deutlich höheren Gewinn erzielen.

Auch Personen mit Amygdalaverletzungen erzielten deutlich kleinere Gewinne als Personen ohne. Das konnte wiederholt bestätigt werden [BDD03], [DDL06], [MSBR06] und zeigt den Einfluss der Amygdala auf die Bildung von negativen Emotionen (Angst und Furcht). Gesunde Personen lernen damit, ihre Erfahrungen mit einer Emotion zu verknüpfen und können mithilfe der Verknüpfung ihre Entscheidungen verbessern. Die Spieler können nicht explizit erklären, weshalb sie sich im Zuge des Experiments für einen bestimmten Kartenstapel entscheiden, sie vertrauen hierbei ihrem Gefühl¹³ oder besser gesagt der zugrundeliegenden Emotion [BDD00]. Auch in [ST10, S. 194] werden die zentrale Bedeutung von affektiven Quellen (Emotionen) für das Lernen und Problemlösen angesprochen und damit die neurologischen Erkenntnisse für die Psychoanalyse als geeignet bezeichnet.

Sigmund Freud und Iwan Pawlow entdeckten beide unabhängig voneinander, dass sich Auslöser für Angst auch erlernen lassen. Ein neutraler Reiz (z. B. ein Ton) wird dabei mit einem unbedingten Reiz (z. B. Schmerzreiz) assoziiert. Der neutrale Reiz löst dann eine konditionierte Reaktion aus, wie zuvor der unbedingte Reiz. Von Freud wurde das Verhalten als Signalangst bezeichnet [Mer90, S. 103], [Fre26, S. 26-33]. Wird der neutrale Reiz wiederholt ohne den unbedingten Reiz dargeboten, so wird die Reaktion auf den neutralen Reiz deutlich abgeschwächt oder verschwindet vollständig. Emotional-motivationale Reaktionen sind im Gegensatz zu bedingten Reflexreaktionen häufig sehr widerstandsfähig gegen Löschung¹⁴ [EW19, S.53]. Personen empfinden (z. B. vor relativ kleinen Hunden) Angst, obwohl das auslösende Angsterlebnis schon lange zurückliegt bzw. überhaupt nicht mehr ermittelt (erinnert) werden kann. Das zeigt eine starke und dauerhafte Assoziation von erlernten emotionalen Wahrnehmungen und der dazugehörigen Situation.

Eine Untersuchung von jungen Erwachsenen zeigte den Einfluss der Amygdala auf das Lernen deutlich [K09, S. 181]. Den Teilnehmern wurden neutrale und emotional belastende Filmsequenzen dargeboten, während ihre Hirnaktivitäten per fMRT (funktionelle Magnetresonanztomographie) gemessen wurden. Dabei bewerteten die Teilnehmer, wie emotional erregend jede Szene war. Beim Ge-

¹³ Gefühle sind als bewusste Wahrnehmung von Emotionen definiert. Der Zusammenhang wird im Detail in Kapitel 2.3 dargestellt.

¹⁴ Löschung wird der Vorgang genannt, der zur deutlichen Abschwächung oder zum Erlöschen einer bedingten Reaktion führt.

dächtnistest nach 2 Wochen erinnerten sie sich umso besser, je emotional erregender die Szene gewesen war. Das Resultat war eine erhöhte Amygdala-Aktivität bei besserer Erinnerung und steigender Bemessungswerte für emotionale Erregung.

Ob wir mit einem Reiz ein positives oder negatives Gefühl verbinden, ist größtenteils ein Resultat unbewusster (nicht deklarativer) Lernprozesse. Die unbewusste Verknüpfung mit Emotionen stellt die Basis für unsere Vorlieben und Abneigungen (was durch positive und negative Gefühle bewusst wahrnehmbar ist) dar, die in der Untersuchung des mere-exposure-Effekts überzeugend demonstriert wurden [Zaj01, S. 224-228]. Dabei wurden Collegestudenten Bilder von geometrischen Formen gezeigt. Die Expositionszeit war eine Millisekunde pro Form. Die Testpersonen hatten kaum den Eindruck etwas gesehen zu haben, was durch einen Gedächtnistest bestätigt wurde. Bei der Abfrage der Vorlieben zu den geometrischen Formen bevorzugten die Versuchspersonen die Formen, denen sie zuvor ausgesetzt waren. Die Personen entwickelten damit ein positives Urteil über das Material, das sie schon mal unbewusst gesehen hatten. Das legt die Vermutung nahe, dass zumindest Teile von emotionalem Lernen unabhängig von jeder bewussten Kognition ablaufen können [SK09, S. 175].

Dadurch zeigt sich, dass Emotionen beim Lernen eine wichtige Rolle spielen und auch unbewusst erlernte Wahrnehmungen mit Emotionen assoziiert sind. Die Gleichzeitigkeit von Emotion und Situation stellt eine Verbindung her, die auch ins Langzeitgedächtnis übertragen werden kann. Angst ist dabei eine besonders starke und gut erforschte Komponente, bei der sich der Lernerfolg schnell einstellt. Gleichzeitig auftretende Wahrnehmungen von Situation und Emotion werden so miteinander verknüpft. Die so erzeugten Erinnerungen beeinflussen die Entscheidungsfindung basierend auf der emotionalen Bewertung. Menschen entwickeln unbewusst eine Abneigung für Entscheidungen, die einen negativen Emotionsverlauf, durch die erinnerte emotionale Bewertung, erwarten lassen.

2.1.3 Aufmerksamkeit (Fokussierung) und invariante Repräsentanzen

Um etwas zu erlernen, richtet man seine Aufmerksamkeit darauf. Um Details zu erkennen, muss man sie fokussieren. Dabei muss es aber einen Mechanismus geben, der unsere Aufmerksamkeit steuert. Gerade in Bezug auf das Erkennen der Umwelt ist das notwendig. Es ist von erheblicher Bedeutung, ob wir auf eine ähnliche Person oder die gleiche Person treffen. Ausgehend von den Sensorwerten sind alle Informationen einer wahrgenommenen Person in einem Augenblick nie identisch. Es müssen daher verschiedene Informationen und Abhängigkeiten zueinander zusammenpassen, um eine Person wiederzuerkennen. Auf der anderen Seite muss es auch einen Mechanismus geben, der ein Nichterkennen, und damit eine unbekannte Person, meldet. Je nach Situation bedarf so eine unbekannte Person mehr oder weniger Aufmerksamkeit (z. B. im Supermarkt weniger und im eigenen Wohnraum mehr).

Die Einteilung von bekannt und unbekannt ist damit ein wichtiger Faktor, der in unsere Handlungsentscheidung einfließt. Um Objekte wiederzuerkennen, wird beim menschlichen Gedächtnis von invarianten Repräsentanzen ausgegangen [Haw06, S. 94-105]. Dabei werden Abbildungen auf der Retina, also variante Retina-Projektionen, in stabile Bilder der Umwelt – invariante Repräsentanzen –

umgewandelt. Abstand, Winkel und Bildausschnitt werden damit zu beinahe unwichtigen Eigenschaften für die Wiedererkennung und die damit verbundene Repräsentanz von Objekten [MEW09, S. 953- 963]. Zauberer nutzen invariante Repräsentanzen, indem sie uns zunächst genügend Eigenschaften liefern, um einen Gegenstand zu erkennen. Dann erfolgt meist eine Darstellung von gerade noch genügend Informationen, um die zuvor erzeugte Repräsentanz des Objektes in unserem Kopf aufrecht zu erhalten. In dieser Zeit werden Objekte oder Personen einem Ortswechsel unterzogen und danach erfolgt die scheinbar blitzschnelle Verwandlung.

Die Neurologie zeigt uns, dass sich die visuelle Verarbeitung im Kortex auf eine Vielzahl von Arealen aufteilen [KSJ13, S. 2000]. Hierbei wird z. B. im temporalen Kortex die Form und im parietalen Kortex die räumliche Relation und Bewegung erkannt. Die räumliche Trennung von verschiedenen Eigenschaften eines Objektes unterstützt die These der invarianten Repräsentanzen.

Invariante Repräsentanzen bieten damit die Möglichkeit aus einer bestimmten Menge an hinreichenden Eigenschaften ein Objekt wiederzuerkennen. Die hinreichenden Eigenschaften können recht unterschiedlich sein. Einen Baum erkennt man eher an seinem Standort als an bestimmten Details seiner Form. So würde uns ein Ortswechsel eines Baumes viel eher auffallen als der Tausch eines bestimmten Nadelbaumes gegen einen Laubbaum. Damit müssen z. B. erkannte Kategorien, wie Baum, einen Einfluss auf die unteren Ebenen, die Details eines wahrgenommenen Baumes bestimmen, ausüben. In [Haw06, S. 35] wird die besondere Bedeutung der Rückkopplungen hervorgehoben und die Anzahl der Verbindungen, die vom Neokortex (höhere Hierarchie) zum Thalamus (untergeordnete Hierarchie) gehen, mit einem Faktor 10 gegenüber den Verbindungen vom Thalamus zum Neokortex angegeben. Die Sinnesrückkopplungen sind auch Sinn übergreifend. So lässt ein Geräusch eines herannahenden Autos ein später in Erscheinung tretendes Objekt sofort visuell als Auto erkennen.

Zurück zur Aufmerksamkeit und zur Frage, inwiefern sie Einfluss auf Lernen nimmt. In einem Experiment mit einer Maus konnte gezeigt werden, dass die kognitive Karte eines Raumes nur 3 bis 6 Stunden stabil bleibt, wenn die Maus dem Raum keine besondere Aufmerksamkeit schenkt. Die kognitive Karte blieb jedoch tage- und wochenlang, wenn die Maus gezwungen wurde, ihre Aufmerksamkeit auf den Raum zu lenken [Kan06, S. 279-286]. Mit der Untersuchung konnte der Zusammenhang zwischen Lernen und Aufmerksamkeit sowie Kurz- und Langzeitgedächtnis gut belegt werden. Jedoch muss man hier auch die Grenzen der Hirnforschung sehen: „Man kann feststellen, dass sie (Anm.: die Aufmerksamkeit) stattfindet, ihr Stattfinden so detailliert beschreiben wie vielleicht noch nie, aber nicht sagen, wie sie möglich ist. Aufmerksamkeit, Konzentration, Synthesis sind auch für die Physiologie geblieben, was sie für die Philosophie immer schon waren: unfaßlich [sic!]. “ [Tue02, S. 130]. Damit zeigt das Zitat auch wieder die Diskrepanz zwischen Verhaltensbeschreibungen aus beobachtetem Verhalten und einer funktionalen Beschreibung an (vgl. Kapitel 1.3). Zusammenfassend kann man sagen, dass sich Aufmerksamkeit durch ein Zusammenspiel aus verschiedenen Beobachtungen ergibt und daher viele Komponenten erst Aufmerksamkeit entstehen lassen. Echte Aufmerksamkeit lässt sich aber bis jetzt nicht erfassen, da die dahinter verborgenen Komponenten und deren

Zusammenspiel nicht gezeigt werden können. Daher muss das Zusammenspiel durch ein Modell angenommen werden.

Ein Modellvorschlag, der aus neurologischen Beobachtungen abgeleitet wurde, sieht in der Verbindung zwischen Cortex und Thalamus eine alternative Bahn als Mechanismus, durch den wir uns auf Details konzentrieren, die wir normalerweise nicht beachten. Laut [Haw06, S. 209 f.] umgeht die Bahn die Gruppierung von Musterfolgen und sendet die Rohinformationen direkt an die nächsthöhere Schicht. Die Aktivierung der alternativen Bahn kann durch die nächsthöhere Schicht, also von oben, erfolgen oder durch das Auftreten eines unerwarteten Signals in den unteren Schichten. Tritt in einer Schicht ein unerwartetes Signal auf, so wird dieses an die alternative Bahn weitergeleitet. Ist der Input in die alternative Bahn groß genug, sendet sie ein Wecksignal an die nächsthöhere Schicht. Deshalb wird die Bahn auch als Aufmerksamkeitsbahn in dem vorgeschlagenen Modell bezeichnet. Dass die Steuerung von Aufmerksamkeitsprozessen über Feedback-Verbindungen geschieht, wird auch in [KW00, S. 532] dargelegt. Dabei können Informationen, welche bestimmte Details einer wahrgenommenen Szene betreffen, über top-down-Prozesse selektiv verstärkt werden bzw. andere Informationen herausfiltern. Damit konnte der große Einfluss von Rückkopplungen bezüglich der Aufmerksamkeitssteuerung gezeigt werden.

2.1.4 Generalisierung und Differenzierung

Der Mechanismus zur Bildung der zuvor angesprochenen invarianten Repräsentanzen muss auch mit Generalisierung und Differenzierung ausgestattet sein. Die Reizgeneralisierung konnte bei den Experimenten von Pawlow beobachtet werden [Sch14, S. 29-45]. Ein Hund, der bei einem bestimmten Ton Speichel absonderte, zeigt bei Tönen mit etwas geringerer und höherer Schwingungszahl, die gleiche bedingte Reaktion. Dazu folgendes Beispiel: „Kinder, die vor dem Vater Angst haben, könnten die Angst auch bei Anwesenheit anderer männlicher Erwachsener oder vor dem Lehrer äußern.“ [EW19, S. 53]. Die Erscheinungsform wird Reizgeneralisierung genannt. Auch die Reiz-Differenzierung (oder Diskrimination) konnte mit den Hunde-Experimenten dargestellt werden. So wurde bei

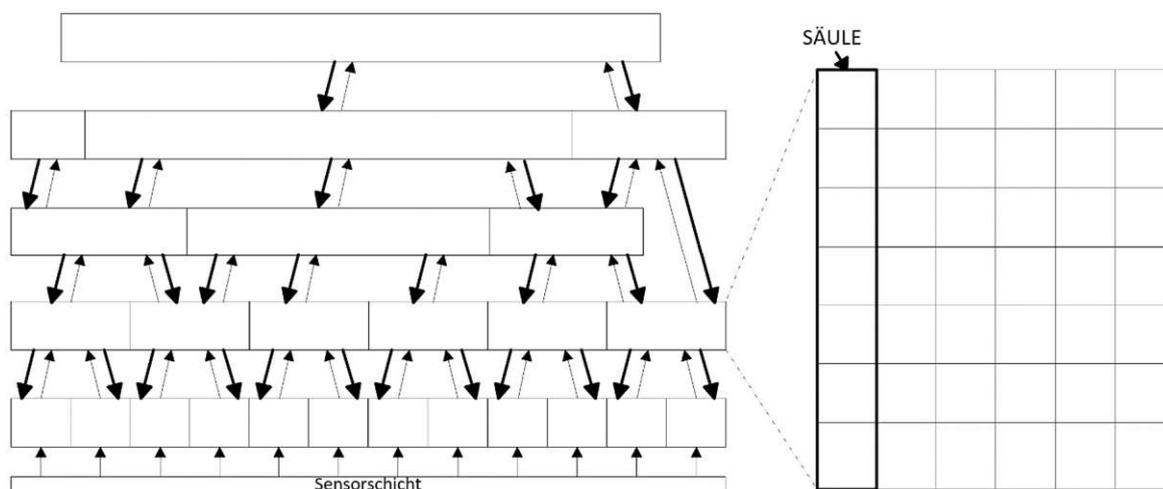


Abbildung 2.2: Schichten, Säulen und Cortexregionen modifiziert nach [Haw06, S. 169]

zwei ähnlichen Tönen, bei einem Ton die Belohnung ausgesetzt. Der Hund sonderte nach einigen Durchgängen nur mehr bei dem Ton Speichel ab, bei dem er belohnt wurde.

Nach [Haw06, S. 166] stehen Bottom-up-Klassifikationen und Top-down-Sequenzen in ständiger Wechselwirkung und verändern sich zeitlebens in den kortikalen Regionen des Gehirns. Demzufolge erinnern wir die Welt durch die Bildung neuer Klassifikationen und neuer Musterfolgen. Durch Rückkopplungen erhalten Cortexregionen Hinweise von höheren Regionen, wie sie ihren Input klassifizieren sollen. Dadurch kann sich die Gewichtung auf bestimmte Eigenschaften oder Details verschieben und die Klassifikation verbessern. Der Neocortex ist eingeteilt in Bereiche, Schichten und Säulen [LA15, S. 702], was in Abbildung 2.2 dargestellt ist. Im linken Bereich der Abbildung wird eine abstrakte Darstellung einer Cortexregion (der Cortex wird in mehrere Regionen unterteilt) gezeigt. Ausgehend von der Sensorschicht werden Sensorinformationen in Cortexarealen (rechteckige Blöcke in Abbildung 2.2) miteinander verknüpft, um kleinste Details von Wahrnehmungen zu erkennen. Die erkannten Details werden dann als Input im nächsten Cortexareal zum Erkennen größerer Details verwendet, bis schließlich in der obersten Schicht ein ganzes Objekt oder eine ganze Situation erkannt wird. Die Rückkopplungen der einzelnen Cortexareale ist hier von zentraler Bedeutung und soll darunterliegende Schichten bei der Erkennung unterstützen. Die Details eines Cortexareals sind in der Abbildung 2.2 rechts ersichtlich. Darin wird von Säulen ausgegangen, in denen mehrere Zellen die Eingangsinformationen zu Ausgangsinformationen umwandeln. Die Säulen selbst sind wieder in Bereiche unterteilt, sodass in jeder Säule nach [Haw06, S. 168 ff.] dieselben Prozesse ablaufen. Es wird angenommen, dass die Cortexregion ihren Input als Aktivität einer Gruppe von Säulen klassifiziert. Dabei werden in einer Säule Mechanismen wie Hemmung und Aktivierung zwischen den einzelnen Bereichen ausgeführt.

In dem zuvor gezeigten Modell finden sich Parallelen zur KI und damit zu künstlichen neuronalen Netzen. Künstliche neuronale Netze basieren auf der Verschaltung von künstlichen Neuronen [Ros58]. Das Peceptron ist dabei eine computertechnische Darstellung von Neuronen und dessen funktionalen Verbindungen. Die Verbindung von mehreren künstlichen Neuronen zu künstlichen neuronalen Netzen ist damit eine Nachempfindung des menschlichen Gehirns. Die Verknüpfungen sind dabei gewichtet [Ros58], [CA18, S. 31] und werden durch spezielle Datensätze über Informationen vor dem ersten Einsatz trainiert. Die dabei entstandenen Gewichtungen sorgen für die richtige Klassifikation des Eingangsvektors, der damit den richtigen Ausgangsvektor zuweisen kann. Bei Convoluting Neural Networks werden verschiedene neuronale Netze als Layer miteinander verknüpft [GSK+17, S. 2], [HOT06, S. 4].

Deep Learning baut auf neuronalen Netzen auf. Es handelt sich dabei um einen ‚end-to-end‘ Lernansatz [CA18, S. 348], bei dem die Merkmalsextraktion [CA18, S. 189] und die Klassifikationsfunktion [CA18, S. 24] gelernt werden. Deep Learning besteht aus einer Kaskade von vielen Schichten [CA18, S. 30]. ‚Faltende Neuronale Netzwerke‘ (Convoluting neural networks) sind eine der bekanntesten Deep Learning Architekturen. Dabei werden auf einer 2-dimensionalen Faltungsebene die erlernten Merkmale mit Eingabeinformationen gefaltet. Die Architektur eignet sich somit hervorragend für 2-dimensionale Informationen wie Bilder.

Die Genauigkeit eines Deep Learning Modells hängt stark von der Informationsmenge ab, die zum Trainieren des Modells verwendet wurde [CA18, S. 73]. Nicht selten werden dabei von zigtausenden bis Millionen von Beispielen für das Training des Modells verwendet. Erst danach werden die Modelle auf die Testinformationen angewendet und ihre Leistung gemessen. Um gute Ergebnisse bei der Spracherkennung zu erreichen, verwenden Deep Learning Modelle leistungsfähige Rechenmaschinen, die in mobilen Endgeräten nicht zur Verfügung stehen. Daher werden die Informationen über eine Netzwerkanbindung auf großen Serverfarmen verarbeitet.

Die Funktionsweise von Deep Learning Modellen basiert auf Komponenten wie der Verlustfunktion oder Zielfunktion und dem Optimierer, der einen Backpropagation Algorithmus verwendet [CA18, S.32]. Wie in Abbildung 2.3 ersichtlich, werden die Gewichte durch den Optimierer verändert. Er berechnet die erforderliche Anpassung der Gewichte über die Differenz aus dem erwarteten Ergebnisvektor und dem errechneten Ergebnisvektor des neuronalen Netzes.

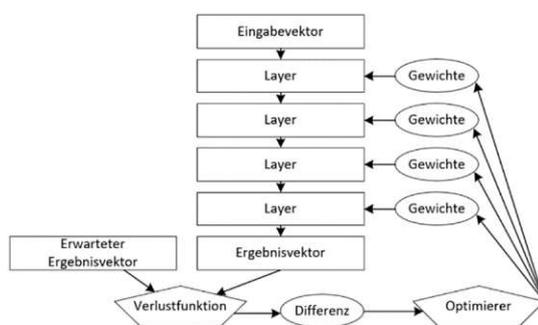


Abbildung 2.3: Schemadarstellung eines Deep Learning Modells

Vergleicht man Deep Learning Methoden mit der menschlichen Informationsverarbeitung, so fällt die große Anzahl an Trainingsdurchläufen auf [CA18, S. 32]. Dabei werden die Modelle bei einer Fehlererkennung immer wieder nachjustiert, bis die Fehlerrate ein ausreichend geringes Niveau erreicht. Trotz der großen Anzahl an Trainingsdurchgängen können aber sehr wohl Parallelen zur menschlichen Informationsverarbeitung in der Wiedererkennung von visuellen und auditiven Dingen festgestellt werden [GBC+91]. Für den Teilbereich der menschlichen Informationsverarbeitung ist Deep Learning auch entwickelt worden. Hingegen lassen sich Diskrepanzen zur menschlichen Informationsverarbeitung, in Bezug auf die Einstellung der Gewichte im Modell durch den Backpropagation Algorithmus, feststellen. Daher können die Modelle aktuell nicht als funktionale Abbildung der menschlichen Informationsverarbeitung dienen.

2.1.5 Zusammenfassung

In der Psychoanalyse werden die grundlegenden Lernmechanismen der Psychologie weitgehend anerkannt. Die Neuropsychanalyse versucht, wie die Neurowissenschaft, mithilfe von bildgebenden Verfahren wie fMRT Korrelationen zu psychoanalytischen Funktionen zu finden. Die Verfahren sind jedoch nur bedingt aussagekräftig und können keine kausalen Zusammenhänge darstellen [GMM10, S. 65]. Dass Gleichzeitigkeit einen starken Einfluss auf die Bildung von Erinnerungen hat, wird auch

von der Neuropsychanalyse anerkannt. Beim Gedächtnis wird in der Neuropsychanalyse eine Basisform angenommen, bei der Erinnerungen im Kurzzeitgedächtnis gebildet und eventuell ins Langzeitgedächtnis übertragen werden. Auch die Aufmerksamkeitsfokussierung hat wesentlichen Einfluss auf eine spezifische Wahrnehmung von Lerninhalten und ermöglicht oder verstärkt damit das Lernen. Invariante Repräsentanzen sind eine plausible Nachempfindung von Erinnerungen in der menschlichen Psyche. Zur Bildung von invarianten Repräsentanzen sind Rückkopplungen notwendig, die eine Generalisierung oder Differenzierung der Repräsentanzen vornehmen. Künstliche neuronale Netze verwenden mathematische Algorithmen für Verlust- und Optimierungsfunktionen und sind daher für eine funktionale Darstellung der menschlichen Informationsverarbeitung ungeeignet.

2.2 Metapsychologie – Grundlegende Konzepte

Die Ausgangsbasis für das hier entwickelte Funktionsmodell der menschlichen Psyche ist die in der Psychoanalyse entwickelte Theorie über die Psyche. Die wichtigsten Aspekte der Theorie sowie deren Verwendung im SiMA-Projekt sollen kurz angesprochen werden. Begonnen wird mit den beiden topischen Modellen. Danach folgen Primärprozess und Sekundärprozess sowie die Funktionen Ich, Es und Über-Ich. Zum Schluss wird noch die wissenschaftliche Methodik der Psychoanalyse kurz umrissen. Es geht hier nur um die von der Psychoanalyse entwickelte Theorie über die Psyche; klinische Überlegungen und Therapiemethoden sind für die vorliegende Arbeit nicht relevant.

2.2.1 Die zwei topischen Modelle

Die Theorie über die menschliche Psyche wird als Metapsychologie bezeichnet. Sie ist die Grundlage für das in SiMA entwickelte Funktionsmodell der menschlichen Psyche. In der Metapsychologie wurde eine topische¹⁵ Theorie der Psyche entwickelt, die später mit einem zweiten Modell, dem Strukturmodell, erweitert wurde.

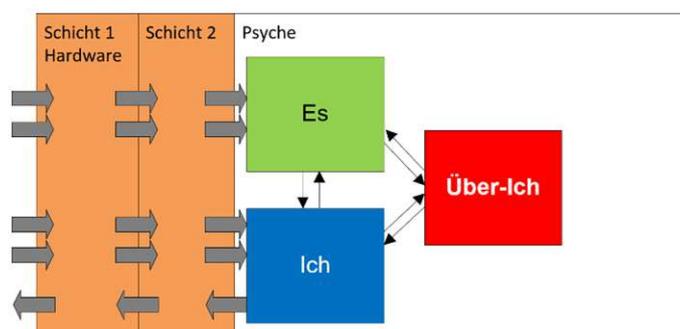


Abbildung 2.4: Funktionen der Psyche aus der Psychoanalyse im SiMA-Projekt [Die21, S. 163]

¹⁵ Unter ‚topisch‘ wird die Möglichkeit verstanden, psychische Vorgänge zu lokalisieren und greifbar zu machen. Dabei sind sie aber nicht im anatomischen Sinne zu lokalisieren, sondern nach [DBD+14, S. 66-67] handelt es sich um theoretische Entitäten, die in der Computertechnik als (informationstechnische) Funktionseinheiten bezeichnet werden.

Im ersten topischen Modell unterscheidet man zwischen unbewussten, vorbewussten und bewussten Inhalten. Im Strukturmodell werden die Funktionsblöcke Ich, Es und Über-Ich der menschlichen Psyche definiert [BDD+15, S. 64-67]. Bei der Entwicklung des zweiten topischen Modells konnten beide Modelle nicht zu einem einheitlichen Modell zusammengeführt werden. Es gelang auch der psychoanalytischen Theorie bis heute nicht, die Widersprüche aufzulösen und die Modelle in Einklang zu bringen. Im SiMA-Projekt gelang das mithilfe einer genaueren Unterscheidung und durch Anwendung der Informationstheorie [DBD+14, S. 67]. Dabei wurde – kurz zusammengefasst – das zweite topische Modell als Funktionsmodell und das erste topische Modell als Verhaltensmodell/Informationsmodell definiert. In Abbildung 2.4 sind die Funktionen der Psyche dargestellt sowie deren Anbindung an das neuronale System im Körper. Im Projekt SiMA wurde zwischen Schicht 1 (die neuronale Schicht – das Nervensystem) und Psyche eine weitere Schicht eingeführt, die für deren Anbindung zuständig ist. Auf das Schichtenmodell wird in Kapitel 2.3.1 noch detailliert eingegangen. Die Pfeile zeigen an, welche Funktionen miteinander interagieren.

Kommen wir zunächst zur Funktion des Es. In ihr werden die körperlichen Bedürfnisse als Triebe (Anforderungen des Körpers an die Psyche) repräsentiert. Triebe sind Informationen aus dem Körper über verschiedene Bedürfnisse der Homöostase (Hunger, Durst, Atmung, ...) und der Sexualität. Die Aufgabe der Triebe liegt in der Selbst- beziehungsweise Arterhaltung [Die21, S. 66]. Die Triebe werden durch Triebziel, Triebquelle, Triebobjekt und Affektbetrag als Triebrepräsenz in der Es-Funktion bearbeitet. Triebe werden in SiMA in Sexualtriebe und Selbsterhaltungstribe unterteilt. Sie haben eine libidinöse und eine aggressive Triebkomponente.

Die Über-Ich-Funktion beinhaltet soziale Regeln und Normen, die eingehalten werden sollen. Bei entsprechenden Assoziationen mit solchen Regeln wird die Bewertung der entsprechenden Elemente erhöht oder verringert.

Schlussendlich versucht die Ich-Funktion zwischen den beiden Funktionen zu vermitteln und berücksichtigt dabei auch die Umwelt [BDZ+13, S. 98 f.]. Dabei muss die Ich-Funktion teilweise erhebliche Widersprüche und Konflikte zwischen Es und Über-Ich lösen und mit der Außenwelt in Einklang bringen, um ihre wichtigste Aufgabe erfüllen zu können, die schnelle Handlungsfähigkeit möglichst zu gewährleisten. Dabei bedient sie sich der Abwehr, die viele verschiedene Mechanismen anwendet, um Konflikte und Widersprüche auflösen zu können. Im Detail wird im Folgenden noch auf die Funktionen Ich, Es und Über-Ich sowie auf die Abwehr eingegangen.

Neben dem topischen Gesichtspunkt ist in der Psychoanalyse auch der ökonomische Gesichtspunkt von Bedeutung. Die Annahme ist hier, dass ‚psychische Energie‘ Informationsinhalte besetzen kann. Im SiMA-Projekt wurde der Begriff ‚psychische Energie‘ durch ‚psychische Intensität‘ ersetzt, um Verwechslungen mit dem in Technik und Physik fest verankerten Begriff ‚Energie‘ zu vermeiden und ‚Besetzung‘ wurde informationstechnisch als ‚Bewertung‘ definiert. Der Ursprung des Bewertungsprinzips liegt laut Psychoanalyse im Neurologischen [Die21, S. 166]. Aus homöostatischer Spannung und Sexualspannung wird psychische Intensität erzeugt. Da sich diesbezüglich keine klaren widerspruchsfreien Definitionen im psychoanalytischen Modell finden, wurden die Begriffe im SiMA-Modell widerspruchsfrei definiert und mit Überlegungen von Damásio [Dam01, S. 49 ff.] und Panksepp

[Pan98, S. 43 ff.] erweitert. Es wird im SiMA-Projekt zwischen folgenden Bewertungsgrößen unterschieden: Affektbetrag, Emotion, Basisemotion, erweiterte Emotion, neutralisierte Intensität und Gefühl. Der Begriff psychische Intensität dient dabei nur als Überbegriff aller Bewertungen. Die detaillierte Verwendung und Erläuterung der unterschiedlichen Bewertungen finden sich in Kapitel 2.3.4.

2.2.2 Primärprozess

In der Psychoanalyse wird die Verarbeitung von Inhalten weiter unterteilt in einen Primärprozess¹⁶ und einen Sekundärprozess¹⁷ [SHDD14, S. 20-21]. Der Primärprozess bearbeitet unbewusste Informationen. Vorbewusste und bewusste Informationen werden ausschließlich vom Sekundärprozess bearbeitet, wobei er auch unbewusste Informationen verarbeitet. Beide Prozesse folgen unterschiedlichen Prinzipien und sind hierarchisch organisiert. Der Primärprozess ist bereits von Anbeginn der psychischen Entwicklung des Individuums vorhanden [Wie09, S. 75]. Im Primärprozess finden die Körper- und Umgebungswahrnehmung Eingang ins Psychische und es wird psychische Intensität aus Triebintensität¹⁸ (aus homöostatischer Spannung und Sexualspannung) gebildet. Der Primärprozess folgt dem Lustprinzip, was bedeutet, alle Bedürfnisse, ausgehend von der Es- und der Über-Ich-Funktion, haben das Ziel, sofort und vollständig befriedigt zu werden. Dadurch werden jene Triebziele und Triebobjekte, die entsprechende Assoziationen zu Erinnerungen mit den höchsten erwarteten Lustgewinnen haben, auch am höchsten bewertet (psychoanalytisch ‚Besetzung‘) [DBD+14, S. 69]. Der Primärprozess strebt damit primär nach Abfuhr der Erregungen. Die Aspekte der Realität werden dabei nicht berücksichtigt. Ob z. B. ein Ziel oder Objekt erreichbar ist, wird vom Primärprozess nicht beachtet. Der Primärprozess ist durch eine große Beweglichkeit der Bewertungen gekennzeichnet [Wie09, S. 76]. Das bedeutet, die Bewertung einer Sachvorstellung kann sich hier schnell ändern. Das geschieht durch Methoden der Abwehr wie Verdrängung, Verleugnung, Projektion oder Regression [Die21, S. 72 f.].

Im Primärprozess werden keine Abhängigkeiten durch Zeit oder Kausalität verarbeitet. Es fehlt hier auch die Möglichkeit die Negation von etwas zu bilden und logische Widersprüche werden nicht aufgelöst. Lediglich Gleichzeitigkeit und Ähnlichkeit werden durch die Verbindungen von Erinnerungen verwendet. Die Eigenschaften des Primärprozesses sind notwendig, um die Bearbeitung der Informationen von Millionen von Sensoren gewährleisten zu können [Die21, S. 64]. Informationen werden dabei vorverarbeitet, gefiltert, modifiziert und an den nächsten Prozess weitergeleitet [ST10, S. 114 ff.]. Das Aussortieren und Trennen in wichtige und unwichtige Dinge ist eine entscheidende Funktion des Primärprozesses, die den Sekundärprozess vor einer Informationsüberflutung schützt.

¹⁶ Im SiMA-Projekt wurde der Primärvorgang in Primärprozess umbenannt.

¹⁷ Im SiMA-Projekt wurde der Sekundärvorgang in Sekundärprozess umbenannt.

¹⁸ Hier wird der Begriff Triebintensität anstatt Triebenergie verwendet, um Verwechslungen mit dem Begriff Energie zu vermeiden (siehe auch psychische Intensität in Kapitel 2.2.1)

Einen wichtigen Anteil an der Funktionalität hat die Abwehr. Aufgrund der assoziativen Lösungssuche produziert der Primärprozess auch viele konfliktbehaftete Lösungen. Sie werden von der Abwehr nach gewissen Kriterien gefiltert oder verändert, wodurch der Großteil der Lösungsvorschläge eliminiert wird.

Die Informationen im Primärprozess werden als Sachvorstellungen bezeichnet. Unter Sachvorstellungen werden jene Eigenschaften eines Objektes bezeichnet, denen eine Wortvorstellung fehlt. Sie sind in Assoziationsnetzwerken eingebettet und erfahren immer eine Bewertung. Die ausschließlich assoziative Verknüpfung der Sachvorstellungen eröffnet den Raum zum Phantasieren, um Lösungen vorzuschlagen. Dadurch kann man den Primärprozess auch als große, umfangreiche Brainstorming-Funktion ansehen [Die21, S. 69].

2.2.3 Sekundärprozess

Nach der Verarbeitung im Primärprozess werden die Informationen an den Sekundärprozess übergeben. Er funktioniert nach Prinzipien, die im Individuum erst im Laufe der Entwicklung und im Zuge der Auseinandersetzung mit der Realität wirksam werden [Wie09, S.75]. Der Sekundärprozess folgt dem Realitätsprinzip. Damit wird die Umwelt in die Handlungsplanung miteinbezogen.

Beim Übergang vom Primärprozess in den Sekundärprozess werden Sachvorstellungen mit Wortvorstellungen assoziiert. Über die Wortvorstellungen werden die Informationen dann im Sekundärprozess weiterverarbeitet. Sachvorstellungen sind dort immer mit Wortvorstellungen verknüpft. Wortvorstellungen beinhalten alle mit Sprache benennbaren Teile eines Objektes. Über die Wortvorstellungen werden Sachvorstellungen auch bewusstseinsfähig.

Im Unterschied zum Primärprozess kann der Sekundärprozess auch Negationen bilden und verarbeiten. Er kennt Kausalität, zeitgleiche Abfolge und kann logische Vorgänge entwickeln [Wie09, S. 70]. Langzeitauswirkungen werden berücksichtigt, um die Bedürfnisse aus dem Primärprozess zu befriedigen. Das schafft der Sekundärprozess durch die Handlungsplanung. Im Sekundärprozess gibt es eine rationale Ordnung. Hierarchische, zeitliche und strukturelle Abhängigkeiten können hier verwendet werden. Das ist auch für die Handlungsplanung notwendig, um Prozessabläufe (kausale Ketten) herstellen zu können. Dadurch verlängert sich die Verarbeitung einzelner Informationen im Sekundärprozess. Die Vorverarbeitung im Primärprozess ist damit notwendig, um den Sekundärprozess nicht zu überfordern und so längere Phasen der Handlungsunfähigkeit zu erzeugen.

Die Grundlage für die Entscheidungen des Sekundärprozesses stellen mit Emotionen und Gefühlen bewertete Erinnerungen dar, aus denen schlussendlich Lösungen für die aktuellen Probleme abgeleitet werden. In SiMA erfolgt im Unterschied zur psychoanalytischen Theorie eine strikte Trennung von Emotionen und Gefühlen [Die21, S. 66]. Nur Gefühle können bewusst werden. Emotionen sind hingegen unbewusst, können aber Aktoren des Körpers ansteuern (z. B. erröten, weinen, ...).

2.2.4 Ich, Es und Über-Ich

Zurück zu den drei Funktionen Ich, Es und Über-Ich. In der Es-Funktion werden Affektbeträge, als Repräsentanten für die aus homöostatischem Ungleichgewicht entstehenden Triebspannungen, erzeugt. Der Affektbetrag bewertet (besetzt) Erinnerungen, die mit einer Triebbefriedigung (Abfuhr von Triebspannung) desselben Triebes verbunden sind. Die Besetzung kann innerhalb des Primärprozesses durch Verschiebung oder Verdichtung verändert werden [BDD+15, S. 70]. Aus Triebspannung, die nicht abgeführt wird, entsteht innerhalb der Es-Funktion Unlust. Die Unlust stellt aber keine negative Lust dar; vielmehr sind Lust und Unlust unabhängige Größen, die beide gleichzeitig steigen und fallen können. Lust wird per Definition erzeugt, wenn eine Aktion ausgeführt wird und dadurch der Affektbetrag (Triebspannung) abgeführt, das heißt reduziert, wird. Aus Lust und Unlust werden die Basisemotionen gebildet [SHDD14, S. 21].

Gegensätzliche Forderungen der Es und der Über-Ich-Funktion können Konflikte verursachen. Genauso können Konflikte mit der Realität entstehen bzw. in den Funktionen selbst (wie z. B. widersprüchliche Pläne in der Ich-Funktion oder widersprüchliche Triebe in der Es-Funktion) [Lis09, S. 108 ff.]. Um die Konflikte zu lösen, verwendet die Ich-Funktion Abwehrmechanismen. In der Psychoanalyse gibt es eine Vielzahl von Abwehrmechanismen wie z. B. Verdrängung, Verleugnung, Verschiebung und Sublimation [DBD+14, S. 84]. Das Ziel des Abwehrsystems ist es, in einer innerpsychischen Konfliktsituation die höchste Lust bei geringster Unlust zu gewährleisten [Die21, S. 71].

Die Abwehr filtert Informationen durch die Mechanismen Verdrängung oder Verleugnung. Dabei werden die Informationen unbewusst blockiert und stehen damit dem Sekundärprozess nicht zur Verfügung. Die Abwehr ist aber kein reiner Filtermechanismus [BDD+15, S. 75]. Bei der Projektion z. B. werden Informationen hinzugefügt, die keine reale Basis haben oder aus anderen Quellen stammen. Bei der Verschiebung werden Wünsche und Bedürfnisse, die eine Person an sich selbst nicht befriedigen kann, an Ersatzobjekten realisiert. Abwehrmechanismen werden in reife und primitive Mechanismen unterteilt. Die Sublimierung ist beispielsweise ein reifer Abwehrmechanismus. Dabei wird der Affektbetrag eines Triebes auf andere Ziele gelenkt, die künstlerischen, schöpferischen, intellektuellen oder allgemeinen gesellschaftlich anerkannten Interessen und Tätigkeiten folgen.

Um dem Realitätsprinzip zu folgen, wendet die Ich-Funktion auch die Methode des Triebaufschubs an. Dadurch können kurzfristige Lustgewinne aufgeschoben werden, um langfristige Ziele und damit einen größeren Lustgewinn zu ermöglichen [BDZ+13, S. 84]. Erst nach Abschluss aller Bewertungen und Prüfungen wird die vielversprechendste (am höchsten bewertete) Handlung gewählt. Daraus werden dann entsprechende Aktionsabläufe abgeleitet und in der Umwelt Aktionen gesetzt.

Um zu einer Entscheidung zu kommen, generiert die Ich-Funktion imaginäre Handlungen. Das Durchspielen verschiedener Entscheidungen zeigt die möglichen Auswirkungen auf und schafft damit die Entscheidungsgrundlage für die Ich-Funktion. Dabei erfolgt auch eine Realitätsprüfung, die prüft, ob die Handlungen und Aktionen in der realen Welt auch gesetzt werden können.

In der psychoanalytischen Lehre steht die Unlust in direkter Korrelation zur Dringlichkeit der Bedürfnisbefriedigung aus der Es-Funktion. In Abhängigkeit zur Persönlichkeit des Menschen wird ein gewisser Anteil der Dringlichkeit neutralisiert und steht höheren Funktionen in der Psyche in Form von neutralisierter Intensität (siehe Kapitel 2.3.4) zur Verfügung. Je mehr neutralisierte Intensität zur Verfügung steht, desto mehr und tiefgreifender können die Funktionen zur Entscheidungsfindung beitragen.

In allen Funktionen werden Erinnerungsspuren verarbeitet. Nach Auffassung der Psychoanalyse handelt es sich dabei um ein psycho-physiologisches Konzept, um Erinnerungen in der Psyche zu repräsentieren [Lan10, S. 56]. Alle Informationen, die physikalisch gespeichert sind und in einer spezifischen Form abgerufen werden können, werden in der Psyche als Erinnerungsspuren bezeichnet. Je nach Art der Erinnerungsspuren können sie auch bewusst und als Erinnerungen abgerufen werden. Verbundene Erinnerungsspuren sind die Basis für Assoziationen. Durch Besetzungen können Erinnerungsspuren aktiviert werden. Das Ergebnis sind Sachvorstellungen im Primärprozess bzw. Wortvorstellungen im Sekundärprozess. Wortvorstellungen können aber nur gemeinsam mit ihren assoziierten Sachvorstellungen aktiv sein. Durch die Aktivierung einer Erinnerungsspur erhalten automatisch alle verbundenen Erinnerungsspuren ebenfalls einen Teil der Aktivierung basierend auf ihrer Verbindungsstärke.

Alle Punkte können zusammenfassend in der Psychoanalyse unter den folgenden drei Gesichtspunkten eingeordnet werden: topisch, dynamisch und ökonomisch [DBD+14, S.66]. Der topische Gesichtspunkt ist durch die Aufteilung in drei Funktionen, die unterschiedliche Verarbeitungsmethoden haben, gegeben. Der dynamische Aspekt ergibt sich durch die Generierung und Schlichtung von Konflikten in der Psyche. Und der ökonomische Aspekt ist durch die Besetzung von Erinnerungen und ihre Anpassungsfähigkeit gegeben. Entsprechend dem ökonomischen Aspekt beruht die psychoanalytische Theorie auf der grundlegenden Annahme, dass jedes Verhalten psychische Intensität abführt, und dass Verhalten durch psychische Intensität reguliert wird [Wie09, S. 75]. Psychische Intensität wird dabei als Überbegriff für Bewertungsmechanismen wie Affektbetrag, Emotion oder Gefühl verwendet. In Kapitel 2.3.4 findet sich eine genaue Beschreibung des Bewertungssystems in SiMA.

2.2.5 Die wissenschaftliche Methodik der Psychoanalyse

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die wissenschaftliche Methodik, die Psychoanalytiker verwenden. Sie unterscheidet sich gravierend von der Methodik, die Techniker anwenden. Bei ihren Modellbildungen bedienen sich Psychoanalytiker vor allem der hermeneutischen Methode [Die21, S. 21]. Dabei werden Texte auf Bedeutung oder Sinngehalt erforscht und im Wesentlichen interpretiert [Kle88, S. 794], um dadurch neue Erkenntnisse zu generieren und die hermeneutische Differenz zwischen der Interpretation des Textes von Autor und Leser zu minimieren. Die Einstellung eines Autors zu gewissen Themen ist in der Regel bekannt. Man versucht, das behandelte Thema aus der Sicht des Autors zu begreifen. Das ist vor allem notwendig, da jeder Autor Begriffe in seinem Kontext definiert. Es gibt, wie in der Technik üblich, keine strengen, allgemein gültigen Begriffsdefinitionen. Zudem sind in der klinischen Psychoanalyse allgemeine Begriffsdefinitionen ohnehin nicht möglich und sinnvoll,

da Patienten immer ihre jeweils eigene Sprache verwenden. Ein metapsychologisches Modell muss sich daher jeder Psychoanalytiker, der an der Theorie der Psychoanalyse Interesse hat, erst nach und nach selbst erarbeiten. Ein weiterer Unterschied ist die fehlende Möglichkeit, Experimente, wie sie in der Naturwissenschaft üblich sind, durchzuführen bzw. zu wiederholen.

Die Metapsychologie wird damit über verschiedene Konzepte in langen Texten erläutert. Abbildungen findet man nur wenig. Im Vergleich zu technischen Modellerläuterungen, die meist viele Grafiken verwenden, ist die in Texten abgefasste Psychoanalyse für Techniker schwer zugänglich [Die21, S. 235]. Ein weiteres Problem für ein einheitliches Modell stellen die unterschiedlichen Schulen der Psychoanalyse dar. Dabei wurde in SiMA die klassische Psychoanalyse ausgewählt, da sie als einzige ähnliche Methoden wie die Computertechnik verwendet und eine ähnliche Herangehensweise zur Entwicklung eines funktionalen Modells hat [Die21, S. 60]. Es gibt in der Psychoanalyse bis heute kein einheitliches Modell der Psyche.

2.3 Simulation of the Mental Apparatus & Applications – SiMA

Ausgehend von den Hintergründen zum Projekt SiMA, die in Kapitel 1 beschrieben wurden, und der Basis aus Kapitel 2.2 soll hier der aktuelle Stand der Umsetzung des auf Grundlage der Metapsychologie entstandenen Funktionsmodells dargelegt werden.

2.3.1 Die Basis von SiMA

Das SiMA-Modell baut auf drei wichtigen Grundpfeilern auf. Der erste ist eine axiomatische Basis für die im Modell verwendeten Begriffsdefinitionen. Der zweite Pfeiler ist die strikte Trennung von Funktion und Information und der dritte das Schichtenmodell. Beginnend mit den axiomatischen Begriffsdefinitionen sollen die Grundpfeiler in den folgenden Absätzen genauer erläutert werden.

Axiomatische Begriffsdefinitionen

Wie kann man effektiv mit anderen Disziplinen zusammenarbeiten und Verwechslungen vermeiden? Die Frage stellte sich auch im Projekt SiMA. Daher wurde von Anfang an, um eine konsistente gemeinsame Arbeit liefern zu können, der Weg zur Erstellung von axiomatischen Begriffsdefinitionen beschrieben [DBD+14, S. 24-26]. Aber nicht nur, um die Arbeit zwischen Psychoanalytikern und Techniker zu ermöglichen und zu verbessern, waren axiomatische Begriffsdefinitionen notwendig. Innerhalb der Psychoanalyse gibt es keine eindeutige Axiomatik, auch wenn das ursprünglich so angedacht war [DBD+14, S.25]. Die Herausforderung bestand in der Erstellung von Begriffsdefinitionen, die den Regeln der Axiomatik entsprechen, um damit ein naturwissenschaftliches ganzheitliches Modell der menschlichen Psyche erstellen zu können. Die Begriffsdefinitionen werden in deutscher und englischer Sprache gepflegt und ein Auszug davon wurde in [BDD+15, S. 151-154] veröffentlicht.

Dabei wurde z. B. der Begriff psychische Intensität, statt des in der Psychoanalyse verwendeten Begriffes psychische Energie, neu eingeführt, um Verwechslungen mit der Begriffsdefinition von Energie, und damit dem Verhalten von Energie, ausschließen zu können [DBD+14, S. VIII]. In allen Diskussionen rund um das Projekt ist die Verwendung der axiomatischen Begriffsdefinitionen ein wichtiger Punkt, um Verwechslungen und die falsche Verwendung von Begriffen ausschließen zu können [DBD+14, S. 17].

Trennung von Funktion und Information

Wie in Kapitel 1 dargestellt, ist das SiMA-Modell ein Funktionsmodell des neuronalen Organs. Auf die Differenzierung von Funktionsmodell zu Verhaltensmodell [DBD+14, S. 26 f.] wurde schon in Kapitel 1.3 ausführlich eingegangen. Solch ein Funktionsmodell kann das gesamte Verhalten des nachgebauten Systems widerspiegeln [DBD+14, S. 27]. Das Verhalten wird aber nicht nur durch die Funktionen erzeugt, sondern auch durch die dynamischen, sich ständig verändernden, Informationen [BDD+15, S. 26]. Die Trennung in Funktion und Information ist in der Informationstheorie notwendig und trägt zu einem besseren Verständnis des Systems bei.

Das SiMA-Modell basiert auf zwei topischen Modellen der Psychoanalyse. Das erste topische Modell wird in SiMA als Informationsmodell (meist auch als Datenmodell bezeichnet) verwendet [DFZB09, S. 424]. Es beschreibt den Zustand der Informationen im Funktionsmodell [DSBD13, S. 6667]. Die Informationen können die Zustände unbewusst, vorbewusst und bewusst annehmen [BDZ+13, S. 80], [DFZB09, S. 424]. Entsprechend der Eigenschaften der Informationen werden sie unterschiedlich weiterverarbeitet. Das zweite topische Modell dient als Funktionsmodell. Das Modell beinhaltet die drei Funktionen Ich, Es und Über-Ich, die im Folgenden im Detail beschrieben werden. Die beiden Modelle wurden im Rahmen des interdisziplinär arbeitenden Projektes SiMA durch die Zusammenarbeit von Computertechnikern und Informatikern mit Psychoanalytikern und Neuropsychanalytikern in ein konsistentes Modell, entsprechend der im Kapitel 1.5 beschriebenen Methode, gebracht.

Das Funktions-Schichtenmodell

Die Beschreibung von komplizierten Systemen verlangt nach geeigneten Darstellungsformen, die das System als Ganzes und bis ins kleinste Detail darstellen können. In der Computertechnik hat sich dafür das Schichtenmodell etabliert. Ein bekannter Vertreter ist das ISO/OSI-Modell [DBM+10, S. 79], [Wal87]. Damit werden die Zusammenhänge des Informationsaustauschs zwischen den informationsverarbeitenden Programmen, die auf unterschiedlichen informationsverarbeitenden Maschinen ausgeführt werden, dargestellt.

Das pikante Detail, das sich im Schichtenmodell versteckt, und es für die Anwendung auf die Informationsverarbeitung des menschlichen Gehirns nutzbar macht, ist die Verbindung der physikalischen Welt mit der Welt der Informationstheorie [Die21, S. 123 ff.]. Die Psyche (Software) wird dabei der Welt der Informationstheorie zugeordnet und das neuronale Organ (Hardware) der physikalischen Welt. Bei einem Computer spricht man von Hardware und Software. Beide Welten haben ihre

eigenen Beschreibungsformen und Methoden. Die Umrechnung beider Welten ist in der Computertechnik durch das Mealy-Modell gegeben. Doch Beschreibungen und Methoden, die in der einen Welt gelten, haben in der anderen Welt keine Gültigkeit.

Die Trennung der beiden Welten hat gute Gründe. Daher würde nie ein Softwaredesigner auf die Idee kommen, mit seinen Methoden die physikalische Welt (Hardware) zu beschreiben und umgekehrt. Oder wie es im Projekt SiMA schon öfter formuliert wurde: Niemand würde ernsthaft die Funktionsweise von Word auf der Basis von Transistoren beschreiben [DBD+14, S. 30]. In der Forschung rund um das Gehirn passiert genau das aber immer wieder [Die21, S 201].

Da aber Software und Hardware immer als Einheit agieren müssen, werden Schnittstellen zwischen den Schichten verwendet. Sie sind genau definiert und spezifiziert. Durch die Schnittstellendefinitionen wird es möglich, die einzelnen Schichten auszutauschen. Daher kann sowohl die Hardware als auch die Software mit unterschiedlichen Systemen funktionsfähig agieren, solange durch die Schnittstellen die jeweiligen definierten Anforderungen gewährleistet werden.

Um das neuronale Organ des Menschen ganzheitlich in einem Modell darstellen zu können, wird das in Abbildung 2.5 dargestellte Schichtenmodell verwendet. Das Modell wurde aus dem Modell des Neurologen und Psychiaters A. R. Luria [BGSW13, S. 2] abgeleitet. Die klar abgegrenzten Schichten wurden in [Lan10, S. 50-53] erstellt. Dabei wurde mit Schicht 1 die Hardware und somit das neuronale Netzwerk definiert. In Schicht 1 werden die Gesetze der Physik berücksichtigt. Alle anderen Schichten sind von der Physik entkoppelt und nur über die Schnittstelle zur Schicht 1 mit der Physik gekoppelt (wobei Schicht 3 nur über Schicht 2 auf die Schnittstelle zur Schicht 1 Zugriff hat). Physikalische Eigenschaften spielen daher in den weiteren Schichten keine Rolle mehr. Die Informationen werden ohne Betrachtung der Physik verarbeitet.

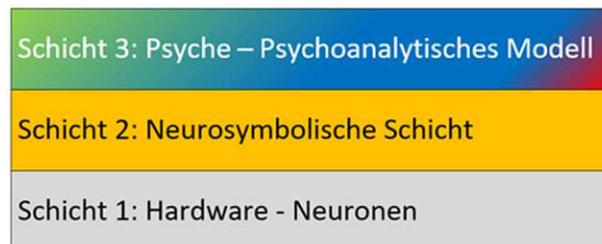


Abbildung 2.5: Schichtenmodell in SiMA nach [BDD+15, S. 63] und [BGSW13, S. 2]

Die Schicht 2 ist in SiMA als neurosymbolische Schicht benannt [DSBD13, S. 6665], [VB08]. Hier werden entsprechend dem Namen aus den neuronalen Signalen (Hardware) Symbole generiert, die dann von der Schicht 3, der Psyche (Software), weiterverarbeitet werden. Nach der Bearbeitung in Schicht 3 werden die Symbole über die Schicht 2 wieder in neuronale Signale transformiert. Die neurosymbolische Schicht verbindet damit die physikalische Schicht 1 mit der informationsverarbeitenden Schicht 3 [DBD+14, S. 9].

Die 3. Schicht repräsentiert im SiMA-Modell die Psyche. Sie wird wiederum durch ein Funktionsmodell dargestellt. Wie in [Sch16b, S. 57] nochmals deutlich herausgestrichen wird, beschreiben alle Schichten denselben Gegenstand.

Die Definition des Schichtenmodells verdeutlicht auch, dass es aus Sicht der Computertechnik keinen Grund gibt, warum die Psyche (Software) nicht auch auf einer anderen Hardware als das Gehirn funktionieren kann [DBM+10, S. 80], [DSBD13, S. 6664]. Damit spricht nichts gegen die Verwendung der Funktionen der Psyche in technischen Anwendungen, um mit dem Modell bisher ungelöste Aufgabenstellungen bewältigen zu können.

Als abschließenden Punkt sei hier noch die Lokalisierung von Software-Funktionen angesprochen. Sie teilen sich im Computer meist mehrere identische Hardware-Funktionen, um ihre Aufgabe zu erfüllen. Daher können Software-Funktionen meist nicht lokalisiert werden, da sie sich über große Bereiche verwischen [Die21, S. 213]. Entsprechend plausibel ist damit auch die Annahme, dass die Lokalisierung für psychische Funktionen ebenfalls nicht exakt erfolgen kann, da ein und derselbe Nerv von unterschiedlichen psychischen Funktionen verwendet werden kann. Oder wie es in [Die21, S. 213] sehr treffend formuliert wird: „Bewusstes Denken, Gefühle usw. sind neurologisch nicht lokalisierbar, da die Funktionen, die dafür zuständig sind, über große Teile des Gehirns verteilt liegen.“

Das Ebenen-Abstraktionsmodell

In SiMA wurde, entsprechend dem Top-Down Prinzip [SWJ+14, S. 155], mit der detaillierten Ausarbeitung der Schicht 3 begonnen [DBD+14, S. 61]. Dabei wurde neben dem Schichtenmodell das Ebenen-Abstraktionsmodell auf die Schicht 3 angewendet und 5 Ebenen definiert [SWK+15, S. 516], die von der größtmöglichen Abstraktion in Ebene 5 zur kleinsten abstrakten Ebene 1 führen [DBD+14, S. 61]. Aktuell beschränkt sich die Forschung im Projekt SiMA auf die Schicht 3 [SWB13, S. 6643 f.] und die beiden anderen Schichten sind in der Simulation nur mit beschränktem notwendigem Funktionsumfang, der meist die Informationen ohne Veränderung durchreicht, vorhanden.

Die Eingabegrößen aus der Schicht 2 sind Sexualtrieb, Selbsterhaltungstrieb und die Wahrnehmung von Körper und Umwelt. Die Ausgabe an die Schicht 2 ist eine Aktion, welche umgewandelt wird und in Schicht 1 die Aktoren ansteuert und somit zu einer Veränderung des Verhaltens führt [WGF+15, S. 331]. In Abbildung 2.6 wurde das Schichtenmodell aus Abbildung 2.5 um 90 Grad im Uhrzeigersinn gedreht und die Schicht 3 wurde daneben mit ihren 5 Ebenen dargestellt. Auf der abstraktesten Ebene (Ebene 5) befindet sich lediglich die Psyche als Ganzes.

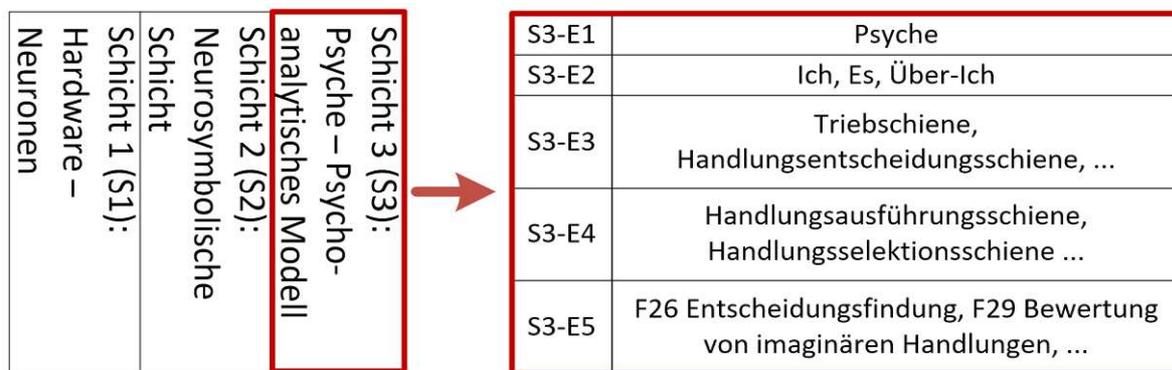


Abbildung 2.6: Schichtenmodell und Ebenenmodell in SiMA (S3-E1 = Schicht 3 – Ebene 1)

Die darauffolgende Ebene 4 ist durch das zweite topische Modell maßgeblich geprägt. Hier wird die Aufteilung der Psyche in die drei Funktionen Ich, Es und Über-Ich vorgenommen (siehe Abbildung 2.4).

Entsprechend [Deu11, S. 68] repräsentiert das Es die körperlichen Bedürfnisse und Lüste des Agenten ohne jegliche Berücksichtigung der Umwelt. Das Es handelt entsprechend dem Lustprinzip und kennt nur den aktuellen Augenblick. Daher versucht es, alle Bedürfnisse sofort zu befriedigen. Das Es bearbeitet nur Informationen, die unbewusst sind. Die Bedürfnisse werden dabei durch ein homöostatisches Gleichgewicht ausgedrückt [DBD+14, S. 66]. Je stärker ein körperliches Bedürfnis, wie

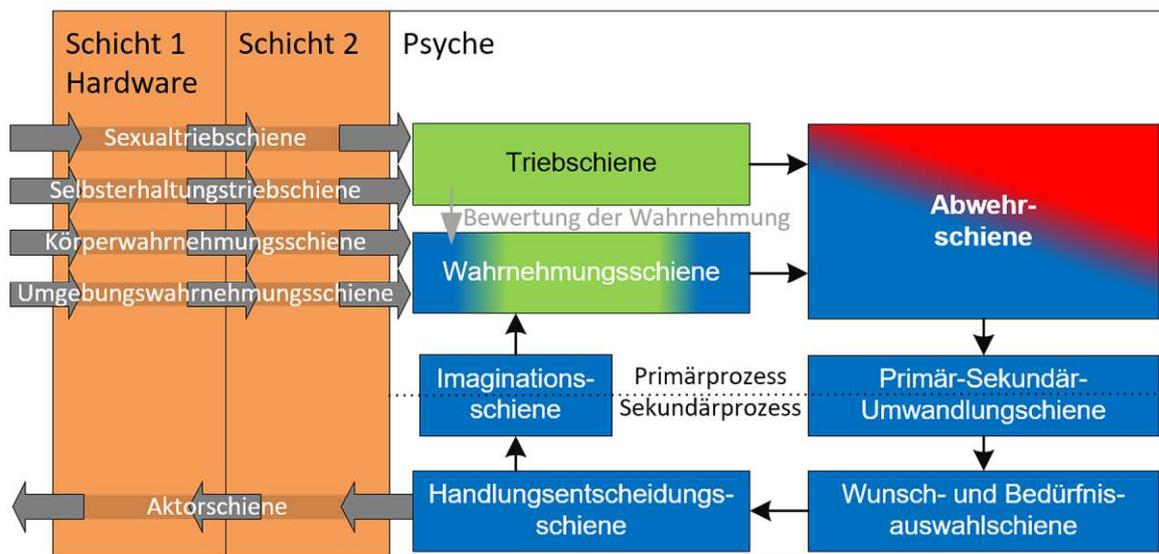
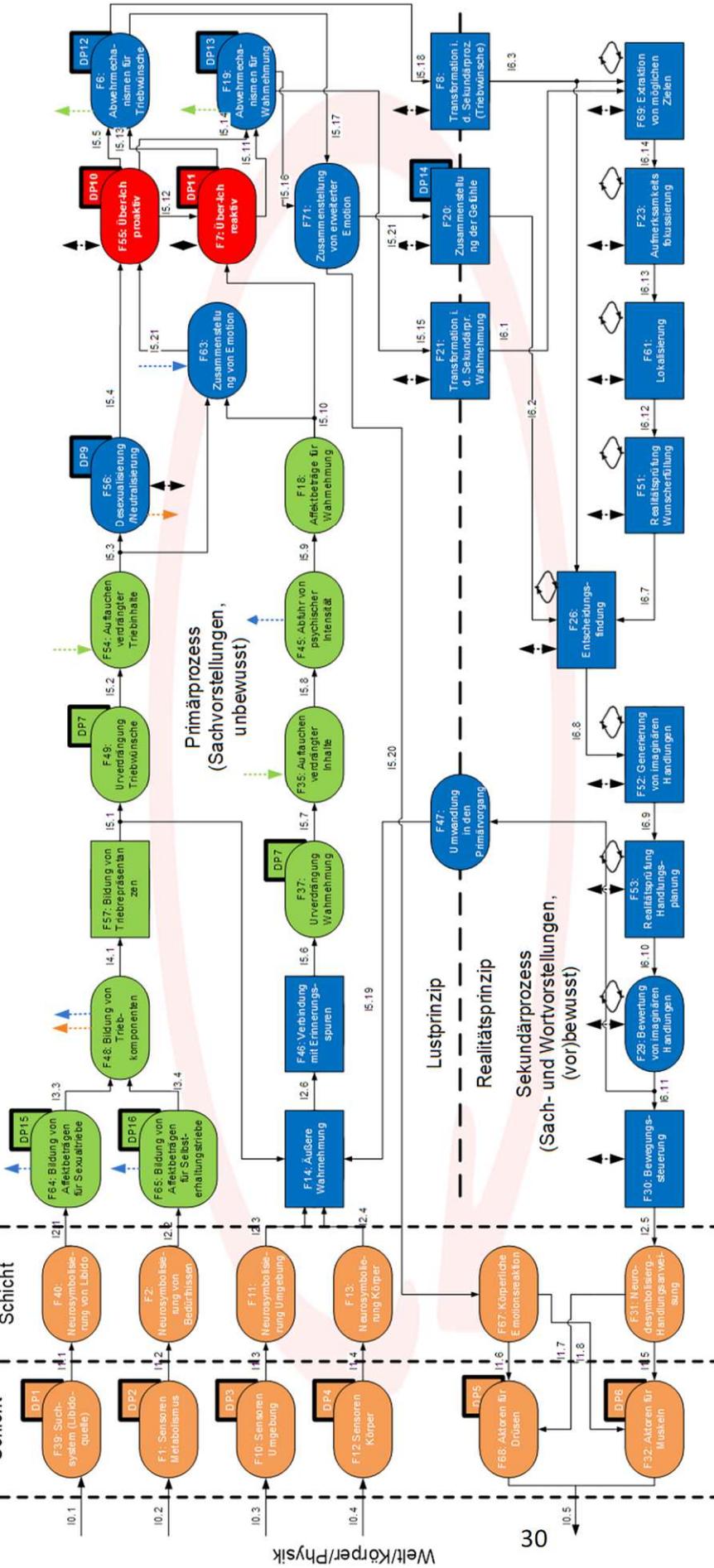


Abbildung 2.7: Funktionsmodell von SiMA in der Schienendarstellung nach [BDD+15, S. 73]

z. B. zu niedriger Magenfüllstand, vom Sollwert abweicht, desto stärker ist der Drang den Sollwert wieder zu erreichen [DBD+14, S. 107]. Der Drang wird als Triebspannung bezeichnet und ist ein Bestandteil eines Triebes [DBD+14, S. 17]. Ein Trieb besteht aus einer Triebquelle, einem Triebziel und einem Triebobjekt sowie der Triebspannung, die als Affektbetrag bezeichnet wird. Bei der Triebquelle handelt es sich um ein Organ oder einen somatischen Prozess des Körpers. Als Triebziel wird die Aktion bezeichnet, die durch ihre Ausführung den homöostatischen Zustand wieder zum Sollwert bewegen soll. Das Triebobjekt ist ein Objekt aus der Umwelt, an dem das Triebziel ausgeführt werden kann. Der Affektbetrag repräsentiert die Stärke des Triebes und somit dessen Dringlichkeit in Bezug auf spätere Entscheidungen [Deu11, S. 68]. Triebe sind im SiMA-Modell die Motivationsquellen, die das System antreiben. Daher kann das SiMA-Modell nicht ohne Körper funktionieren, da aus ihm die Triebe generiert werden.

Die Über-Ich-Funktion dient der Abwehr von unbewussten Informationen, die das System unnötig belasten und schlussendlich blockieren könnten [WGF+15, S. 331]. Es handelt sich dabei um verinnerlichte Regeln und Filter, die gesellschaftliche Ansprüche durch Gebote, Verbote und Belohnung einfordern.

Psyche



Organe für Wahrnehmung und Handlungsausführung, neuronale und neurosymbolische Informationsverarbeitung

Es: unbewusst, hauptsächlich vorbereitend und bewusst; Sach- und Wortvorstellungen

Ich: tw. unbewusst, hauptsächlich vorbereitend und bewusst; Sach- und Wortvorstellungen

Über-Ich: unbewusst; verinnerlichte Regeln

Schnittstelle zu Persönlichkeitparametern

Schnittstelle zu fixen Daten

Schnittstelle zwischen Funktionen

Schnittstelle zu temporär gespeicherten Daten: (für die Simulation)

⬇️ Kurzzeitgedächtnis

DT1 ... Psychische Intensität
DT2 ... Verdrängter Inhalt
DT3 ... Neutralisierte Intensität
DT4 ... Lust

Abbildung 2.8: Funktionsmodell von SIMA [Wen16, S. 175]

Das Über-Ich will sozial akzeptables Verhalten produzieren und ist somit der Gegenspieler der Es-Funktion [Wen16, S. 30]. Die meisten Regeln werden in der Kindheit und im Jugendalter durch den Umgang mit anderen Menschen erlernt.

Die Ich-Funktion hat die Aufgabe der Vermittlung zwischen der Umwelt und den Ansprüchen der Es-Funktion und der Über-Ich-Funktion.

Die nächste Abstraktionsschicht, Ebene 3, teilt die Funktionen weiter in unterschiedliche Schienen auf. Dabei handelt es sich um die Triebsschiene, die Wahrnehmungsschiene, die Abwehrschiene, die Primär-Sekundär-Umwandlungsschiene, die Wunsch- und Bedürfnisauswahlschiene, die Handlungsentscheidungsschiene und die Imaginationsschiene. In den Schichten 1 und 2 werden über Sexualtriebsschiene, Selbsterhaltungstriebsschiene, Körperwahrnehmungsschiene und Umgebungswahrnehmungsschiene Informationen der Umwelt (inklusive des Körpers) an die Schicht 3 weitergegeben. Die Informationen der Schicht 3 steuern über die Aktorschiene [DBD+14, S. 144 f.] Muskeln und Drüsen an [Die21, S. 172]. Das ist in Abbildung 2.7 ersichtlich. In der Darstellung lassen sich die Funktionen Ich (Blau), Es (Grün) und Über-Ich (Rot) aus Abbildung 2.4 erkennen. Weiters zeigt sich eine Bewertung der Wahrnehmung, die durch die Triebsschiene vorgenommen wird. Die Unterteilung von Primär- und Sekundärprozess ist ebenfalls dargestellt.

Die Schienen werden in Ebene 2 noch detaillierter aufgeteilt; z. B. wird die Handlungsentscheidungsschiene in die Handlungsausführungsschiene und Handlungsselektionsschiene unterteilt (Details dazu können aus [BDD+15, S. 77-80] entnommen werden). Auf der untersten Abstraktionsschicht, Ebene 1, ist das SiMA-Modell in seiner detailliertesten Form abgebildet. Wie aus Abbildung 2.8 entnommen werden kann, beinhaltet das Modell der Schicht 3 (Psyche) 32 Funktionen. Auf Basis der Abbildung wird in Kapitel 3 das Modell weiterentwickelt.

Eine wichtige Trennung im SiMA-Modell ist die Trennung in den Primärprozess und in den Sekundärprozess. Im Primärprozess werden die Informationen zuerst unbewusst vorverarbeitet. Entsprechend der psychoanalytischen Theorie [Zei10, S. 52] folgt der Primärprozess dem Lustprinzip. Dort sind Objekte miteinander verbunden, wenn sie entweder eine gewisse Ähnlichkeit bzw. Gemeinsamkeiten aufweisen oder sie gleichzeitig auftreten. Im Primärprozess können keine zeitlichen und keine kausalen Abhängigkeiten gebildet werden. Der Primärprozess agiert nur im aktuellen Augenblick und kennt weder Vergangenheit noch Zukunft. Es wird angenommen, dass der Primärprozess größer ist als der Sekundärprozess [ST10, S. 114 f.] und dass er durch die reine Fokussierung auf die aktuellen Informationen daher die enorme Menge an Informationen in sehr kurzer Zeit für den nachfolgenden Sekundärprozess vorverarbeiten kann.

Im Sekundärprozess von SiMA werden vorbewusste bzw. bewusste Informationen verarbeitet. Hier gilt das Realitätsprinzip, welches Erfordernisse aus der Umwelt miteinbezieht. Im Sekundärprozess wird auch die Zeit berücksichtigt und somit können hier zeitliche und auch kausale Verbindungen erstellt werden. Die Informationen des Primärprozesses werden mit den Informationen des Sekundärprozesses verbunden. Dadurch kann der Sekundärprozess auf Basis der Informationen des Primärprozesses weiterarbeiten [BGSW13, S. 2], [Zei10, S. 53].

Das Informationsspeicherungs-Schichtenmodell

Neben dem Funktions-Schichtenmodell, wurde in SiMA ein Informationsspeicherungs-Schichtenmodell eingeführt. Da auch Informationen in der Hardware, beim Menschen in den Neuronen, gespeichert sind, kann man sich das Informationsspeicherungs-Schichtenmodell separat zum Funktions-Schichtenmodell, wie in Abbildung 2.9 gezeigt wird, vorstellen. Beide Modelle laufen in der Schicht 3 zusammen. Sie verwenden jedoch ihre eigene Hardware für Funktionsbearbeitung und Speicherung der Informationen. Der Hardwarespeicher ist dabei in Hardware-Langzeitspeicherung und Hardware-Kurzzeitspeicherung unterteilt, geht auf die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Neurowissenschaften zurück [DBD+14, S. 99] und wird so auch von Psychoanalytikern (im Speziellen in der Neuropsychanalyse) verwendet [ST10, S. 156 ff.].

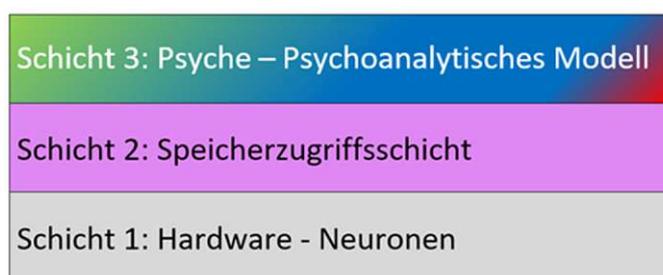


Abbildung 2.9: Informationsspeicherungs-Schichtenmodell in SiMA

Aktuell besitzt SiMA nur lesenden Zugriff auf den Hardware-Langzeitspeicher, der nach [Wen16, S. 44 ff.] auch episodische Informationen neben den semantischen Informationen beinhaltet. Eine Implementierung eines Kurzzeitspeichers wurde ebenfalls in [Wen16, S. 85 ff.] vorgenommen und für erfahrungsbasierte Schlussfolgerungen eingebaut. Lernen wurde bis jetzt nicht in das Modell eingebaut. Die Gründe dafür werden im nächsten Kapitel erörtert.

2.3.2 Lernen und Gedächtnis in SiMA

Der aktuelle Status im Projekt SiMA zu den Themen Lernen und Gedächtnis wird in den folgenden beiden Kapiteln dargelegt. Wenngleich Lernen im aktuellen SiMA-Modell nicht implementiert ist, so wurde das Thema in dem Projekt schon bearbeitet.

Lernen in SiMA

Das Thema Lernen wurde in SiMA unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet und mit unterschiedlicher Tiefe bearbeitet. In den meisten Arbeiten finden sich jedoch nur Hinweise auf eine Berücksichtigung bez. der Vorbereitung oder Hinweise, um Lernen in weiteren Erweiterungen des Modells einbauen zu können wie z. B. unter [Bra20, S. 67 ff., S. 110 f.], [Sch16b, S. 72], [Wen16, S. 133, S. 142] und [Muc13, S. 9, S. 105, S. 107, S. 128, S.153 und S. 155-156], um hier die jüngsten zu nennen. Eine tiefere Ausarbeitung für Lernen findet sich unter [Vel08]. Hier wurde das Thema aber in Bezug auf die neurosymbolische Schicht (Schicht 2) aufgegriffen. Da die Mechanismen und Funktionen unterschiedlich zur Psyche (Schicht 3) sind, kann man keine Abläufe aus der Arbeit für Lernen in der Schicht 3 verwenden.

Ein erster Vorstoß im Rahmen des Projekts SiMA Richtung Lernen in der Schicht 3 wurde von Gerhard Russ [Rus03] unternommen. Es handelt sich dabei um den bis jetzt einzigen Versuch der Ausarbeitung und Implementierung von Lernen im Rahmen des Projekts SiMA. Er soll im Folgenden genauer betrachtet werden und es soll eine Beleuchtung erfolgen, warum es bis jetzt keine weiteren Versuche gab, Lernen in SiMA zu implementieren.

Die sehr ambitionierte Zielsetzung von [Rus03] war die Entwicklung eines zuverlässigen Systems, das komplexe Situationen des modernen Lebens bewältigen kann. Damit das Ziel erreicht wird, musste Lernen eine wichtige Rolle bei der Erstellung des Systems einnehmen [Rus03, S. 53]. Um adäquate Funktionen für Lernen zu entwickeln, beleuchtete [Rus03, S. 25-29, 71-73] den aktuellen Stand der Technik in der KI. Auch verschiedene psychologische Modelle des Gedächtnisses wurden in [Rus03, S11-12, S. 42 ff.] aufgegriffen.

Das in [Rus03] entwickelte Modell für die Speicherung von neuen Informationen beinhaltet Zeitstempel für jeden veränderten Status eines Objektes. Die Informationen werden in einer Historienliste gespeichert. Durch ein voreingestelltes Intervall wurden sie aufgrund ihrer Wichtigkeit (die unwichtigsten Informationen zuerst) bereinigt. Für die Reihung der Informationen – entsprechend ihrer Wichtigkeit für das System – wurde eine Prioritätenliste eingeführt [Rus03, S. 75]. Die Prioritäten selbst lassen sich entweder vordefinieren oder zur Laufzeit berechnen, wobei in [Rus03, S. 89] die Berechnung zur Laufzeit gewählt wurde. Die Prioritäten wurden in dem System auf die Objekte bezogen.

In dem entwickelten Speichersystem wurden zunächst alle Statusänderungen von Objekten gespeichert und danach eine Reduktion der Informationen entsprechend der Prioritätenliste vorgenommen. Das System baute damit nicht auf menschlichen Prinzipien des Lernens auf. Russ führte zwei negative Effekte an, die je nachdem, wie das Intervall für die Informationsbereinigung eingestellt wurde, auftraten. Der erste Effekt trat bei kurzen Intervallzyklen auf. Dabei wurden nicht häufig veränderte Informationen immer auf einen Status – den mit der höchsten Priorität – reduziert. Dadurch konnte auf keinen Informationsverlauf zurückgegriffen werden und eine Auswertung von älteren Informationen war nicht mehr möglich. Selbst nach Änderung der Intervallzyklen, die auf der Häufigkeit von neuen Informationseinträgen basiert, konnten keine stabilen Informationen (2. negativer Effekt) aus der Vergangenheit gewonnen werden [siehe Rus03, S. 136]. Das Problem liegt in der ungleichen Verteilung der Prioritäten.

Zur Lösung des Problems schlägt [Rus03, S.136] eine dynamische Intervallzyklenzeit vor, um die Funktion der Informationsbereinigung erst nach einer vorgegebenen Mindestanzahl zu starten. Des Weiteren wird die Einführung einer Funktion zum Vergessen von Informationen vorgeschlagen, um die Informationsmengen auf ein bearbeitbares Maß zu reduzieren. Bei [Rus03, S. 158] wird aufgezeigt, dass wir in unserem Gehirn eine Fülle von nutzlosen Informationen ansammeln würden, wenn wir die Fähigkeit des Vergessens nicht hätten. Dennoch brachte die Ausarbeitung von Lernen in [Rus03] keine stabilen Informationen und somit konnte kein verwendbares Modell mit Lernfunktionalität entwickelt werden.

Obwohl die Wichtigkeit von Lernen in SiMA des Öfteren wie z. B. unter [SWJ+14, S. 9] betont wurde, gab es bis jetzt keine weiteren Umsetzungen in dem Projekt. Begründet liegt das an den Ergebnissen von [Rus03] und der Erkenntnis, dass es in der menschlichen Psyche keine Funktionalität gibt, die vergessen kann [SK09, S. 77 f.], [Die21, S. 207]. In der menschlichen Psyche kann nur gelernt werden. Auch die ganzheitliche Betrachtung ist ein wichtiger Punkt. Daher musste erst das naturwissenschaftliche Funktionsmodell der Psyche einen bestimmten Reifegrad [DBD+14, S. 80] erhalten, um Lernen unter Einbeziehung jeder einzelnen Funktion betrachten zu können.

Warum kann man Lernen nicht in eine Funktion einbauen, so wie es in der klassischen KI gemacht wird? In der klassischen KI wird Lernen ebenfalls ganzheitlich (auf das System bezogen) betrachtet, wobei das ganze System immer einen speziellen Zweck erfüllen soll. Daher wird Lernen auch nur in Bezug auf den speziellen Einsatzzweck betrachtet.

Um Lernen in SiMA korrekt integrieren zu können, darf es den Prinzipien der Psychoanalyse und der Neurowissenschaften nicht widersprechen. In SiMA verfolgt Lernen auch ein bestimmtes Vorhaben, wobei das immer funktionsabhängig ist. Daher werden bei einer Implementierung von Lernen in einer Funktion die Erinnerungen nur in eine Richtung erweitert und aktualisiert, was Fehler in anderen Funktionen (die nicht lernen können) verursachen kann. Somit ist Lernen zweckgebunden an die Funktion, muss aber auch dem kompletten Funktionsmodell von Nutzen sein. Lernen kann daher nur unter Einbeziehung des kompletten Funktionsmodells integriert werden, um seine Funktionalität zeigen zu können.

Kurz- und Langzeitgedächtnis in SiMA

Aktuell wird das Kurzzeitgedächtnis in SiMA durch einen Ringspeicher [Wen16, S. 84–88] dargestellt. Dabei werden fünf mentale Situationen des Agenten zwischengespeichert, um sie für die Entscheidungsfindung zu nutzen. Ist der Speicher voll, wird immer der älteste Datensatz der Informationen gelöscht, um Platz für die neue mentale Situation zu haben. Aktuell werden dabei das Arbeitsgedächtnis und ein Umgebungsgedächtnis in SiMA verwendet.

Das Arbeitsgedächtnis [Wen16, S. 84 ff.] beinhaltet die letzten fünf mentalen Situationen. Eine mentale Situation setzt sich aus den auswählbaren Zielen, dem aktuell ausgewählten Ziel und der aktuell ausgeführten Handlung zusammen. Dadurch hat der Agent die Möglichkeit zu erkennen, ob er ein neues Ziel auswählt oder ein bereits ausgewähltes Ziel weiterverfolgt wird. Das Arbeitsgedächtnis stellt bis jetzt nur einen Teil der Selbstrepräsentanz im Modell dar.

Das Umgebungsgedächtnis ist ein weiterer Teil der Selbstrepräsentanz [Dob15, S. 14]. Dabei wird die aktuelle Position des Systems in einer mentalen Landkarte gespeichert. Dadurch kann sich das System in der Umgebung orientieren, ohne dass alle Objekte wahrgenommen werden müssen. Ein typisches Beispiel in SiMA ist dafür die Flucht des Agenten vor einer Gefahr. Sobald die Gefahr jedoch aus dem Sichtfeld verschwindet, wurde sie sofort vom Agenten vergessen. Durch das Umgebungsgedächtnis konnte das Problem in [Wen16, S. 86 ff.] gelöst werden.

Das Langzeitgedächtnis in SiMA ist durch mehrere verknüpfte Tabellen in einer Datenbank abgebildet. Dabei werden alle Elemente mittels Assoziationen miteinander verknüpft. Erinnerungen sind in SiMA immer in bewerteter Form abgelegt. Aktuell ist die Assoziationsstärke, die Gewichtung der Verbindung von Elementen, immer 1,0. In SiMA werden alle Gewichtungen und Bewertungen auf eine Zahl zwischen 0 und 1 normiert. Durch die Normierung lassen sich aber keine Unterschiede im Langzeitgedächtnis zwischen alten und neuen Erinnerungen sowie zwischen einmaligen und oft wiederholten Erinnerungen darstellen. Das macht eine Integration neuer Werte, wie es durch Lernen erfolgen soll, nur mit einem Informationsverlust möglich.

2.3.3 Datenstrukturen in SiMA

Im folgenden Kapitel sollen im Detail die Datenstrukturen (die immer Informationen beinhalten) erklärt werden, denn sie stellen eine entscheidende Basis für das Lernen dar. Da als Ausgangsbasis die Implementierung SiMAi15 von Samer Schaat [Sch16b] dient, werden die darin enthaltenen Datenstrukturen gezeigt. Prinzipiell wurden die Datenstrukturen in SiMA in Datenstrukturen des Primärprozesses und Datenstrukturen des Sekundärprozesses unterteilt. Da beide Prozesse unterschiedlichen Prinzipien folgen, war die Aufteilung ein logischer Schritt, der nicht nur der besseren Übersicht dient, sondern auch eine einfachere und effizientere Implementierung in das Modell möglich machte.

Im Primärprozess gibt es vier Basisdatenstrukturen, auf denen alle anderen Datenstrukturen aufbauen. Dabei handelt es sich um die in [Zei10, S. 53-57] definierten Begriffe Sachvorstellung, Sachvorstellungsnetz, Triebnetz und Image [Roe07, S. 19 ff.]. Sie werden im Primärprozess gebildet und dienen als Basis für die Elemente des Sekundärprozesses. Dabei wird im Übergang der beiden Prozesse eine Verknüpfung zwischen den Datenstrukturen von Primärprozess und Sekundärprozess hergestellt.

Im Sekundärprozess gibt es Wortvorstellungen sowie Images und Akte, wobei zuletzt genannte durch [Zei10, S. 52-61] eingeführt und durch [Wen16] mit Funktionen verknüpft und durch die Simulation getestet wurden.

Ganz allgemein werden Informationen in SiMA mit Assoziationen verbunden. Dadurch können die Informationen wiederverwendet werden und ein Element, das die Farbe Rot bezeichnet, ist dann mit allen Objekten, die rot sind, assoziiert. Die Farbe selbst ist nicht auf einen bestimmten Wert fixiert, sondern wird in der Wahrnehmung bei genügend hoher Übereinstimmung erkannt. So verhält es sich mit allen Elementen und damit bestehen Objektrepräsentanzen in SiMA aus Assoziationen von Repräsentanzen von Teilen des Objektes, wie z. B. die Farbe. Damit lassen sich aus den Datenstrukturen in SiMA invariante Repräsentanzen bilden.

Das Thema Differenzierung und Kategorisierung wurde in SiMA schon aufgegriffen, wobei in [Muc13, S. 105 ff.] die Wahrnehmung von Objekten und in [Sch16b, S. 100 f.] die integrierte Triebobjektkategorisierung ausgearbeitet wurde. Beide Methoden ermöglichen eine Zuweisung zu Kategorien und

damit die Verarbeitung von invarianten Repräsentanzen. Die Differenzierung wurde im Projekt jedoch noch nicht aufgegriffen.

Datenstrukturen des Primärprozesses

Da es sich bei SiMA um die Transformation eines psychoanalytischen Modells in ein technisches Modell handelt, müssen auch die psychoanalytischen Informationen und deren Strukturen in technische Datenstrukturen sinnvoll umgewandelt werden.

Als erste Datenstruktur, die für den Primärprozess im SiMA-Modell definiert wurde, soll hier die Sachvorstellung [DFZB09, S. 59], [Zei10, S. 49] angeführt werden. Die Sachvorstellung definiert eine einzige Eigenschaft eines Objekts, die im einfachsten Fall nur ein Typ des Wertes und den Wert selbst beinhaltet [Zei10, S. 54]. Sie wird an der Schnittstelle zwischen Schicht 2 und 3 aus multimodalen Symbolen [Zei10, S. 54] im Primärprozess gebildet. Es handelt sich bei einer Sachvorstellung, entsprechend dem psychoanalytischen Modell, um eine Repräsentanz einer Sache, die durch einen Affektbetrag bewertet ist. Die Sachvorstellungen können nur elementare Dinge wie Geruch, Geräusch, Geschmack, Körperinformation, homöostatische Information, Bewegungen (Positionsänderungen von Objekten), Form und Farbe darstellen [Zei10, S. 49 f.]. Sie haben daher selbst keinerlei Verknüpfungen zu anderen Objekten, können aber zu Sachvorstellungsnetzen [Zei10, S. 54] verknüpft werden. Sachvorstellungen definieren damit die Eigenschaften von Sachvorstellungsnetzen. Die Verknüpfung von Sachvorstellungen und Sachvorstellungsnetzen ist in Abbildung 2.10 anhand eines beispielhaften Objekts dargestellt.

Das Sachvorstellungsnetz besteht aus einer Verknüpfung von Sachvorstellungen wobei auch eine Verknüpfung zu anderen Sachvorstellungsnetzen möglich ist. Sachvorstellungsnetze werden durch ihren Typ klassifiziert. Es gibt in SiMA derzeit Images, Entitäten, Körperteile und Aktionen.

Ein Sachvorstellungsnetz beinhaltet externe und interne Assoziationen [DBD+14, S. 87]. Die Unterteilung wurde getroffen, um die konstanten Eigenschaften der Objekte von variablen Eigenschaften zu trennen. Zu den konstanten Eigenschaften zählen z. B. die Farbe und die Form eines bestimmten Objektes, wohingegen die Position oder die Distanz variabel sind und somit zu den externen Eigen-

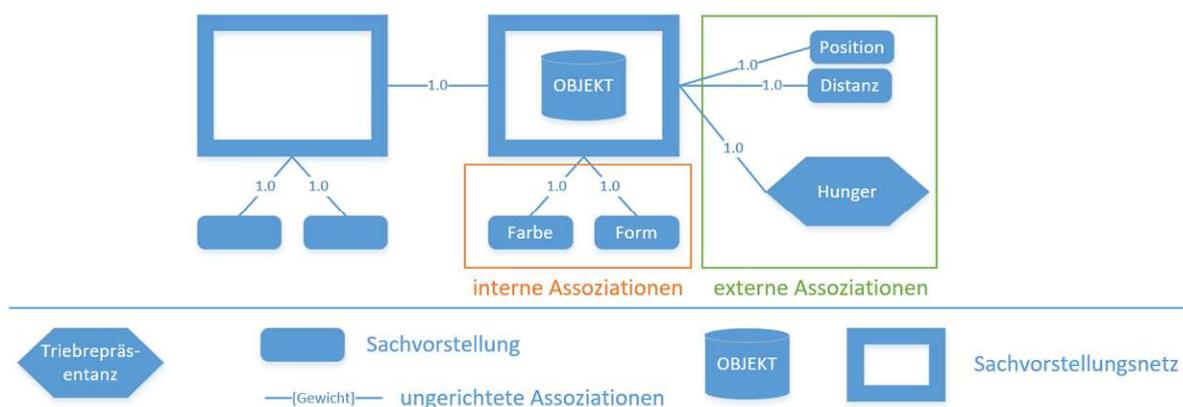


Abbildung 2.10: Sachvorstellungsnetz mit allen in SiMA definierten Verknüpfungsarten

schaften des Objektes zählen. Bei der Unterteilung geht es nur um spezifische Objekte. Für die Kategorien von Objekten sind Eigenschaften wie z. B. Farbe und Größe sehr wohl veränderbar. Kategorien sind in SiMA jedoch bis jetzt unvollständig abgebildet.

Durch die in SiMA getroffenen Definitionen für Sachvorstellung und Sachvorstellungsnetz können die Elemente nicht für sich allein stehen. Ihre Verwendung bekommt erst durch die Assoziation miteinander eine Bedeutung.

Die Triebrepräsenz ist die psychische Repräsentanz eines Triebes des SiMA Agenten. Dieses Konstrukt wird in SiMA einmal als Triebrepräsenz für die Darstellung eines aktuellen Triebes verwendet, um die momentanen körperlichen Bedürfnisse des Agenten abbilden zu können. Ein zweites Mal wird die Datenstruktur unter dem Begriff erinnerte Triebrepräsenz verwendet, um die Triebbefriedigungseigenschaften eines Objektes bewertet speichern zu können. Dadurch kann der Agent unterscheiden, welche Objekte und in welchem Ausmaß seine Bedürfnisse durch die Umwelt befriedigt werden können.

Das Image beschreibt nach [Zei10, S. 56] eine Zusammenstellung von Sachvorstellungsnetzen zu einem Image, das man sich ähnlich wie einen Schnappschuss bzw. eine Momentaufnahme zu einem spezifischen Zeitpunkt vorstellen kann. In SiMA wird das Image in Wahrnehmungs-Image, Template-Image und Memorized-Image unterschieden [DBD+14, S. 91]. Das Wahrnehmungs-Image beschreibt dabei die Zusammenfassung aller in der Wahrnehmung des Agenten befindlichen Objekte (auch die des Körpers) und somit Sachvorstellungsnetze sowie die eigene psychische Repräsentanz [Dob15]. Ein Template-Image ist die Extraktion von charakteristischen Elementen aus dem Wahrnehmungs-Image. Es dient dem Agenten zur Wiedererkennung von Momenten. Dafür müssen die Template-Images aber in den Erinnerungen gespeichert sein. Die Erinnerungen an Template-Images werden in SiMA als Memorized-Images bezeichnet.

Bewegungsabläufe sind in SiMA ebenfalls als Sachvorstellungen abgebildet und mit dem Begriff Bewegung bezeichnet. Bewegungen sind Positionsänderungen von wahrgenommenen Objekten oder Subjekten, die im Gegensatz zu den später im Sekundärprozess definierten Abläufen (über einen längeren Zeitverlauf) stehen und nicht verwechselt werden dürfen. Eine Bewegung ist eine Bewegungserkennung in einem sehr kurzen Zeitbereich. Dabei wird nur festgelegt, ob eine Positionsänderung besteht, in welche Richtung sie verläuft und mit welcher relativen Geschwindigkeit (langsam oder schnell) sie durchgeführt wird.

Die Assoziationen in SiMA werden durch die Verknüpfung von genau 2 Informationselemente des Primärprozesses und einem Wert, der die Stärke der Verbindung zwischen den Elementen ausdrückt, beschrieben. Es handelt sich dabei um gewichtete Verbindungen zwischen den Informationselementen. Entsprechend den Prinzipien des Primärprozesses sind Assoziationen nicht gerichtet. Daher müssen sie auch von Assoziationen des Sekundärprozesses separiert werden. Im Gegensatz dazu stehen die zuvor angesprochenen Abläufe, die ganze Handlungsabläufe, durch die chronologisch ge-

ordnete Verbindung von Images im Sekundärprozess, darstellen. Zu den hier beschriebenen Datenstrukturen wurden noch die Emotionen in [Sch16b, S. 104 ff.] hinzugefügt. Auf sie wird im Kapitel 2.3.4 im Detail eingegangen.

Datenstrukturen im Sekundärprozess

In [Zei10] und [DBD+14] wurde die Wortvorstellung als technischer Begriff für eine Datenstruktur im Sekundärprozess eingeführt. Dabei handelt es sich wie im Primärprozess um eine atomare Einheit, die kleinstmögliche Eigenschaften abbildet. Die Datenstrukturen des Sekundärprozesses sind Erweiterungen der Datenstrukturen des Primärprozesses und bauen auf ihnen auf. Wortvorstellungen sind die Basis für Worte. Die Struktur von Wortvorstellung und Sachvorstellung unterscheidet sich nicht. Somit besteht die Wortvorstellung aus einem Wert und dem dazugehörigen Typ.

Wortvorstellungsnetze sind, ähnlich wie Sachvorstellungsnetze, Verknüpfungen von Wortvorstellungen. Sie wurden in [Wen16, S. 51 ff.] eingeführt, um Erfahrungen in den Erinnerungen abbilden zu können. Erfahrungen benötigen hierarchische und zeitliche Assoziationen, was durch Wortvorstellungsnetze abgebildet werden kann. Wortvorstellungen und Wortvorstellungsnetze sind die Basis für Sprache und folgen somit den Regeln der Sprache [JDF+15]. Durch die gerichteten Assoziationen entsteht Ordnung und dadurch kann man dann in Sätzen auf die Satzbausteine Subjekt, Prädikat und Objekt schließen.

Akte, Handlungsabläufe und Intentionen

Akte wurden in [Wen16, S. 54 ff.] überarbeitet und neu definiert, um erfahrungsbasierte Entscheidungen im SiMA-Modell zu ermöglichen. Bei Akten handelt es sich um eine Verbindung von zwei oder mehreren Images. Die Verbindungen sind gerichtet. Dadurch können Ursache-Wirkungs-Paare gebildet werden, die in SiMA einen Handlungsablauf darstellen. Der Begriff Intention wurde ebenfalls in [Wen16, S. 72] eingeführt. Dabei handelt es sich um eine Zusammenfassung der wichtigsten Punkte eines Aktes, um sie schneller erkennen zu können. Die Intention wird immer mit dem Namen des Aktes bezeichnet, wohingegen die Images des Aktes mit Unterstrich einem großen „I“ und aufsteigenden Nummern diesen Namen erweitern (z. B. A12_EAT_MEAT_L01 für die Intention und A12_EAT_MEAT_L01_I01 für das erste Image des Aktes).

Gefühle

Gefühle sind ausschließlich im Sekundärprozess vorhanden. Sie werden im Modell aus Emotionen gebildet. Gefühle sind mit Wortvorstellungen bzw. Wortvorstellungsnetzen verknüpft. Eine detaillierte Beschreibung der Gefühle erfolgt im folgenden Kapitel.

2.3.4 Bewertungsgrößen in SiMA

Um die Ziele des Primärprozesses bzw. des Sekundärprozesses zu reihen, werden im SiMA-Modell Bewertungsgrößen (Abbildung 2.11) eingesetzt. Der Überbegriff der Bewertungsgrößen wird als psychische Intensität bezeichnet. Im Körper erzeugen die Organe Spannungen. Sie werden über das

Nervensystem (Schicht 1) in Informationen transformiert [Die21, S. 156 f.]. Über die Schicht 2 werden die Informationen in Symbole umgewandelt und finden als psychische Intensität in verschiedenen Formen in der Psyche Verwendung.

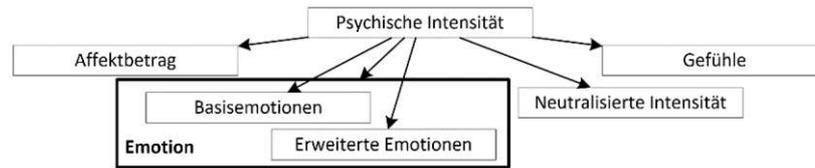


Abbildung 2.11: Bewertungsgrößen in SiMA nach [BDD+15, S. 70]

Die Sexualspannung und die homöostatische Spannung erzeugen die psychische Intensität im SiMA-Modell [DBD+14, S. 68]. Sie wird in den Funktionen der Psyche weiterverarbeitet und es bilden sich Affektbeträge sowie in weiterer Folge Triebrepräsenzen. Aus den Affektbeträgen wird die Emotion erstellt und aus der Emotion werden Basisemotionen und erweiterte Emotionen erzeugt. Zum Schluss entstehen aus Emotionen Gefühle [Sch16b, S. 108].

Alle Bewertungsgrößen werden von unterschiedlichen Funktionen verwendet und dienen letztendlich der Priorisierung von Handlungen. Der Zweck der Priorisierung dient der Einschätzung und Reaktion auf die Außenwelt (eigener Körper und Umwelt) und die Bedürfnisse der Psyche. Dabei sollen nicht nur die Bedürfnisse in der Umwelt befriedigt, sondern auch die Wünsche an die Gegebenheiten der Umwelt (z. B.: ‚Ist das Gewünschte aktuell umsetzbar?‘) angepasst werden.

Affektive Bewertungsprozesse verwenden Affektbeträge oder andere abgeleitete Bewertungsgrößen [DBD+14, S. 69], um die Relevanz von Informationen (dazu gehören psychische Repräsenzen von Objekten, sowie Handlungsabläufe und Handlungspläne) zu bestimmen. Die Bewertungsprozesse verwenden dazu Erinnerungen, die Bewertungen enthalten.

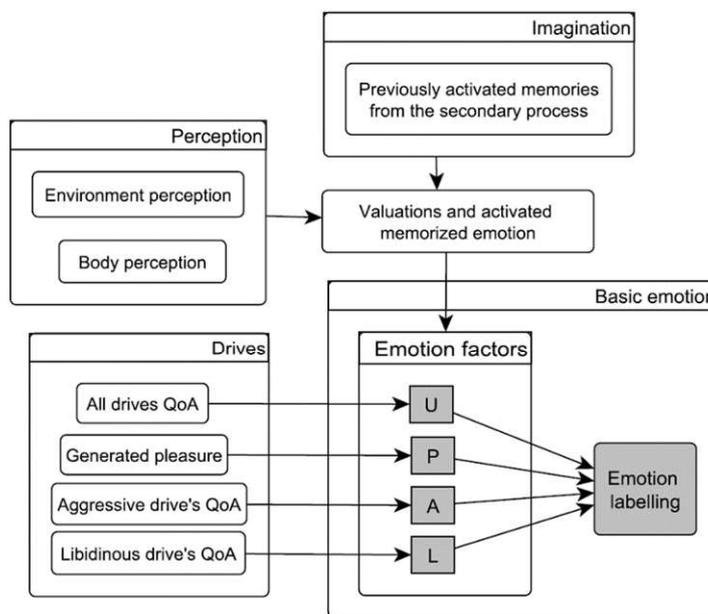
Die Bewertungsprozesse folgen, abhängig von der Funktion, dem Lustprinzip oder dem Realitätsprinzip. Die Bewertungen werden dabei schrittweise durchgeführt und durch verschiedene Bewertungsgrößen auf mehreren Ebenen durchgeführt. Die Bewertungsgrößen im SiMA-Modell sind Affektbetrag, Emotion, Basisemotion, erweiterte Emotion, neutralisierte Intensität und Gefühl. Sie sollen im Folgenden kurz erklärt werden.

Affektbeträge bewerten Informationen entsprechend dem Lustprinzip (Maximierung von Lust). Triebobjekte und Triebziele werden aufgrund von Erinnerungen an ihren erbrachten Lustgewinn bewertet [DBD+14, S. 69]. Hier geht es rein um die Lustmaximierung; Realitätsaspekte werden hierbei nicht berücksichtigt.

Die neutralisierte Intensität nimmt einen besonderen Stellenwert ein. Dabei werden, unter Berücksichtigung des Realitätsprinzips, Affektbeträge reduziert. Der reduzierte Affektbetrag steht Funktionen als neutralisierte Intensität zur Verfügung. Die neutralisierte Intensität kann dann für die Steigerung einzelner Bewertungsgrößen in den Funktionen verwendet werden und ist auch für die Auswahl der Funktionalität (je mehr neutralisierte Intensität zur Verfügung steht, desto mehr Funktionalität kann ausgeführt werden) verantwortlich [BDD+15, S. 71].

Die Emotion repräsentiert den Gesamtzustand des Subjekts [SDW+13, S. 6648 ff.]. Bei der Bewertung mittels Emotionen wird nicht nur der Lustgewinn, sondern auch die Unlustvermeidung miteinbezogen. Dadurch nimmt die Bewertungsgröße Emotion einen wichtigen Stellenwert ein, da alle relevanten Einflüsse (positive als auch negative) auf das Subjekt berücksichtigt werden [Sch16b, S. 104-118]. Die Emotion ist in SiMA ein Vektor, der sich aus den 4 Dimensionen der gesamten aktuellen Unlust, der gesamten aktuellen Lust, der Summe aller aggressiven Affektbeträge und der Summe aller libidinösen Affektbeträge zusammensetzt. Wie in Abbildung 2.12 dargestellt, wird die Emotion noch durch die Wahrnehmung von Umwelt und Körper sowie durch alle aktiven Erinnerungen und deren Assoziationen zueinander beeinflusst. Daraus entsteht dann der Emotionsvektor. Aus der Emotion werden Basisemotionen und erweiterte Emotionen erzeugt. Erweiterte Emotionen entstehen durch die Anwendung von Abwehrmechanismen.

Beim Übergang in den Sekundärprozess werden Emotionen in Gefühle transformiert. Die Intensität der Emotionen entscheidet darüber, welche Emotionen transformiert werden. Gefühle sind bewusstseinsfähig und können vom Subjekt wahrgenommen werden. Dadurch können frühere Entscheidungen mittels der Gefühle verglichen werden, um positive Entscheidungen aus der Vergangenheit wiederholen zu können. Da es sich bei Gefühlen um Elemente des Sekundärprozesses handelt, sind sie im Gegensatz zu Emotionen nicht nur mit Sachvorstellungen, sondern auch mit Wortvorstellungen verknüpft [Sch16b, S. 108]. Gefühle können sich schnell ändern, aber in einem Moment ist immer nur ein Gefühl präsent. Es berechnet sich aus dem Emotionsvektor und ist ein Skalar wie der Affektbetrag [Die21, S. 205].



QoA ... Quota of Affect, U ... Unpleasure, P ... Pleasure,
 A ... Sum of aggressive drives' QoA, L ... Sum of libidinous drives' QoA

Abbildung 2.12: Einflussfaktoren auf die Zusammenstellung der Emotion in SiMA [Sch16b, S. 106]

Ein wichtiger Punkt bei den Bewertungsgrößen ist, dass die Gesamtbewertung immer gleich bleibt. Daher können Bewertungen nur an andere Stellen verschoben werden [DBD+14, S. 50].

2.3.5 Kognitiver Zyklus

Aus Sicht der Informationstheorie [DBD+14, S. 100] handelt es sich beim neuronalen Organ um ein asynchrones paralleles Informationssystem. In SiMA wurde das durch einen kognitiven Zyklus abgebildet, der zwar sequenziell abläuft, jedoch um den Faktor 10 schneller abläuft als die kleinste Zeiteinheit im System. Dadurch gibt es keine Einflüsse durch den sequenziellen Ablauf auf das Verhalten des Systems.

Im Folgenden sollen die verschiedenen Schienen des Modells, in der Reihenfolge ihrer Verarbeitung vom Eingang in das System bis zum Ausgang aus dem System, entsprechend [DBD+14] beschrieben werden. Dabei dient Abbildung 2.7 als Überblicksbild, das die Zusammenhänge der einzelnen Schienen darstellen soll.

Sexualtriebschiene, Selbsterhaltungstriebchiene und Triebchiene

Die Sexualspannung und die homöostatische Spannung werden in der Sexualtriebschiene und der Selbsterhaltungstriebchiene (Schicht 1 und 2) zu Symbolen verarbeitet. Die Triebchiene erzeugt aus den Symbolen Triebrepräsenzen und ist in der Es-Funktion angesiedelt. Bei Trieben handelt es sich um körperliche Bedürfnisse. Daher kann das SiMA-Modell nicht ohne Körper existieren, was einen zentralen Punkt des Projekts darstellt. Die Bedürfnisse werden von Organen oder homöostatisch durch eine Abweichung vom Sollzustand erzeugt.

Triebrepräsenzen sind entsprechend dem psychoanalytischen Modell zusammengesetzt aus Triebziel, Triebobjekt und Triebquelle. Bei der Triebquelle handelt es sich entweder um eine Repräsentanz eines Organs, das eine entsprechende Spannung produziert oder um eine Repräsentanz von innersomatischen Abläufen. Die Triebspannung wird als Affektbetrag in der Schicht 3 repräsentiert. Aus der Summe aller Affektbeträge entsteht Unlust. Sie steht nicht im direkten Verhältnis zur Lust. Sie wird bei Emotionen zu deren Bewertung herangezogen.

Die Triebrepräsenzen werden unterteilt in Sexualtriebpräsenzen und Selbsterhaltungstriebrepräsenzen. In SiMA gibt es entsprechend [DBD+14, S. 111] folgende Triebrepräsenzen:

- Sexualtriebpräsenz
 - Sexualtriebpräsenz (oral Affektbetrag)
 - Sexualtriebpräsenz (anal, Affektbetrag)
 - Sexualtriebpräsenz (genital, Affektbetrag)
 - Sexualtriebpräsenz (phallisch, Affektbetrag)
- Selbsterhaltungstriebrepräsenz
 - Selbsterhaltungstriebrepräsenz (Magen, Affektbetrag)
 - Selbsterhaltungstriebrepräsenz (Ausdauer, Affektbetrag)
 - Selbsterhaltungstriebrepräsenz (Rektum, Affektbetrag)
 - Selbsterhaltungstriebrepräsenz (Flüssigkeitshaushalt, Affektbetrag)

Eine weitere Aufgabe der Triebsschiene ist die Erkennung von Triebbefriedigungen und damit die Erzeugung von Lust. Das kann über eine Reduktion des Affektbetrags erkannt werden.

Die Triebrepräsenzen werden in SiMA auf zwei unterschiedliche Arten verwendet. Die erste Verwendung ist die als Triebrepräsenz eines aktuellen Triebes. Die zweite Verwendung ist die Triebrepräsenz einer bereits vergangenen Triebbefriedigung, die in den Erinnerungen abgelegt ist. Dabei wird der Affektbetrag als Anzeige für die mögliche Triebbefriedigung verwendet. Ist der Affektbetrag größer oder gleich mit dem aktuell wahrgenommenen Affektbetrag einer identischen Triebrepräsenz, so kann eine vollständige Triebbefriedigung, und damit maximaler Lustgewinn, erwartet werden.

Triebrepräsenzen können entweder libidinös oder aggressiv sein. Dadurch werden Triebrepräsenzen im SiMA-Modell in libidinöse und aggressive Komponenten aufgespalten. Aufgrund der Aufteilung gibt es auch, je nachdem um welche Triebkomponente es sich handelt, unterschiedliche Triebziele und Triebobjekte für denselben Trieb.

Eine weitere Funktion in der Triebsschiene ist die Generierung von neutralisierter Intensität. Dabei wird ein bestimmter Anteil des Affektbetrages von allen Triebrepräsenzen in neutralisierte Intensität umgewandelt. Die neutralisierte Intensität wird von bestimmten Funktionen verwendet. Je mehr neutralisierte Intensität zur Verfügung steht, desto mehr Funktionalitäten können sie ausführen.

Die halluzinatorische Wunscherfüllung aktiviert Erinnerungen aufgrund der aktuellen Triebelage. Hierbei werden jedoch nur die Erinnerungen berücksichtigt und keine Informationen aus der Umwelt. Ob das Triebobjekt in der Umwelt vorhanden bzw. erreichbar ist, wird ebenfalls nicht berücksichtigt. Das erfolgt erst später in der Realitätsprüfung im Sekundärprozess. Durch eine Schnittstelle zur Wahrnehmungsschiene werden die Objektrepräsentanzen aktiviert und erzeugen je nach Triebstärke auch Halluzinationen der erwünschten Objekte. Der Effekt ist jedem bekannt, wenn man z. B. großen Hunger hat, sieht man überall Essen. Obwohl sich die Umwelt nicht verändert hat, nehmen wir sie aber, aufgrund unseres veränderten psychischen Zustandes, anders wahr.

Durch das Konzept der Triebrepräsenzen kann das System seinen eigenen internen Status regeln. Es dient in SiMA auch als Quelle für die Motivation und die Autonomie des Systems. Das Konzept der Triebrepräsenzen dient gleichzeitig auch der Auswertung, wie die Motivation realisiert werden kann. Die Triebrepräsenz ist damit ein Konstrukt, das den Einfluss des Körpers auf die Psyche möglich macht und entsprechende Handlungen durchsetzen will.

Umgebungswahrnehmungsschiene, Körperwahrnehmungsschiene und Wahrnehmungsschiene

In der Umgebungswahrnehmungsschiene und Körperwahrnehmungsschiene werden physikalische Signale aus Sensoren für Körper und Umwelt (in Schicht 1) zunächst in Informationen und dann (in Schicht 2) in Symbole umgewandelt. Die Wahrnehmungsschiene verläuft entsprechend Abbildung

2.7 parallel zur Triebsschiene. In ihr werden aus Symbolen der Schicht 2 Sachvorstellungen bzw. Sachvorstellungsnetze erzeugt. Die Sachvorstellungsnetze werden schlussendlich in Images, die eine Art Momentaufnahme darstellen, zusammengefasst.

Die Wahrnehmung dient im Primärprozess der Erfüllung von Triebbedürfnissen. Daher werden passende Objektrepräsentanzen (Erinnerungen an Objekte), die aktuelle Triebrepräsenzen befriedigen können, entsprechend der Informationen aus der Umgebung aktiviert. Es werden aber nicht nur Erinnerungen an ähnliche Objekte aktiviert, sondern auch Erinnerungen die zur Bedürfnisbefriedigung der aktuellen Triebelage passen. Der Einfluss von Triebrepräsenzen auf die Wahrnehmung wurde bereits in der Triebsschiene erläutert. Somit basiert die Objekterkennung nicht nur auf der mit Erinnerungen verknüpften Wahrnehmung des Agenten, sondern auch auf dessen aktuellen Erwartungen.

Die Wahrnehmungen von Körper und Umwelt werden bei entsprechender Ähnlichkeit mit Triebrepräsenzen assoziiert und somit über Affektbeträge bewertet, vorsortiert und entsprechend ihrer Bedeutung bewertet. Die Bewertung basiert auf den Erinnerungen, die durch Wahrnehmungen in der Vergangenheit entstanden sind. Die Bewertungen werden aber aktuell in SiMA nicht selbst erlernt, sondern vordefiniert und im Modell statisch eingetragen.

Wird durch die Wahrnehmung ein durchgeführtes Triebziel erkannt, so wird Lust erzeugt und das System wird für seine Handlung belohnt. Beispiele dafür sind Handlungsabläufe, die erst in den nächsten folgenden Schritten zu einer direkten am Körper messbaren Triebbefriedigung führen. Dadurch kann das System schon belohnt werden, wenn es sich auf dem richtigen Weg dorthin befindet und eine folgende Triebbefriedigung sehr wahrscheinlich ist oder ein psychischer Befriedigungszustand dadurch erreicht wird (wie z. B. das Teilen eines Stücks Fleisch) [Die21, S. 184].

Eine weitere Bewertung, die in der Wahrnehmungsschiene vorgenommen wird, ist die emotionale Bewertung. Emotionen wurden bereits in Kapitel 2.3.4 beschrieben. Sie werden hier genauso wie Triebrepräsenzen zur Messung der Bedeutung von Objekten herangezogen. Emotionen bewerten aber im Gegensatz zu Triebrepräsenzen nicht nur einzelne Objekte, sondern auch das komplette Wahrnehmungs-Image. Damit werden Emotionen zur Situationserkennung und zur Abbildung bzw. zum Vergleich des kompletten Status des Systems und dessen zukünftiger Änderung verwendet.

Neben der Bewertung durch Emotionen wird in der Wahrnehmungsschiene auch der aktuelle (physische wie auch psychische) Status der Selbstrepräsentanz [Dob15] des gesamten Systems durch die Emotionen abgebildet. Die Wahrnehmung sowie die Erinnerungen beeinflussen den Status ständig und halten ihn damit aktuell. In der Wahrnehmungsschiene werden nur Basisemotionen zusammengestellt. In SiMA sind folgende Basisemotionen darstellbar: Freude, Wut, Angst, Trauer, Sättigung und Hochgefühl. Die Darstellung des aktuellen Status durch Emotionen wird in Kapitel 2.3.4 im Detail besprochen.

Die Wahrnehmungsschiene hat eine Anbindung an das Kurzzeitgedächtnis. Dabei handelt es sich um einen Teil des Kurzzeitgedächtnisses, den Lokalisationsspeicher [Bra20, S. 44]. Er wird verwendet, um Objekte, die aus dem Sichtfeld des Agenten verschwinden, noch eine gewisse Zeitspanne für die

Wahrnehmung zu berücksichtigen. Ohne den Speicher würde der Agent Objekte, die gerade eben aus dem Wahrnehmungsbereich verschwunden sind, sofort vergessen. Das führt zu Fehlleistungen, wenn z. B. eine Gefahr erkannt wird und die richtige Handlung zur Abwehr aktiviert wird, kann die Handlung abgebrochen werden, sobald die Gefahr nicht mehr wahrgenommen wird und der Agent begibt sich wieder in den Gefahrenbereich [Wen16, S. 86].

Daraus ergibt sich, dass in der Wahrnehmungsschiene die Erwartungen des Systems durch die Aktivierung unterschiedlicher Quellen, wie Symbole, Triebrepräsenzen oder Emotionen, abgebildet werden. Die Wahrnehmungsschiene erzeugt bewertete Images und Handlungsabläufe, die an die Abwehr weitergereicht werden.

Abwehrschiene

Die Abwehrschiene verarbeitet die Informationen der Wahrnehmungsschiene und Triebsschiene weiter. Dabei werden Gebote, Verbote und Belohnungen berücksichtigt. Sie beruhen auf den sozialen Regeln der Gesellschaft, in der das Individuum lebt. Da es sich hier noch immer um Funktionen des Primärprozesses handelt, wird von der Abwehr nur der aktuelle Moment betrachtet. Dabei sollen konfliktbehaftete Informationen durch entsprechende Abwehrmechanismen aufgelöst werden. Die Aufgabe besteht dabei nicht nur in der Reduktion der Informationen durch die Filterung von aktuell nicht benötigtem Informationsmaterial, sondern auch in der Transformation und Korrektur der Informationen, um bessere Eingangsinformationen für den Sekundärprozess zu schaffen.

Die dabei verinnerlichten Regeln werden aktuell im SiMA-Modell nicht selbstständig erlernt, sondern dem System vorgegeben. Entsprechend [Gel17] sind die Regeln in textueller Form gespeichert und wandeln Informationen um oder blockieren deren Weitergabe an den Sekundärprozess.

Es gibt proaktive und reaktive Über-Ich Regeln. Die proaktiven Regeln werden von selbst tätig und ohne Aktivierung durch Konflikte in der Wahrnehmung bzw. Triebelage generiert; die reaktiven durch die Wahrnehmung und Triebelage. Die konfliktbehafteten Informationen werden markiert und mit der Stärke des Konfliktes verknüpft.

In den weiteren Funktionen wird durch die Abwehrmechanismen versucht, die Konflikte aufzulösen. Dazu benötigt die Abwehr neutralisierte Intensität. Je mehr neutralisierte Intensität zur Verfügung steht, desto mehr Abwehrmechanismen können eingesetzt werden. Dabei werden Triebwünsche und Wahrnehmungen entsprechend der Konfliktspannung verändert. Die Informationen können entweder die Abwehr ungehindert und unverändert passieren, werden teilweise oder ganz verändert, oder werden teilweise oder ganz unterdrückt (z. B. Verdrängung) [Die21, S. 188]. Sie werden an der Weiterleitung durch Abwehrmechanismen wie Verdrängung, Verleugnung, Sublimierung, Rationalisierung, Spaltung und Projektion [BDD+15, S. 85] gehindert, bis die Konflikte komplett aufgelöst wurden. Dabei sind die verschiedenen Abwehrmechanismen entsprechend gereiht und werden abhängig von der Konfliktspannung ausgewählt.

Die Ausgabeprodukte der Abwehrmechanismen sind, abhängig von der Konfliktspannung, durch Affektbeträge und Emotionen neu bewertete Sachvorstellungen, die mit Handlungsvorgängen assoziiert sind. Das bedeutet auch, dass die Abwehr nicht die Sachvorstellungen selbst verändert, sondern nur deren Besetzung durch entsprechende Bewertungsgrößen. Als Beispiel sei hier die Verdrängung angeführt, die Besetzungen von Sachvorstellungen abzieht und zur Besetzung anderer Sachvorstellungen verwendet [DBD+14, S. 129].

Zusammenfassend kann man den Ablauf der Abwehrschiene nach [Sch16b, S. 63] wie folgt beschreiben: Aufgrund der sozialen Regeln werden Konflikte erkannt. Danach erfolgt die Berechnung der daraus resultierenden Konfliktspannung. Aufgrund der Konfliktspannung werden die Abwehrmechanismen ausgesucht. Im letzten Schritt werden die Abwehrmechanismen, entsprechend der verfügbaren neutralisierten Intensität, aktiviert und somit erfolgt eine Neubewertung durch Affektbeträge und Emotionen.

Primär-Sekundär-Umwandlungsschiene

Die erste Funktion in der Primär-Sekundär-Umwandlungsschiene wandelt die von der Abwehr kommenden Bewertungen durch Basisemotionen in Bewertungen durch erweiterte Emotionen um. Dabei werden die von den Abwehrmechanismen vorgenommenen Änderungen berücksichtigt. Einige Beispiele für erweiterte Emotionen sind Scham, Mitleid, Neid und Schuld [Die21, S. 168].

In weiterer Folge werden die Informationen des Primärprozesses – Sachvorstellungen – mit den Informationen des Sekundärprozesses – Wortvorstellungen – verknüpft. Die Sachvorstellungen sind im Sekundärprozess nicht direkt zugänglich. Lediglich durch die Verknüpfungen mit Wortvorstellungen werden sie im Sekundärprozess verarbeitet. Da beide Prozesse unterschiedlichen Prinzipien folgen, sind die Informationen in den Prozessen auch unterschiedlich verknüpft. Im Gegensatz zum Primärprozess sind im Sekundärprozess kausale und zeitliche Zusammenhänge möglich und werden daher auch berücksichtigt. Unbewusste Emotionen werden hier beispielsweise mit Gefühlen verknüpft, die dann im Sekundärprozess bewusst werden können und das System somit auch Informationen über die zugrundeliegende Emotionen bekommt und darauf reagieren kann. Neben den Emotionen finden noch alle Wahrnehmungen sowie Wünsche, Ziele und Bedürfnisse über die Umwandlungsschiene in den Sekundärprozess Eingang.

Wunsch und Bedürfnisauswahlschiene

Nachdem sich Informationen des Primärprozesses mit Informationen des Sekundärprozesses verknüpft haben, kann der Sekundärprozess mit der Bearbeitung der Wortvorstellungen in der Wunsch- und Bedürfnisauswahlschiene beginnen. Dabei werden die Wünsche und Bedürfnisse durch unterschiedliche Funktionen bewertet und gereiht. Zur Erfüllung der Aufgaben wird im Projekt SiMA eine Anbindung an das Kurzzeitgedächtnis verwendet.

Zuerst werden Ziele aus Erinnerungen an Wahrnehmungen, Handlungsabläufe und Triebzielen entnommen. Hier werden auch Ziele erstellt, die in der aktuellen Wahrnehmung nicht vorkommen, da-

mit das System danach suchen kann. Somit können Entscheidungen getroffen werden, die nicht sofort ein angestrebtes Ziel erreichen, sondern erst durch eine Abfolge von Aktionen zum gewünschten Ziel führen.

Für die Reihung der Ziele werden im ersten Verarbeitungsschritt soziale Regeln zur Bewertung der Bedürfnisse herangezogen. Die nächste Selektion von Zielen erfolgt über die in Kauf genommene Unlust. Alle Ziele, die mehr erwartete Unlust produzieren würden, werden für die weitere Auswahl nicht mehr berücksichtigt. In der letzten Stufe werden die verbliebenen Ziele entsprechend ihrer zu erwartenden produzierten Lust gereiht.

Eine weitere Funktion der Wunsch und Bedürfnisauswahlschiene ist die Aufmerksamkeitssteuerung. Sie ist laut [Wen16, S. 39] in SiMA noch nicht vollständig implementiert. Ziel ist es jedoch, die limitierten Ressourcen des Verarbeitungssystems zu bündeln und nur einer spezifischen Aufgabe zukommen zu lassen. Dazu werden alle Erinnerungen, die für die aktuelle Situation relevant sind, zusätzlich mit neutralisierter Intensität bewertet. Dadurch erhalten die Erinnerungen eine höhere Bewertung und werden somit gegenüber anderen Erinnerungen als wichtiger markiert. Es erfolgt eine Fokussierung auf die Erinnerungen. Da die Erinnerungen unter anderem über die Wahrnehmungen aktiviert werden, erfolgt somit auch eine Fokussierung auf eine spezifische Wahrnehmung. Um die Fokussierung auf ein spezielles Ziel zu erreichen, wurde in SiMA das Planziel eingeführt. Dabei handelt es sich um das aktuell ausgewählte Ziel. Das Planziel wird im Kurzzeitgedächtnis gespeichert, um nach der Auswahl im nächsten kognitiven Zyklus wieder Berücksichtigung zu finden.

Die Lokalisierung wurde in [Bra20] im SiMA-Modell implementiert. Schwerpunktmäßig befinden sich in dem Modul die Selbstlokalisierung und Kartengenerierung sowie die Navigation zu anderen Regionen, die außerhalb der aktuellen Wahrnehmung liegen [BDF18, S. 26 ff.]. Die Funktionen verwenden dabei Landmarks, die zunächst identifiziert werden müssen. Durch identifizierte Landmarks kann dann eine räumliche Rundum-Karte (Virtual Vision) [Bra20, S. 44] erzeugt werden, mithilfe derer sich die aktuelle Position im Raum bestimmen lässt. Aber nicht nur für die Selbstlokalisierung werden die Landmarks eingesetzt, sondern auch für die Erstellung größerer Karten, die dann zur Navigation eingesetzt werden können. Dabei werden die Landmarks mit den Informationen aus den Erinnerungen verglichen und so lassen sich die Position in der kognitiven Landkarte bestimmen und ein Verbindungsweg erstellen, der zur Navigation verwendet werden kann [BSW+17, S. 91 ff.].

Die nächste Funktion, die in der Wunsch- und Bedürfnisauswahlschiene implementiert ist, ist die Realitätsprüfung. Dabei werden Wünsche und Ziele mit der Umwelt abgeglichen und auf deren Umsetzbarkeit in der aktuellen Situation hin geprüft. Wenn z. B. bestimmte Objekte nicht erreichbar sind, werden sie aus den wählbaren Zielen entfernt.

Damit werden an die nächste Schiene alle aus den Informationen des Primärprozesses extrahierten möglichen Ziele, unter Berücksichtigung von sozialen Regeln, Umwelt, Position, erwarteter Unlust, erwarteter Lust und das Umgebungsbild, weitergeleitet.

Handlungsselektionsschiene

Aus den Informationen der vorherigen Schiene werden in der Handlungsselektionsschiene Handlungen ausgewählt, die aufgrund der unterschiedlichen Bewertungen den größtmöglichen Lustgewinn und die kleinste Unlust für einen bestimmten Zeithorizont versprechen.

Dazu wird zunächst ein Ziel, ein zu befriedigendes Bedürfnis, ausgewählt. Das erfolgt über die Bewertungen durch Affektbeträge und Gefühle. Weitere Faktoren (die in der vorherigen Schiene ermittelt wurden), die berücksichtigt werden, sind der durch die Realitätsprüfung ermittelte Aufwand für die Handlungsdurchführung und die sozialen Regeln. Alle Faktoren werden im Gesamtergebnis der Bewertung der Ziele berücksichtigt. Zur Ermittlung der Bewertungen werden die Erfahrungen, und damit die Erinnerungen an ähnliche Situationen, verwendet. Die Erinnerungen sind durch Emotionen bewertet und fließen in die Gesamtbewertung ein. Das am höchsten nach dem Realitätsprinzip bewertete Ziel wird ausgewählt und an die nachfolgenden Funktionen weitergeleitet.

Nachdem das Ziel ausgewählt ist, werden mögliche Handlungen erzeugt, ohne sie auszuführen. Entsprechend [ST10, S. 293] ist Denken Handeln, ohne das Handeln umzusetzen (imaginäres Handeln). Die Probehandlungen verwenden Erfahrungen des Agenten und führen zu unterschiedlichen Erwartungen von Lust und Unlust, was als Bewertungsgrundlage in weiteren Funktionen dient.

Bevor die Ergebnisse der Probehandlungen ausgewertet werden, werden sie noch einer Realitätsprüfung unterzogen. Dabei wird das Wissen über die Umwelt aus den Erinnerungen geladen und, entsprechend logischer Kriterien auf zusätzliche Anforderungen geprüft bzw. auf Durchführbarkeit der Handlungen, geprüft.

Die so selektierten Handlungen werden nach den Kriterien bewertet, die zu maximaler Lust und gleichzeitig minimaler Unlust führen. Das am besten bewertete Ziel wird ausgewählt und als Planziel eingetragen. Alle anderen Ziele sowie das Planziel werden im Kurzzeitgedächtnis gespeichert und dienen als Informationsquelle für die weitere Handlungsplanung im nächsten kognitiven Zyklus. Das Planziel wird herangezogen, um die nächste auszuführende Aktion zu bestimmen.

Imaginationsschiene

In SiMA wurde durch die Imaginationsschiene (Abbildung 2.7) eine Rückführung für im Sekundärprozess erzeugte Informationen an den Primärprozess geschaffen. Da die Informationen durch vordefinierte Schnittstellen von einer Funktion zur nächsten übergeben werden und so ein Kreislauf im Modell erzeugt wurde, können Informationen aus dem Sekundärprozess nicht ohne weiteres im Primärprozess verwendet werden. In Primärprozess und Sekundärprozess finden sich auch unterschiedliche Informationstypen. Um Informationen aus dem Sekundärprozess in den Primärprozess zu übertragen, wurde die Imaginationsschiene eingeführt. Dabei wurde nicht nur eine Schnittstelle aus dem Sekundärprozess in den Primärprozess geschaffen, sondern auch eine Funktion eingeführt, die eine erforderliche Rückwandlung der Sekundärprozessinformationen in Primärprozessinformationen erfüllen. Detaillierter formuliert werden hier als erstes aus den phantasierten Wortvorstellungsnetzen

die Sachvorstellungen extrahiert und dem Primärprozess so zur Verfügung gestellt. Des Weiteren werden aus den nur im Sekundärprozess vorhandenen Gefühlen die Basisemotionen extrahiert.

Handlungsausführungsschiene

Die Funktion der Handlungsausführungsschiene ist für die Verarbeitung der Handlungsanweisung in körperliche Aktionen zuständig. Dabei werden die vom Körper zur Verfügung gestellten Mittel durch Erinnerungen aktiviert, woraus dann die Auswahl der entsprechenden Aktion stattfindet. Als letzte Schiene in der Schicht 3 (Psyche) werden hier konkrete Aktionen an die Schicht 2 (Neurosymbolisierung) übergeben.

Aktorschiene

Die letzte Schiene des Modells beinhaltet die Umsetzung der Aktionen durch eine Transformation in immer kleinere Neurosymbole und von dort weiter durch Transformation in Aktorgrößen, die den Körper des Agenten dann bewegen.

Durch die Aktionen des Körpers in der Umwelt verändern sich die Informationen der Wahrnehmung, wodurch der Zyklus geschlossen ist und wieder von Neuem beginnt, bis das aktuelle Bedürfnis befriedigt wurde. Wenn alle Bedürfnisse befriedigt bzw. im Sollzustand sind, würde das den Stillstand des Systems bedeuten. Da durch den Körper aber immer neue Bedürfnisse an die Psyche hergetragen werden und auch psychische Bedürfnisse eine Befriedigung erfahren müssen, sind aufgrund der vielfältigen Zugänge selten Phasen des Stillstandes vorhanden. Das SiMA-Modell ist ständig aktiv und versucht über die zur Verfügung stehenden Mittel mit Körper und Umwelt zurechtzukommen. Ein Hauptbestandteil dabei sind die Erinnerungen, die entscheidende Informationen aus der Vergangenheit liefern, um die Entscheidungen, welche alle die Zukunft betreffen, zu verbessern.

Abschließendes Beispiel für einen kognitiven Zyklus

Als Ausgangspunkt für unser Beispiel nehmen wir einen durch das SiMA-Modell gesteuerten Agenten, der hungrig ist, an. Er steht gerade vor der Entscheidung, wie er das Bedürfnis mit den von der Umwelt zur Verfügung gestellten Mitteln befriedigen kann. Seine Umwelt besteht aus einer Karotte und einem anderen Agenten, der sich jedoch nicht bewegt.

Zunächst werden die Signale des Körpers in Schicht 1 und 2 weiterverarbeitet und schlussendlich kommen in Schicht 3 Symbole an, die von den Funktionen der Psyche bearbeitet werden. Dabei werden die wahrgenommenen Symbole mit Erinnerungen an ähnliche Symbole (invariante Repräsentanzen) gesucht und entsprechend assoziiert.

In der Triebsschiene führt der steigende Affektbetrag, der aus Sensorwerten des Magenfüllzustandes erzeugt wurde, zur Aktivierung der Erinnerung an das Essen eines Fleischstücks.

In der Wahrnehmungsschiene werden aus den Symbolen der Wahrnehmung die Erinnerungen an eine Karotte aktiviert. Die Emotionen im Agenten tendieren durch die steigende Unlust zu Wut.

In der Abwehr werden aktivierte Erinnerungen an das Essen eines anderen Agenten blockiert und auf die Karotte umgeleitet.

In der Primär-Sekundär-Umwandlungsschiene wird die Sachvorstellung Essen an die Wortvorstellung Essen verknüpft. Die Sachvorstellungen Karotte und Fleischstück werden an die entsprechenden Wortvorstellungen von Karotte und Fleischstück gebunden.

In der Wunsch- und Bedürfnisauwahlsschiene wird das Fleischstück als nicht vorhandenes Objekt in der Wahrnehmung abgewertet.

In der Handlungsauswahlsschiene wird der Plan anhand von Erfahrungen (mit Emotionen und Gefühlen bewertete Erinnerungen an ähnliche Situationen) an invariante (ähnliche) Situationen (in SiMA werden dazu Images zu Prozessabläufen miteinander verknüpft) erstellt, wie man zur Karotte gelangt, um sie zu essen. Die Pläne werden durch die Realitätsprüfung nochmals gefiltert und entsprechend bewertet. Danach werden alle Pläne entsprechend ihrer Bewertungen gereiht und der am besten bewertete Plan ausgewählt. In unserem Beispiel ist das der Plan, zur Karotte zu gehen und sie zu essen.

In der Imaginationsschiene werden alle aktivierten Pläne an den Primärprozess zurückgeleitet.

In der Handlungsausführungsschiene wird eine konkrete Aktion aktiviert, die den Agenten in die Richtung seines Zieles führen soll. Um zur Karotte zu gelangen, sind das die Aktionen geradeaus gehen, nach links drehen, nach rechts drehen und essen.

Der Körper eines SiMA-Agenten ist nur unvollständig umgesetzt. Die ausgewählte Handlung wird durch die Schichten 2 und 1 wieder zu entsprechenden Befehlen, wie vorwärts, rückwärts, links, rechts oder beißen umgewandelt. Die Bewegung eines Agenten in der simulierten Welt erfolgt durch die Befehle.

3. Konzept und Modell

"Knowledge is Power"

[Francis Bacon]

„Man kann einen Menschen nichts lehren, man kann ihm nur helfen,
es in sich selbst zu entdecken.“

[Galileo Galilei]

Der erste Schritt, um die Forschungsfrage zu beantworten, ist eine Definition des Begriffs ‚Lernen‘ vorzunehmen. Darauf aufbauend soll eine Theorie im Zusammenhang mit dem Forschungsprogramm (SiMA) gefunden werden. Anhand eines konkreten Fallbeispiels soll gezeigt werden, wie Lernen in einer sozialen Interaktion funktionieren kann. Das Fallbeispiel unterstützt dabei die Abbildung der Theorie in ein einheitliches Modell und soll weiters die Machbarkeit der Generierung von Erinnerungen durch menschliches Lernen darstellen. Nach der Analyse des Fallbeispiels wird die angenommene Theorie (von denen Psychoanalytiker ausgehen, dass das zugrunde gelegte Verhalten erzeugt werden kann) im Umfeld der Systemtheorie des Forschungsprogramms dargestellt. Durch die Kriterien eines interdisziplinären, ganzheitlich-einheitlichen, und funktional generativen Ansatzes ist das Ziel, grundlegende Elemente der menschlichen Entscheidungsfindung und somit von menschlichem Lernen zu finden. Die Theorien werden dann näher beschrieben und so angepasst, dass sie in die SiMA Architektur passen. Das Resultat soll ein generisches Modell der grundlegenden Entscheidungsfindung und der konkreten Verwendung von Lernen in einem sozialen Umfeld sein. Das im Folgenden beschriebene Konzept beruht auf Hypothesen, die (wie in Kapitel 1.5 beschrieben wird) mittels Simulationsexperimente geprüft wurden und sich bewährt haben.

3.1 Auffassung und Definition von Lernen in SiMA

Zunächst soll hier klargestellt werden, dass die Intention der vorliegenden Arbeit und auch des Projekts SiMA die Erforschung des Funktionsmodells der menschlichen Psyche ist. Daher soll die vorliegende Arbeit auch eher das ‚Warum‘ ergründen, als das ‚Wie‘. Deshalb wollen wir gleich mit der

grundsätzlichen Frage beginnen: Warum benötigen wir Lernen bzw. welche Aufgabe hat Lernen generell?

Zunächst kann man die Funktionen in der menschlichen Psyche als Lösungsfunktionen deklarieren. So ist auch der aktuelle Stand im Projekt SiMA (ohne Lernen) in der Lage, seine Situation zu bewältigen. Dabei wird auf ausgeprägte Lösungsfunktionen und vorgegebene Erinnerungen zurückgegriffen. Die aktuelle Simulation lässt auch keine längeren Passagen zu, was die Notwendigkeit von Lernen erst mal zurückweist. Aber selbst in der kleinen und kargen Simulationswelt ist es schwierig, den Agenten so zu parametrieren, dass er die Aufgabe entsprechend meistern kann. Bei der Parametrierung wird einem erst die komplexe Verknüpfung aller Parameter bewusst. Jede Einstellung hat vielfältige Auswirkungen auf das Verhalten des Agenten. Ein großes Problem ist dabei, dass die Dinge in der Simulationswelt noch nicht vollständig und damit auch nicht immer richtig miteinander verknüpft sind.

Lernen ist beim Menschen aber ein integrativer Prozess, der immer mit einer Basis verbundene Informationen erzeugt. Völlig losgelöste Informationen können gar nicht gespeichert werden. Diese Aufgabenstellung betrifft auch das aktuelle Funktionsmodell in SiMA. Da bis jetzt Lernen im Projekt SiMA nicht implementiert wurde, befinden sich einige Erinnerungen des Agenten in einem unzureichend verknüpften Zustand. Das bedeutet, die Erinnerungen haben kleine bis große Abweichungen gegenüber der vom Agenten erlebten Realität. Darum müssen alle Erinnerungen zunächst geprüft und deren Zusammenhang vollständig überarbeitet werden.

Den eigenen Körper vor Schaden zu bewahren muss Kindern erst beigebracht werden. Im Straßenverkehr z. B. müssen sich Kinder der Gefahr der Straße bewusst sein. Da Kinder Zusammenstöße mit Fahrzeugen sowie die körperlichen Folgen nicht abschätzen können, muss die Gefahr durch bereits bekannte Gefahren ersetzt werden. Kinder ernten dann ihnen bekannte Bestrafungen oder Belohnungen für falsches bzw. richtiges Verhalten. Damit lernt das Kind, dass die Straße gefährlich ist. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Erlerntes immer aufbaut und durch neue Wahrnehmung bereichert wird. Die Basis an Erinnerungen ist somit ein wesentlicher Bestandteil, um erfolgreich lernen zu können. Für das SiMA-Projekt kann man daraus ableiten, dass alle Erinnerungen mit etwas verknüpft sein müssen und nicht als lose Informationen wie in einem Computer abgelegt werden dürfen.

Es geht nicht um die Generierung von Informationen, welche dann durch Funktionen bearbeitet und analysiert werden. Vielmehr liegt der Fokus auf der Vorverarbeitung der Informationen, die dann, nach entsprechender Bewertung durch die Funktionen erlernt werden. Vereinfacht könnte man sagen, dass zunächst ein gewisser Input ins System zu einem gewissen Output führt. Im Zuge der Verarbeitung werden Bewertungen vorgenommen, die das Wissen vergangener Entscheidungen mit einbeziehen und eine neue Aktion generieren. Die Aktion führt dann wieder zu einer Wahrnehmung der Veränderung der Umwelt. Die Wahrnehmung (war das Ergebnis positiv oder negativ für das System) von Aktion und Reaktion soll dem System bei der nächsten Handlungsentscheidung zur Verfügung stehen. Dadurch ist es dem System möglich, folgende ähnliche Entscheidungen zu verbessern.

Die Neurologie zeigt biologische Funktionen für die Bildung neuer Verknüpfungen. Wenn Verknüpfungen sehr lange nicht verwendet werden, können sie sich wieder auflösen [Kan07, S. 237]. Die Zeitdauer, die eine Auflösung von Verknüpfungen benötigt, kann aber momentan im SiMA-Projekt nicht erreicht werden. In SiMA können nur Simulationen von wenigen Minuten durchgeführt werden. Aus Systemsicht spricht auch nichts für das aktive Löschen von Informationen. Würde es so eine Funktion geben, so würde sich die Frage stellen, wie sie angesteuert werden sollte. Das Löschen von einer kleinen Anzahl von bestimmten Verknüpfungen im Gehirn könnte Entscheidungen verursachen, die dem System großen Schaden zufügen. Die Entscheidung, welche Verknüpfung gelöscht werden soll, gestaltet sich als unmöglich. Damit kann eine aktive Löschung von Informationen keine valide Funktion für menschenähnliches Lernen darstellen. Was jedoch sehr wohl möglich ist, sind neue Verknüpfungen, die alte Verknüpfungen in ihrer Bewertung so weit nach hinten verschieben, dass sie sich nicht mehr abrufen lassen und sich langfristig auflösen können. Von außen sieht es dann so aus, als wäre die Erinnerung nicht mehr vorhanden. Solche inaktiven Verbindungen könnten dann gelöscht werden, sind aber wie schon erwähnt aktuell nicht erforderlich im SiMA-Modell.

Fassen wir noch einmal kurz die wichtigsten Definitionen für Lernen in SiMA zusammen:

- Informationen bzw. Verknüpfungen können nur in Bezug zu anderen Informationen erstellt werden.
- Es können keine Informationen bzw. Verknüpfungen aktiv gelöscht werden.
- Eine Steuerung der Erzeugung von neuen Informationen bzw. Verknüpfungen soll über deren Bewertung und Aktivierung erfolgen.
- Das erlernte Wissen soll aktuell bestehenden Funktionen zu besseren Ergebnissen verhelfen und damit die Anpassungsfähigkeit an die Umwelt erhöhen.

3.2 Fallbeispiel

Das Fallbeispiel wird, wie in Kapitel 1.5 beschrieben, in SiMA zur Validierung des Funktionsmodells verwendet. Zunächst soll das verwendete Fallbeispiel definiert werden. Danach erfolgen eine Analyse des Fallbeispiels und der erwartete Ablauf.

3.2.1 Definition des Fallbeispiels

Um das SiMA-Modell zu prüfen und die dafür notwendigen Konzepte darzulegen, wird ein Fallbeispiel verwendet. Die Forschungsfrage und die zugehörigen Theorien sollen mit dem Fallbeispiel beantwortet werden. Das Fallbeispiel soll auch die Analyse der benötigten Faktoren, die berücksichtigt werden müssen, unterstützen. Um die Komplexität möglichst gering zu halten, wurde der Ablauf auf ein Minimum reduziert, gerade noch, um das Konzept darstellen zu können. Im Fallbeispiel wird das Verhalten von Agenten in einer bestimmten Situation erklärt und Annahmen über das erzeugte Verhalten getroffen. Das unterstützt auch die Modellentwicklung und die Validierung des Modells. Das

Fallbeispiel ist der Ausgangspunkt für die weitere Spezifikation von konkreten Simulationsexperimenten.

Das Fallbeispiel wurde auf Basis des Fallbeispiels von Samer Schaat entwickelt und so erweitert, dass man Lernen damit darstellen kann. Der genaue Aufbau und die Idee hinter dem Fallbeispiel von Samer Schaat sind in [Sch16b, S. 87 f.] beschrieben. Die großen Änderungen an dem Fallbeispiel der vorliegenden Arbeit betreffen die Änderung des Fokus auf Lernen und die Verwendung mehrerer aneinandergereihter Simulationsexperimente. Das Fallbeispiel wird in mehrere Simulationsexperimente aufgeteilt, die gesamtheitlich das Modell der Psyche validieren soll. Um Lernen und dessen Auswirkungen auf die Erinnerungen deutlich zeigen zu können, muss Simulationsexperiment 1 zusätzlich in drei Schritte aufgeteilt werden. Der 1. Schritt umfasst die Handlungsentscheidung des Agenten und sein Verhalten bis zur Ausführung der Handlung. Parallel dazu erfolgt das Lernen und somit die Veränderung von Erinnerungen des Agenten aus seinen Wahrnehmungen. Der 2. Schritt ist der erste Neustart derselben Simulation, wobei eine Verhaltensänderung des Agenten durch die veränderten Erinnerungen erfolgen soll. Während der 2. Simulation werden wieder neue Erfahrungen gebildet, wobei sich der Ablauf und die Veränderung der Erinnerungen vom Ablauf und den Veränderungen der Erinnerungen im Schritt 1 unterscheiden. Im 3. Schritt wird die Simulation immer wieder neu gestartet. Dabei soll gezeigt werden, dass die neu gebildeten Erfahrungen die Bildung weiterer Erfahrungen beeinflusst und somit erneut das Verhalten und wieder das Bilden neuer Erinnerungen verändert wurde. Hier kann ebenfalls geprüft werden, ob sich mit dem Modell stabile Erinnerungen erzeugen lassen. Bei Simulationsexperiment 2 und 3 wurde der Fokus auf eine Abfolge von verschiedenen Situationen gelegt. Damit sollen die Auswirkungen von Lernen in unterschiedlichen ähnlichen Situationen sowie die Reihenfolge der Situationen gezeigt werden.

Die weitere Spezifikation des Modells und seine Erweiterung um das Thema menschliches Lernen führte zu dem nachfolgend dargestellten neuen Fallbeispiel, das das Fallbeispiel von Samer Schaat erweitert. Auch die Hintergrundgeschichte der Protagonisten wurde überarbeitet und soll im folgenden Absatz erläutert werden.

Im Fallbeispiel wird von einem Menschen ausgegangen, der 30 Jahre alt ist und über sehr wenig Wissen verfügt. Die Agenten im Fallbeispiel können daher mit Menschen gleichgesetzt werden, die vor ca. 8.000 Jahren lebten [Die21, S. 225]. Die Agenten können nicht sprechen und sie können deshalb nur nonverbal miteinander kommunizieren. Diese Festlegung ermöglicht die Reduktion der Komplexität des Erinnerungs- und Erfahrungsnetzwerkes der Agenten. Des Weiteren kann eine sehr spartanische Umwelt bzw. Umgebung angenommen werden. In der Simulation ‚lebt‘ der Agent nur im Bereich von Sekunden bis einige Minuten. Die Einschränkungen in der Simulation sind so getroffen, um gerade noch die Prinzipien der zu validierenden Funktionen gemeinsam mit Experten aus anderen wissenschaftlichen Disziplinen prüfen zu können.

Kommen wir zur Historie der Agenten. Adam und Bodo sind beide männlich und 30 Jahre alt. Adam hat einen impulsiven Charakter. In seinen Erinnerungen befinden sich Erfahrungen mit seinem Bruder Carl. Carl ist jünger als Adam und eine gutmütige Person. Da Carl Adam körperlich unterlegen ist, dominiert Adam die Situationen, in denen sie sich begegnen. Bodo hat ebenfalls einen impulsiven

Charakter. In seinen Erinnerungen befinden sich Erfahrungen mit seinem Bruder Doug. Doug ist älter als Bodo. Bodo hat durch Doug teilen gelernt. Die Agenten Adam und Bodo treffen in der Ausgangssituation des Fallbeispiels zum ersten Mal aufeinander und haben daher keine Erinnerungen an den jeweiligen anderen Agenten. Neben Bodo trifft Adam auch auf die Agenten Carl, Doug und Emir. Carl und Emir haben einen ähnlichen Charakter. Der Charakter von Doug ist dem von Bodo ähnlich. Das Fallbeispiel wurde generisch erstellt. Primär wurde zunächst die Situation mit Adam und Bodo erörtert und dann wurde sie in eine allgemein gültige Form übertragen.

Name des Fallbeispiels: Adam lernt andere Agenten kennen.

Forschungsfrage: Wie werden durch Lernen Erinnerungen aufgrund von Erfahrungen erzeugt, die es ermöglichen, die Anpassungsfähigkeiten an die Umwelt zu verbessern?

Konzepte: Metapsychologische Grundfunktionen der Psyche (Ich, Es, Über-Ich), die über mehrere Ebenen auf 32 Funktionen in der untersten Ebene unterteilt sind, Lust/Unlust-Prinzip (Bewertungsmechanismen), Assoziationsprinzip, die Mealy-Theorie, das Top-down-Prinzip, Lernen

Zusammenhang: Die Situation beinhaltet zwei Agenten, Adam und ein anderer Agent (Bodo, Carl, Doug oder Emir), und die Objekte Fleisch, Karotte, Apfel und Stein. Beide Agenten sind hungrig. Das Fleisch ist in den Erinnerungen der Agenten ein Objekt, das eine sehr hohe Befriedigung des Hungertriebs auslösen kann.

Situation aus der Sicht von Adam:

1. Adam hat Hunger.
2. Der Hunger steigt und führt zu steigender Unlust und das wiederum führt zu mehr Aggression.
3. Adam sucht nach Nahrung und nimmt ein Fleisch und eine Karotte wahr.
4. Adam beschließt zum Fleisch zu gehen und es zu essen.
5. Auf dem Weg zum Fleisch nimmt er einen weiteren Agenten wahr.
6. Der andere Agent schwitzt und ist stark errötet.
7. Mögliche Ergebnisse: Abhängig von den erwähnten Faktoren wie Hunger, Über-Ich Stärke, neutralisierte Intensität, Gedächtnis, Lernen, körperliche Ausdrücke und vor allem der emotionalen Lage werden in Adam Erinnerungen assoziiert, die durch ihre Bewertungen eine Entscheidungsbasis für Adam liefern. Er wählt dann eine Aktion, die das erstrebenswerteste Verhältnis zwischen Lust und Unlust verspricht. Die möglichen Aktionen sind das Fleisch allein zu essen, es zu teilen, es dem anderen Agenten zu überreichen oder vor der Situation zu flüchten.
8. Während des gesamten Ablaufs (Punkte 1-7) erlernt Adam neue Erfahrungen mit dem anderen Agenten.
9. Wird die Situation (Punkte 1-8) erneut durchlaufen, so kann Adam entsprechend seiner Erfahrung mit dem anderen Agenten sein Verhalten anpassen und eventuell eine andere Entscheidung treffen als zuvor.

3.2.2 Analyse des Fallbeispiels

Das Fallbeispiel startet mit Adams Hunger. Das ganze Verhalten, das Adam zeigt beruht direkt oder indirekt auf der Abweichung seines Körperzustandes. Ohne jegliche Abweichung von Körperzuständen hätte Adam keinen Grund irgendeine Aktion in seiner Umwelt zu setzen.

Die erste Frage, die sich hier stellt: Woher weiß Adam, dass er Hunger hat? Zunächst werden über die Sensoren seines Körpers Signale der nicht ausbalancierten Homöostase gesendet, die an das Gehirn geleitet werden. Die Signale werden zu Symbolen weiterverarbeitet, die dann dem Modell in der Schicht der Psyche zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung stehen. Hier werden die Symbole dann mit Erinnerungen aus dem Gedächtnis verglichen und es werden ähnliche Erinnerungen, die zu hoher Lust und niedriger Unlust geführt haben, proportional zum Grad ihrer Ähnlichkeit aktiviert. Adam benötigt Erinnerungen, um die aktuelle Abweichung des Körpers als Hunger wahrnehmen zu können. Hunger, der bewusst wird, ist ein Konglomerat aus Wahrnehmungen und Erinnerungen.

Adam versucht, der durch den Hunger bestehenden Unlust entgegen zu wirken. Dabei benötigt er weitere Erinnerungen, die enthalten, wie der Hunger gestillt werden kann. Die Erinnerungen beinhalten einen Handlungsablauf, wie der Hungertrieb früher befriedigt wurde. Die erste Aktion ist dabei die Suche nach einer Nahrungsquelle. Dadurch begibt sich Adam auf die Suche nach einer geeigneten Nahrungsquelle.

Adam nimmt ein Stück Fleisch wahr, das seinen Hunger befriedigen könnte. Aber woher kennt Adam das wahrgenommene Objekt? Wieder durch den Abgleich mit Erinnerungen an ein Stück Fleisch. Hier stellt sich auch schon eine zentrale Frage der vorliegenden Arbeit: Wozu haben wir eigentlich Erinnerungen? Sie dienen in erster Linie, um das Wissen bereitzustellen, wie wir die Welt, in der wir leben, benutzen können, um unsere Anforderungen zu befriedigen. Der Zweck von Erinnerungen ist die Information, wie Bedürfnisse befriedigt werden können, zu liefern bzw. um eine Vorhersage der möglichen Veränderung des psychischen Zustandes (beinhaltet auch den physischen Zustand) des Agenten treffen zu können. Die Aktivierung der Erinnerungen erfolgt über die Summe an Ähnlichkeiten zwischen wahrgenommenen Objekten und den Erinnerungen an Objekte. Die Wahrnehmung ist ein Prozess, der die Bedürfnisbefriedigung unterstützt. Wahrnehmung aktiviert dabei nicht nur Erinnerungen zur Umwelt, sondern auch zur inneren Welt (Körper). Daher dienen Erinnerungen als Basis, wie wir mit der wahrgenommenen Umwelt umgehen müssen, um Zustandswechsel in unsere innere Welt zu erzeugen, die Lust bzw. Unlust steigern bzw. senken. Der Mensch kommt nicht über Algorithmen zu einer Entscheidung, sondern durch den Vergleich mit vergangenen Wahrnehmungen – etwas Erlerntem.

Eine weitere Frage ist, wie die Erinnerungen gebildet werden und welche Informationen sie beinhalten sollen. Erinnerungen müssen zunächst beinhalten, wie die internen Bedürfnisse und Ziele zu externen Angebotscharakter von Objekten passen. Es handelt sich um eine Einteilung der Umwelt in positive und negative Bewertungen, die bestimmte Objekte und Erlebnisse auf den psychischen Zustand (beinhaltet den physischen Zustand) des Agenten haben.

Adams Hunger aktiviert, über Assoziationen, Erinnerungen, die ihm die Möglichkeiten zur Befriedigung des Hungers liefern. Die Erinnerungen zeigen zum Beispiel, wie gut der Hunger in der Vergangenheit, durch ausgeführte Aktionen an bestimmten Objekten, befriedigt wurde. Da es mehrere Triebe gibt, können die Möglichkeiten, sie zu befriedigen, nicht ohne weiteres in Einklang gebracht werden. Aktionen mit der Umwelt und somit Objekten oder Subjekten können dem Agenten auch schaden oder Triebe steigen lassen. Ein Anstieg der Triebe führt in SiMA zu steigender Unlust. Um den Faktor Unlust in die Bewertungen einzubinden, wurde in SiMA das Konzept der Emotionen erstellt. Darüber lassen sich neben Lust und Unlust auch aggressive und libidinöse Veränderungen des internen psychischen Zustandes darstellen. Damit ist es möglich, mit der Emotion den gesamten Zustand des Agenten durch einen mehrdimensionalen Vektor darzustellen. Daraus lassen sich für den Agenten zu jedem beliebigen Zeitpunkt Aussagen über den aktuellen psychischen Gesamtzustand (beinhaltet den körperlichen Zustand) treffen, die dann als Ausgangsbasis für Handlungsentscheidungen verwendet werden können.

Die Quintessenz von Erinnerungen ist die Bildung von Erwartungen zu Aktionen mit Objekten auf den Agenten. Dabei wird der Wert eines Dinges basierend auf den aktuellen Bedürfnissen ermittelt und in den Erinnerungen abgelegt. Erinnerungen stellen damit Informationen über die Fähigkeit von Dingen, Bedürfnisse zu befriedigen oder sie zu steigern und mögliche Risiken, die den Agenten schädigen, zur Verfügung.

Jetzt nimmt Adam auch noch einen anderen Agenten wahr. Adam hat den anderen Agenten noch nie zuvor gesehen, weshalb er keinerlei Erinnerungen an ihn hat. Da der andere Agent aber starke Ähnlichkeiten mit Agenten aus den Erinnerungen aufweist, werden die Erinnerungen aktiviert. Daher behandelt Adam den anderen Agenten wie den assoziierten Agenten aus den Erinnerungen. Hier zeigt sich, dass wir nur nach unseren Erfahrungen und unserem Wissen handeln können. Unsere Welt wird von uns selbst subjektiv konstruiert, wodurch immer eine Abweichung zum realen Sachverhalt bleibt. Erinnerungen sollen die Abweichungen auf ein Minimum reduzieren. Durch die große Vielfalt der Umwelt können aber zu keinem Zeitpunkt durch Erinnerungen Voraussagen getroffen werden, die identisch mit der objektiven Realität sind.

Der andere Agent ist im Unterschied zur Nahrungsquelle aber nicht nur ein Objekt, sondern ein Subjekt. Das erkennt Adam an verschiedenen Wahrnehmungen wie z. B. Aussehen und Bewegung, das wiederum mit Erinnerungen über Adam selbst bzw. andere Agenten verglichen wird. Adam nimmt weiter alle körperlichen Ausdrucksformen, wie Schwitzen oder Zittern, wahr. Das führt zu einer Bewertung durch das Konzept der Emotionen zu einem internen Gesamtstatus von dem anderen Agenten. Die Bewertung des anderen Agenten wiederum hat Auswirkungen auf den internen Zustand Adams und damit auch auf die Bewertungsmechanismen Adams.

Adam kommt durch die Bewertung aller Informationen zu einer Entscheidung und führt sie aus. Die Ausführung von Aktionen durch Adam hat die Änderung der Wahrnehmung zur Folge. Würde beispielsweise eine erwartete Befriedigung ausbleiben oder andere unerwartete Dinge geschehen, so könnte der Agent ohne Lernen das nicht für zukünftige Entscheidungen verwenden, um bei ähnlichen Situationen mehr Lust bzw. weniger Unlust zu erfahren. Ein Konzept für menschliches Lernen

würde solche Rückmeldungen der Umwelt verarbeiten und Erinnerungen entsprechend anpassen. Aber wie kann das Konzept von Lernen mit Konzepten von Trieben und Emotionen verbunden werden? Wie ist die Beschaffenheit der bereits vorhandenen Erinnerungen, die ja ohne Lernen entstanden sind? Wie genau können Erinnerungen so angepasst werden, dass sie einen Nutzen für spätere Entscheidungen bringen? Was löst die Veränderung einer Erinnerung aus?

Die Analyse des Fallbeispiels und der dahinterliegenden Theorien zeigten viele wichtige Punkte auf. In der weiteren Analyse und Entwicklung werden Fragen und Konzepte noch detaillierter spezifiziert bzw. erweitert. Die daraus resultierenden Simulationsexperimente bilden einen genauen und spezifischen Ablauf mit vorgegebenen Parametern. Die Simulationsexperimente werden gemeinsam mit Psychoanalytikern erarbeitet. Danach erfolgt die Ausarbeitung eines erwarteten Ergebnisses aus psychoanalytischer Sicht, das schlussendlich mit dem Simulationsergebnissen verglichen wird.

3.3 Top-Down Design

Aufbauend auf dem bestehenden Top-Down Design sollen die Erweiterungen, um Lernen zu ermöglichen, dargelegt werden. In Kapitel 2 wurde das Funktionsschichtenmodell (Abbildung 2.5) und das Informationsspeicherungs-Schichtenmodell (Abbildung 2.9) bereits dargelegt. Mit den beiden Schichtenmodellen wurden die Welt der Physik (Neurologie) und die Funktionen der Psyche miteinander verbunden [BDD+15, S25]. Dabei wurden jedoch nur die Informationen von Sensoren und Aktoren im Funktionsschichtenmodell und die Informationen der Erinnerungen im Informationsspeicherungs-Schichtenmodell dargestellt.

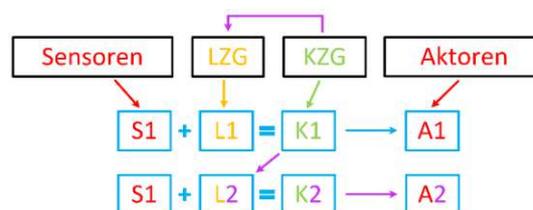


Abbildung 3.1: Abstraktes Beispiel für eine Informationsverarbeitung im SiMA-Modell

Um alle physikalischen Elemente und Vorgänge aufzuzeigen, sollen sie anhand eines abstrahierten Beispiels für eine Informationsverarbeitung im SiMA-Modell dargelegt werden. In Abbildung 3.1 wurde dazu eine Berechnung gezeigt, die einen Sensorwert S1 mit einer Erinnerung aus dem Langzeitgedächtnis L1 addiert¹⁹. Das Ergebnis wird im Kurzzeitgedächtnis K1 abgelegt. Es kann dann direkt oder durch weitere Verarbeitungsschritte zu einer Ansteuerung eines Aktors A1 führen. Basierend auf dem abstrakten Beispiel für eine Informationsbearbeitung kann man die physikalischen Elemente und Vorgänge nach ihrer Verwendung auftrennen. Die Unterteilung erfolgt in Sensoren und Aktoren (Abbildung 3.1 – Rot), in die Speicherelemente Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis (Abbildung 3.1 – Orange und Grün) und in Funktionen (Abbildung 3.1 – Blau).

¹⁹ Die Addition steht hier beispielhaft für eine Verarbeitung der Informationen.

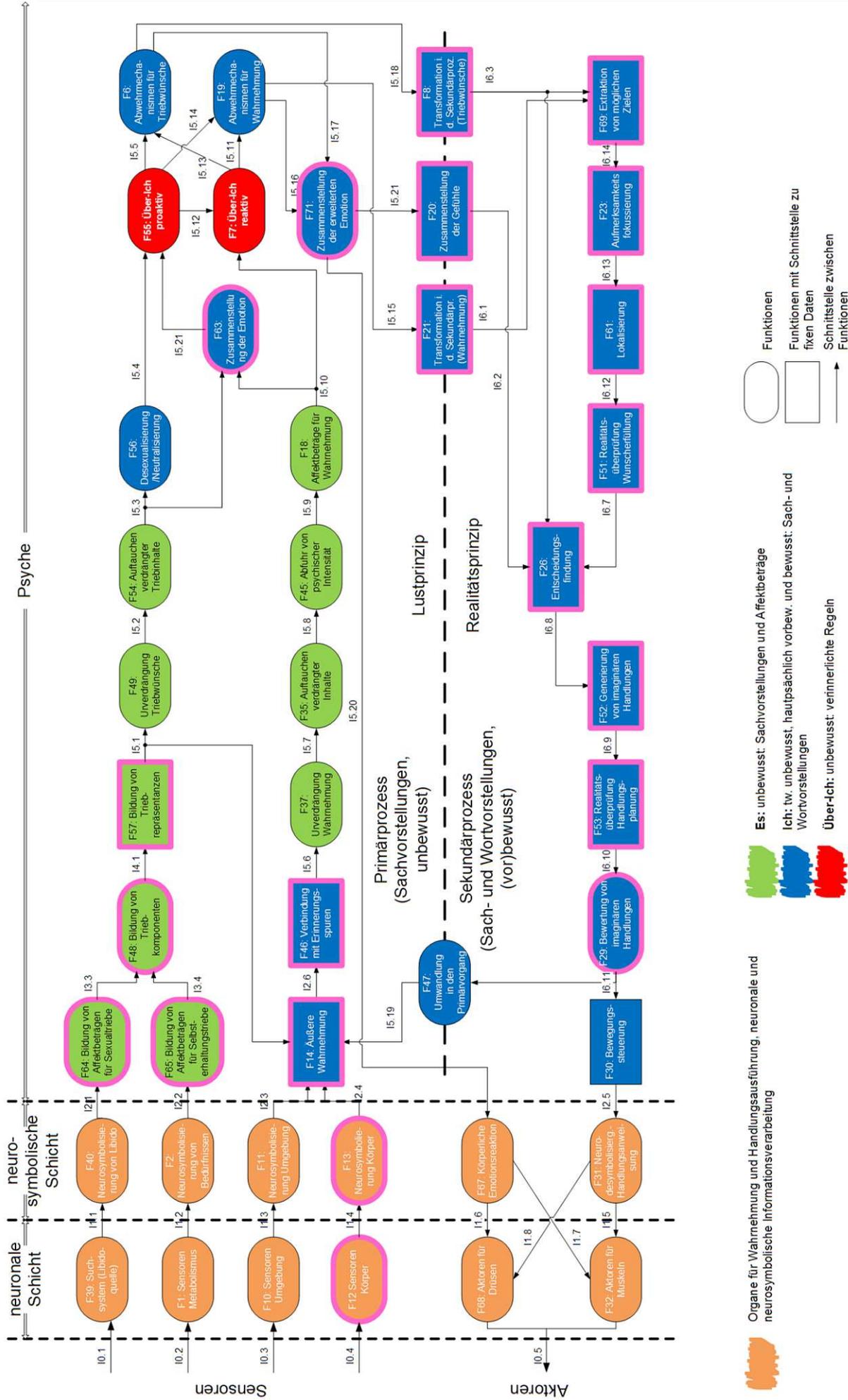
In Abbildung 3.1 zeigen violette Pfeile welche Auswirkungen Lernen auf das SiMA-Modell hat. Dabei kann die erste abstrahierte Beispielberechnung durch ihr Ergebnis direkt oder indirekt die Erinnerung L1 im Langzeitgedächtnis verändern. Durch die Änderung im Langzeitgedächtnis ergibt sich bei identischem Sensorwert S1 ein neues Ergebnis K2 und somit direkt oder indirekt über weitere Funktionen eine Änderung der Aktoransteuerung (A2). Was in der Beispielrechnung fehlt, sind die internen Zustände im Modell, die ebenfalls Einfluss auf Ergebnisse von Funktionen haben. Bisher konnte bei identischen internen Zuständen und identischem Eingang über die Sensoren im SiMA-Modell immer das gleiche Verhalten erzeugt werden. Ändert sich das Langzeitgedächtnis, so kann das selbst bei identischen Sensoreingangswerten und identischen internen Zuständen zu einem anderen Verhalten führen. Die große Anzahl an Einflussfaktoren, die ein Verhalten erzeugen, nimmt damit um ein Vielfaches zu, da alle internen Ergebnisse auf Erinnerung basieren, die sich durch Lernen verändern können.

Um Lernen im SiMA-Modell zu ermöglichen, musste zunächst die Wahrnehmungsfähigkeit erweitert werden. Dabei wurde die Wahrnehmung von körperlichem Schmerz im Modell (F12²⁰, F13, F14 und F63) neu eingeführt. Für das Erlernen von erlebten Triebbefriedigungen wurde die Befriedigungserinnerung geschaffen, die über die Funktionen F64, F65, F48, F57, F14, F23, F26, F29 gebildet wird. Schlussendlich wurden für das Erlernen von Erfahrungen die Funktionen F14, F46, F63, F71, F21, F20, F8, F69, F23, F61, F51, F26, F52, F53 und F29 angepasst. Damit wurden alle Änderungen in den Funktionen der Psyche betrachtet. Im Informationsspeicherungs-Schichtenmodell gab es im Projekt SiMA noch keine Funktionsdefinition. Für eine bessere Differenzierbarkeit werden Funktionen des Informationsspeicherungs-Schichtenmodells mit SF[Nummer] bezeichnet. Daraus ergibt sich die Frage, welche Funktionen neu geschaffen oder verändert werden müssen, um Lernen im SiMA-Modell zu ermöglichen? Dazu müssen das Funktionsschichtenmodell und das Informationsspeicherungs-Schichtenmodell in SiMA betrachtet werden. Zunächst zum Funktionsschichtenmodell, das in Abbildung 3.2 dargestellt ist. Dabei wurden alle Funktionen, die eine Änderung für Lernen erfahren, rosa umrandet. Im folgenden Abschnitt sollen die einzelnen Funktionen und deren Änderung um Lernen zu ermöglichen überblicksmäßig aufgelistet werden.

Beginnen wir in Abbildung 3.2 links oben mit der Funktion **F64**. Dabei werden Triebrepräsenzen für Sexualtriebe gebildet. Für Lernen werden die erzeugten Triebrepräsenzen im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Sie werden für das Erzeugen einer möglichen neuen Befriedigungserinnerung benötigt.

Darunter befindet sich die Funktion **F65**. Dabei werden Triebrepräsenzen für Selbsterhaltungstrieb gebildet. Für Lernen werden die erzeugten Triebrepräsenzen im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Sie werden, wie schon in F64, für das Erzeugen einer möglichen neuen Befriedigungserinnerung benötigt.

²⁰ Funktionen aus dem Funktionsschichtenmodell werden mit F[Nummer] bezeichnet. Alle Funktionen des Funktionsschichtenmodells können aus Abbildung 3.2 entnommen werden.



Version 38t.002_de

Abbildung 3.2: Funktionsmodell von SiMA mit Änderungen in Funktionen (rosa umrandet) [BDD+15, S. 82]

In der Funktion **F48** werden die in F64 und F65 erzeugten Triebrepräsenzen in aggressive und libidinöse Triebkomponenten aufgeteilt. Für Lernen werden die Triebkomponenten im Kurzzeitgedächtnis gespeichert, genauso wie eine wahrgenommene Reduktion von Affektbeträgen, die als Befriedigungswert gespeichert wird. In der Funktion **F57** werden die in F64, F65 und F48 aktivierten Triebteile zusammengefügt und bilden eine Teil-Befriedigungserinnerungen, die im Kurzzeitgedächtnis gespeichert wird.

In der Funktion **F14** werden Objekte, Agenten und Aktionen wahrgenommen. Für Lernen werden sie im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Je nach Übereinstimmung bei der Wiedererkennung von Objekten, Agenten oder Aktionen können sie als Erinnerungen von neuen Objekten, Agenten oder Aktionen erlernt werden. Sie werden dann z. B. für eine vollständige Befriedigungserinnerung verwendet oder, um Momente in Akten wiederzuerkennen und damit zum Erlernen von erfahrungsbasierten Erinnerungen beitragen. In der Funktion F14 erfolgt auch die Wahrnehmung von körperlichem Schmerz (aus den übergebenen Informationen der Funktion **F13**, die wiederum ihre Informationen aus den Sensoren des Körpers (**F12**) erzeugt) und auch die daraus entstehende Unlust wird dort erzeugt.

In **F46** werden die in F14 erkannten Elemente zu Images verknüpft. Für Lernen werden sie im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Aus dem wahrgenommenen Image kann ein neues Image erlernt werden, wenn kein ausreichend ähnliches Image im Langzeitgedächtnis gefunden werden kann.

Weiter geht es mit Änderungen in der Funktion **F63**. In der Funktion wird die aktuelle Emotion gebildet. Dabei fließt auch die durch Wahrnehmung von körperlichem Schmerz entstehende Unlust in die Emotion mit ein. Die Emotion wird im Kurzzeitgedächtnis mit dem wahrgenommenen Image assoziiert.

Wird die Emotion durch die Funktionen der Abwehr (F6, F7, F55 und F19) verändert, so wird das in der Funktion **F71** umgesetzt. Eine Änderung der Emotion bewirkt auch eine Änderung der emotionalen Bewertung des wahrgenommenen Images im Kurzzeitgedächtnis.

Den Übergang vom Primärprozess in den Sekundärprozess ermöglichen die 3 Funktionen **F21**, **F20** und **F8**. Dabei werden Sachvorstellungen mit Wortvorstellungen assoziiert. Wiedererkannte bzw. neue Wortvorstellungen werden assoziiert, im Kurzzeitgedächtnis abgelegt und können damit erlernt werden. Dabei werden in F8 alle Ziele des Primärprozesses (Triebwünsche) an den Sekundärprozess weitergegeben. In F21 werden alle Wahrnehmungen weitergegeben und in F20 erfolgt die Assoziation der Emotionen mit Gefühlen, die im Sekundärprozess weiterverarbeitet werden.

Aus den Zielen werden gemeinsam mit der aktuellen Wahrnehmung in der Funktion **F69** Zielsetzungen (Goals) definiert. Dabei werden zunächst alle möglichen Zielsetzungen aktiviert, die in weiteren Funktionen im Sekundärprozess dann reduziert werden. Die Zielsetzungen werden im Kurzzeitgedächtnis abgelegt.

Aus den im Kurzzeitgedächtnis aktivierten Objekten erhalten in der Funktion **F23** fokussierte Objekte eine zusätzliche Aktivierung. Die Zunahme der aktuellen Aktivierung wird im Kurzzeitgedächtnis gespeichert.

Die Selbstlokalisierung des Agenten in **F61** liefert zusätzliche Informationen, die der aktuellen Wahrnehmung hinzugefügt werden. Die Informationen werden ebenfalls im Kurzzeitgedächtnis gespeichert.

In der Realitätsprüfung (**F51**) werden unerreichbare Zielsetzungen von erreichbaren Zielsetzungen getrennt. Die im Kurzzeitgedächtnis gespeicherten Zielsetzungen erhalten eine zusätzliche Aktivierung, wenn sie erreichbar sind.

In der Entscheidungsfindung (**F26**) werden aus allen verfügbaren Zielsetzungen nur die 10 mit den höchsten Gesamtbewertungen ausgewählt und an die nächste Funktion weitergereicht. Im Kurzzeitgedächtnis erhalten die ausgewählten Zielsetzungen eine zusätzliche Aktivierung, damit sie sich von den anderen Zielsetzungen abheben.

In der nächsten Funktion (**F52**) werden aus den verbliebenen 10 Zielsetzungen imaginäre Handlungen generiert. Dadurch werden im Kurzzeitgedächtnis ganze Handlungsabläufe aktiviert bzw. erhalten sie hier eine zusätzliche Aktivierung.

Die imaginären Handlungen werden dann in der Funktion **F53** auf ihre Umsetzbarkeit und den benötigten Arbeitsaufwand geprüft und bewertet. Handlungsabläufe, die umgesetzt werden können, erhalten eine zusätzliche Aktivierung im Kurzzeitgedächtnis. Aus den umsetzbaren Handlungsabläufen erhält der mit dem geringsten Aufwand nochmals eine zusätzliche Aktivierung im Kurzzeitgedächtnis.

Schlussendlich erhalten die imaginären Handlungen in der Funktion **F29** eine Gesamtbewertung. Die Handlung mit der höchsten Gesamtbewertung wird dann an die Bewegungssteuerung (F30) zur Ausführung weitergeleitet. Im Kurzzeitgedächtnis erhält die Handlung mit der höchsten Gesamtbewertung eine zusätzliche Aktivierung.

Damit wurden die Änderungen im Funktionsschichtenmodell dargestellt. Da für die Funktion des Lernens das Kurzzeitgedächtnis und das Langzeitgedächtnis sowie deren Zusammenspiel erforderlich sind, mussten auch Änderungen im Informationsspeicherungs-Schichtenmodell erfolgen. Da die oberste Schicht des Informationsspeicherungs-Schichtenmodells ebenfalls die Psyche ist, wurden die Änderungen in der Psyche bereits im Funktionsschichtenmodell behandelt. Daher müssen wir im Folgenden nur die Speicherzugriffsschicht und die Hardware schicht betrachten. Im Kapitel Stand der Technik konnten keine neuen Erkenntnisse über die Hardware, die der Speicherung von Informationen im Gehirn dient, gewonnen werden. Daher hat die im Projekt SiMA getroffene Einteilung in Langzeitgedächtnis und Kurzzeitgedächtnis weiterhin ihre Gültigkeit.

In der Speicherzugriffsschicht wurde eine Funktion definiert, um den Funktionen der Psyche die entsprechenden Informationen zur Verfügung stellen zu können, bzw. auch, um die Informationsmanipulationen der Funktionen speichern zu können. Dazu wurde die Speicherzugriffsschichtfunktion 90 (SF90) festgelegt. Sie ist für die Anforderung der Manipulation von Informationen im Langzeitgedächtnis zuständig. Dabei sind der Wert der Lernintensität und die aktuellen Bewertungsgrößen entscheidend, um Änderungen im Langzeitgedächtnis anzufordern, was in den folgenden Kapiteln im Detail erläutert wird.

3.4 Die Lernintensität

Unser Gehirn verarbeitet eine enorme Menge an Sensorinformationen. Wenn man all die Informationen immer speichern würde, wäre der Speicherplatz irgendwann aufgebraucht. Da das beim Menschen nicht der Fall ist, geht man von einer selektiven Informationsspeicherung im menschlichen Gehirn aus. Es werden nur wichtige Informationen gespeichert, die durch neue Verknüpfungen erzeugt werden. Aber wie entscheidet die Psyche, was wichtig ist, und damit gespeichert werden soll, und was nicht?

Im Projekt SiMA gibt es dafür die Bewertungen [DBD+14, S. 69], die den Informationen damit ihre subjektive Relevanz und Wichtigkeit geben. Die Bewertungen werden dann weiter im Modell für die Entscheidungsfindung [BDD+15, S. 139 f.] verwendet. Dabei wird z. B. eine Lösung für ein aktuelles Problem gefunden. Gefundene Lösungswege, die eine entsprechende Befriedigung von Bedürfnissen auslösen, sollen für zukünftige Situationen zur Verfügung stehen und damit als Erinnerungen gespeichert werden. In unserer komplexen Welt gibt es aber keine zwei identischen Situationen. Daher macht es auch keinen Sinn, eine komplette Kopie aller Informationen (vor allem einzelner Sensorwerte) zu speichern und sie dann zu vergleichen, wie es z. B. in der Bilderkennung durch Methoden der KI üblich ist. Intelligente Lösungen nutzen zwar schon neuronale Netzwerke, die Bilder unterteilen und so mittels Mustererkennung ähnliche Objekte identifizieren können. Eine vollständige Einordnung des Objekts in die Umwelt fehlt jedoch, was aber in Bezug auf die Bildung einer Erinnerung essenziell ist. Daher können die Funktionen und Lösungen der KI nur zur Beschleunigung der Informationsverarbeitung herangezogen werden, nicht jedoch, um eine Funktion im ganzheitlichen SiMA System zu ersetzen. Und genau dafür wurden die Bewertungssysteme in SiMA entwickelt, um Objekte und Aktionen auf den zu erwartenden positiven bzw. negativen Effekt auf das Individuum in der aktuellen Situation anzuzeigen.

Der Affektbetrag stellt die kleinste Einheit aller Bewertungsgrößen in SiMA dar. Aus dem aktuellen Status der Affektbeträge und dessen Bewegung in positiver und negativer Richtung werden Lust und Unlust im SiMA-Modell erzeugt. Indirekt zeigen die Größen Lust und Unlust damit an, dass etwas Negatives oder Positives passiert. Je größer die Summe an Lust und Unlust, desto mehr Auswirkung hat die aktuelle Situation auf das SiMA-Modell.

Aus den hier angeführten Punkten lässt sich die Lernintensität festlegen. Sie ist von der aktuellen Bewertung des zu erlernenden Objekts und der aktuell zur Verfügung stehenden Lust und Unlust abhängig. Folgende Gleichung²¹ wurde für die Lernintensität erarbeitet:

$$LI_t = (L_t + U_t) * B_{ges} \quad (3.1)$$

²¹ Die Gleichung wurde durch logische Überlegungen und im interdisziplinären Diskurs erstellt (siehe Kapitel 1.5) und hat sich in den Simulationsexperimenten bewährt (siehe Kapitel 6).

LI_t ... Lernintensität zum Zeitpunkt t

L_t ... Lust zum Zeitpunkt t

U_t ... Unlust zum Zeitpunkt t

B_{ges} ... aktuelle Gesamtbewertung (Affektbetrag, Emotion, Gefühl) zum Zeitpunkt t

Mithilfe der im SiMA-Modell neu eingeführten Lernintensität können die zur Verfügung stehenden potenziellen Informationen für Lernen entsprechend gereiht werden. Damit wird die Veränderungsstärke durch die aktuelle Wahrnehmung definiert. Des Weiteren wird eine Lernschwelle eingeführt. Über diesen verstellbaren Parameter wird die Anzahl der zur Speicherung vorgeschlagenen Informationen begrenzt. Alle neu erlernten Informationen werden mit einer einheitlichen Lernintensität bewertet und müssen alle die gleiche Lernschwelle überschreiten, um dauerhaft im Langzeitgedächtnis gespeichert zu werden.

3.5 Bewertungsgrößen und Lernen

Im Projekt SiMA sind Bewertungsgrößen [DBD+14, S. 68 ff.], [ST10, S. 289] als Werte definiert, die angeben, welche Auswirkungen Objekte und Aktionen auf den eigenen Zustand haben. Die Bewertungsgrößen treten im SiMA-Modell in zwei verschiedenen Arten auf: einmal in den Funktionen, wo sie den momentanen Zustand darstellen und das zweite Mal in den Erinnerungen, wo Bewertungsgrößen ebenfalls vorhanden sind [BDD+15, S. 86]. Hier repräsentieren sie eine entsprechende Vorhersage, wie sich der Zustand in der Zukunft ändern könnte. Die Bewertungsgrößen in den Erinnerungen stellen damit eine Speicherung von Vergangenen zur besseren Bestimmung der Zukunft dar. Das deckt sich mit der Aussage über das Lernen in Kapitel 2.1. Somit sind Bewertungsgrößen in den Erinnerungen ein wichtiger Punkt, um Lernen im SiMA-Modell zu ermöglichen.

Zunächst wird im SiMA-Modell die psychische Intensität [DBD+14, S. 69] als Überbegriff für alle Bewertungen definiert. Sie wird weiter in fünf Bewertungsgrößen aufgeteilt, um sie darstellen und analysieren zu können. Die sechs Bewertungsgrößen sind: Affektbetrag, Emotion, Basisemotion, erweiterte Emotion, neutralisierte psychische Intensität und Gefühl. Die neutralisierte psychische Intensität wird über die (persönlichkeitsspezifische) Neutralisierungsrate direkt von Affektbeträgen abgezogen. Sie steuert die Funktionalität von Ich-Funktionen und ist eine Bewertungsform [DBD+14, S. 126]. Da die neutralisierte Intensität nicht in den Erinnerungen vorhanden ist und nur zur Steuerung des Funktionsumfangs in den Funktionen des Sekundärprozesses verwendet wird, kann die neutralisierte Intensität keinen direkten Beitrag zum Lernen leisten und wird deshalb nicht weiter betrachtet. Die Gefühle stellen im Modell von SiMA die bewusste Form der Basisemotion bzw. der erweiterten Emotion [Sch16b, S. 107- 108] dar.

Die Bewertungsgrößen werden in SiMA für die Handlungsentscheidung herangezogen [DBD+14, S. 69]. Sie haben damit einen elementaren Anteil an der Entscheidungsfindung. Des Weiteren drückt die Bewertung die Gewichtung gegenüber anderen Elementen aus. Daraus können Relevanz und

Wichtigkeit für das System ermittelt werden, was als Einflussfaktor für das Übertragen vom Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis verwendet werden kann. Damit sind Bewertungen die maßgeblichen Faktoren im Erstellen neuer Erinnerungen.

Sehen wir uns die Bewertungsgrößen im Detail an. Als erste Größe nehmen wir den Affektbetrag. Er repräsentiert in den Erinnerungen die erwartete Reduktion eines bestimmten Triebes [BDD+15, S. 77]. Dabei ist der Affektbetrag mit einem Objekt und einer Aktion zu einem Triebnetz verknüpft. Aktuell werden mit solchen Erinnerungen in SiMA nur Handlungswünsche aktiviert. Die erlebte Befriedigung eines Triebes wird in SiMA wahrgenommen. Das erfolgt jedoch nur in Form von Lust- und Unlustgenerierung. Daher fehlt es an einer kompletten Wahrnehmung des Befriedigungserlebnisses [DBD+14, S. 129], [Fre00, S. 571]. Eine neu eingeführte Befriedigungserinnerung [FB18] soll, wie in den Erinnerungen, die aktuelle Wahrnehmung der Triebbefriedigung mit einer Aktion und einem Objekt assoziieren. Die dabei entstehenden Informationen werden im Kurzzeitgedächtnis gespeichert und bei entsprechend hoher Lernintensität ins Langzeitgedächtnis übertragen.

Durch die neue Befriedigungserinnerung [FB18] wird es nicht nur möglich, neue Befriedigungsmöglichkeiten zu erlernen, sondern auch bestehende Triebnetze entsprechend der erlebten Befriedigung anzupassen. Damit können alle für die Triebbefriedigung relevanten Handlungen und Objekte vom System selbst erlernt werden. Eine aufwendige und fehleranfällige Parametrierung wie in der Vergangenheit ist somit für Triebnetze nicht mehr notwendig.

Eine weitere Bewertungsgröße ist die Emotion [DBD+14, S. 69]. Sie wird als Emotionsvektor aus Skalaren von Lust, Unlust (die Summe aller Affektbeträge), Affektbeträge aggressiver Triebkomponenten und Affektbeträge libidinöser Triebkomponenten dargestellt [Sch16b, S. 106 f.]. Daraus ergeben sich dann die Basisemotionen und die erweiterten Emotionen. In der Umwandlungsschiene werden schlussendlich Gefühle, durch die Basisemotionen und erweiterten Emotionen, aktiviert. In der aktuellen Implementierung werden die Emotionen zur Ansteuerung des Körperausdrucks (Erröten, Schwitzen, usw.) verwendet [Sch16a, S. 17 f.]. Gefühle werden auch zur Wiedererkennung von Situationen in den Erinnerungen benutzt. Des Weiteren werden Gefühle zur Auswertung des erwarteten Lustgewinns bzw. der erwarteten Unlust verwendet, um erwartete Zustandsänderungen des Systems abschätzen zu können. Durch diese Eigenschaften eignen sich Emotionen und Gefühle für die Aufnahme ins Lernkonzept. Wie die Bewertungsgrößen für Lernen genutzt werden können, wird im nächsten Kapitel beschrieben, da zunächst die Funktion von Akten in SiMA erweitert werden muss.

3.6 Akte und Lernen

Akte sind in den Erinnerungen gespeicherte Handlungen, die zu einem bestimmten erwarteten Ergebnis führen sollen [Zei10, S. 60 f.], [Wen16, S. 54 f.]. Die Handlungen machten es dem Agenten möglich, Erinnerungen für die Handlungsentscheidung zu nutzen. Die Funktion, welche erfahrungsbasierte Handlungsentscheidungen ermöglicht, wurde von Alexander Wendt [Wen16, S. 69 f.] entwickelt und im SiMA-Modell implementiert.

Ein Akt besteht aus einer beliebigen Anzahl von Images (mindestens zwei) [BDD+15, S. 69 f.]. Die Images beinhalten alle Symbole, die in einem bestimmten Augenblick aktiv sind. Durch einen Akt können die im Primärprozess erstellten Images im Sekundärprozess in eine kausale Reihenfolge gebracht werden. Dadurch kann das System Entscheidungen treffen, um von einem Image, das den Ausgangszustand repräsentiert, zu einem anderen Image, das den Endzustand repräsentiert, zu kommen [DBD+14, S. 96]. So kann eine chronologische Ursache-Wirkungs-Verkettung hergestellt werden. Akte sind für die Entscheidungen im SiMA-Modell von entscheidender Bedeutung.

Ein wichtiger Punkt beim Lernen mit Akten ist das letzte Image des Aktes. Aktuell wird in dem Image aber nur der Endzustand durch die Wahrnehmung der Umwelt ohne die Wahrnehmung des Körpers dargestellt. Dadurch wird aber der Akt beendet (z. B. ‚Fleisch essen‘ endet damit, dass das Fleisch nicht mehr wahrnehmbar und somit aufgegessen ist) und die positiven Erfahrungen der Handlung (z. B. das gegessene Fleisch befriedigt den Hunger) können daher nicht validiert werden und auch somit keinem spezifischen Moment mehr zugeordnet werden. Deshalb muss ein weiteres Image am Ende eines jeden Aktes eingeführt werden, um das Ende durch die komplette Zustandsänderung in Körper und Psyche zu kennzeichnen. Dadurch kann eine komplette Ursachen-Wirkungs-Kette erzeugt werden. Die positiven oder negativen Effekte auf den Agenten werden damit dem Akt zuordenbar und der Agent erhält eine vollständige Erinnerung, was seine Aktionen in der jeweiligen Situation für Auswirkungen hatten.

3.6.1 Bewertungen in Akten

Ein Akt besteht aus verschiedenen Images [DBD+14, S. 96 f.]. Die Images stellen einzelne Situationen dar, die in SiMA mit Emotionen bewertet sind [Sch16b, S. 108 ff.]. Eine weitere Bewertung, die in Images zu finden ist, ist der Affektbetrag, welcher über eine Triebrepräsentanz mit einem Objekt verknüpft gespeichert wird. Der Fokus in der Bewertung von Akten liegt jedoch auf den Emotionen, da das Image alle Wahrnehmungen eines Augenblicks vereint und die Emotionen eine Gesamtbewertung des psychischen und somit auch körperlichen Zustandes im Augenblick darstellen. Im Folgenden soll gezeigt werden, welche Funktionalität die Bewertungen durch Emotionen haben, und wie sie schlussendlich assoziiert mit Images erlernt werden können.

Wozu benötigen Images eine emotionale Bewertung? Mit der Frage wollen wir zunächst den Sinn hinter den in den Erinnerungen gespeicherten Informationen ermitteln. Im aktuellen Modell von SiMA stellen Akte Erinnerungen an erlebte Handlungsabläufe dar. Da ein Akt eine Kette aus Images ist, wollen wir genauer auf sie eingehen. Ein Image ist ein Objekt in SiMA, das alle durch die Wahrnehmung aktivierten Objekte miteinander verknüpft. Da sich in der Wahrnehmung auch die Selbstwahrnehmung wiederfindet, ist sie auch als Objekt im Image vorhanden. Selbstwahrnehmung ist auch verknüpft mit dem aktuellen Status des Systems, der in SiMA durch eine Emotion dargestellt wird. Das wahrgenommene Image enthält den aktuellen Zustand des Agenten. Dadurch kann der Agent Situationen wiedererkennen, die sich zwar über die Wahrnehmung der Umwelt und des Körpers nicht unterscheiden, aber über die Emotionen [FB17] sehr wohl Unterschiede erkennen lassen.

Der Agent kann damit die Wahrnehmung noch genauer unterteilen und Aktionen zielgerichtet einsetzen. Ist der Agent wütend, so sucht er eher nach Aktionen, die mit der Wut assoziiert sind und begrenzt so seine Entscheidungsvielfalt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass jede Wahrnehmung als Image durch Emotionen bewertet erstellt wird. Die Images werden in Akten in einer zeitlichen Reihenfolge miteinander verknüpft. Dadurch kann das System sich die zu erwartende Verbesserung bzw. Verschlechterung vorberechnen [Sch16b, S. 108 ff.] und auf dieser Basis eine Entscheidung treffen. Lernen kann damit in SiMA durch Aktualisierung der Bewertungen in den Akten erfolgen.

3.6.2 Der Moment

Ein einziger Augenblick wird in SiMA zu einem Gesamtbild, dem Wahrnehmungs-Image [DBD+14, S. 91]. Im weiteren Verlauf wird das Wahrnehmungs-Image mit den erinnerten Images im aktuell ausgeführten Akt verglichen und assoziiert. Das Ergebnis der Vergleichsoperation ist die Erkennung des Moments [Wen16, S. 73-76], der sowohl bekannt (hohe Übereinstimmung mit Erinnerungen) als auch unbekannt (zu wenig Übereinstimmung mit Erinnerungen) sein kann. Ein Moment ist ein abstraktes Image, das einen spezifischen Zeitpunkt in einem Akt darstellt. Dadurch kann der Agent erkennen, in welchem Abschnitt des Aktes er sich befindet und die nächsten Schritte abrufen, die zur vollständigen Abarbeitung des Aktes notwendig sind. Details zu dem Vorgang werden in [Wen16, S. 75-79] beschrieben.

Dem Moment kommt hier auch noch eine zweite Aufgabe zu. Er wird hier auch als Ankerpunkt für alle neuen Erlebnisse und Erfahrungen verwendet. Zunächst um sie im Kurzzeitgedächtnis für die Wahrnehmung der aktuellen Situation zu speichern. Bei der weiteren Verarbeitung werden die Informationen dann bei einer Lernintensität über der Lernschwelle ins Langzeitgedächtnis übertragen. Der Moment schafft hier eine Assoziation zwischen dem Wahrnehmungs-Image und einem Image des aktuell aktiven Aktes. Dadurch können neu gewonnene Informationen, wie emotionale Bewertung, Situationsdetails oder Objektdetails in bereits vorhandene Akte einfließen, um die Entscheidungen in der Zukunft zu verbessern.

Da zumeist immer mehrere Augenblicke und somit Wahrnehmungs-Images mit einem Moment assoziiert werden, muss der Moment von einer reinen Zustandsbezeichnung zu einem eigenständigen Objekt im System werden. Das Objekt wird wie zuvor schon beschrieben dann im Kurzzeitgedächtnis als Image gespeichert. Da ein Moment über mehrere Zyklen andauern kann, muss die Bewertung durch Emotionen und Gefühle angepasst werden. Das erfolgt mittels Gleichung (3.2). Je aktueller die Werte sind, desto mehr Einfluss haben sie auf die sich ergebende Gesamtbewertung. Dadurch fließt der zeitliche Verlauf in die Berechnung der Lernintensität, Gleichung²² (3.1), ein. Die Festlegung auf

²² Die Gleichung wurde durch logische Überlegungen und im interdisziplinären Diskurs erstellt (siehe Kapitel 1.5) und hat sich in den Simulationsexperimenten bewährt (siehe Kapitel 6).

fünf Einträge erfolgte durch das bereits im Projekt SiMA in [Wen16, S. 85] eingeführte Arbeitsgedächtnis (Working memory), das als Ringspeicher konstruiert wurde, der immer die letzten fünf mentalen Situationen beinhaltet.

$$B_{\text{ges}} = \sum_{i=0}^4 B_{t-i} * \frac{5-i}{5} \quad (3.2)$$

B_t ... aktuelle Bewertung

B_{t-i} ... Bewertung i -Schritte vor der aktuellen Bewertung

B_{ges} ... neue Gesamtbewertung im Kurzzeitgedächtnis

Die Berechnung der Bewertungen erfolgt für alle 4 Parameter des Emotionsvektors genauso wie für assoziierte Gefühle oder Affektbeträge. Die Bewertungen werden so lange aktualisiert, bis der aktuelle wahrgenommene Moment ein anderes Image aktiviert. Um neue Momente erkennen zu können, wurde ein neuer Persönlichkeitsparameter definiert. Er beinhaltet einen definierten Schwellwert für die Abweichung zwischen wahrgenommenen Moment und erinnerten Moment, ab dem ein Moment als erkannt oder nicht erkannt und damit als neu angelegt wird. Somit ist die Voraussetzung für die Erstellung neuer Images und Akte gegeben.

3.7 Bildung von Erinnerungsfragmenten

Nun wollen wir uns der Bildung von einzelnen Erinnerungsfragmenten im Langzeitgedächtnis widmen. Wie in Kapitel 2.3 schon aufgezeigt wurde, können Erinnerungen in SiMA aktuell nicht gebildet werden. Damit existieren weder Konzepte noch Funktionen im SiMA-Modell [Wen16, S. 85], [BDD+15, S. 80], um die Aufgabe zu lösen. Erinnerungen werden in einer Datenbank von Entwicklern erstellt und verändern sich nicht zur Laufzeit des Systems. Wie kann das System erweitert werden, um neue Erlebnisse und Erfahrungen in der Datenbank speichern zu können? Genau das soll im Folgenden erörtert werden.

Zunächst müssen die in Kapitel 2.1 ermittelten Basisinformationen für Lernen in SiMA aufgegriffen werden. Erinnerungen werden in Form verschiedener Objekte gespeichert. Die Objekte sind mittels Assoziationen [DBD+14, S. 90] miteinander verbunden. Die Stärke der Assoziationen wird bis jetzt immer mit 1,0 angegeben [BDD+15, S. 96]. Der Umstand muss geändert werden, um die Integration neuer Erinnerungen in die bestehenden Erinnerungen zu ermöglichen.

Prinzipiell wäre es möglich, neue Erinnerungen immer als neue Instanzen anzulegen und mit einer Assoziationsstärke von 1,0 zu gewichten. Dann müssen die Gewichtungen bei jeder Aktivierung aus einer Fülle von gespeicherten Informationen errechnet werden. Der Ansatz entspricht aber nicht der SiMA Theorie und Forschungsergebnissen aus der Neurologie [GMM10, S. 68-81]. In SiMA wird die These verfolgt, dass Objekte in bewerteter Form vorliegen. Deshalb müssen andere Lösungswege zur Integration neuer Erinnerungen gefunden werden.

Bewertungen werden in SiMA aktuell durch feste Bewertungswerte gespeichert. Das soll durch mehrere Subsymbole ersetzt werden. Sie stehen für konkret erlebte Bewertungen, die dann über gewichtete Verbindungen miteinander assoziiert werden und so eine Gesamtbewertung erzeugen. Um eine Bewertung zu verändern, werden dann nur neue Assoziationen mit unterschiedlichen Assoziationsstärken gebildet. Diese Methode entspricht auch dem aktuellen Stand des Wissens über die Bildung von neuen Verbindungen im Gehirn [Spi12, S. 65 f.], [SK09, S. 148 f.].

Bei der Übertragung von Informationen aus dem Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis werden neue Verbindungen (Assoziationen) zwischen vorhandenen Informationselementen gebildet. Die Verbindungen sind gewichtet und können damit mehrere Informationen ins Verhältnis zueinander setzen. Ausgangsbasis für das Lernen ist dabei die Aktivierungsstärke der Bewertungselemente. Es wurden fünf Bewertungselemente mit 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, und 1,0 definiert. Wie das im Detail funktioniert, soll in den folgenden Zeilen gezeigt werden.

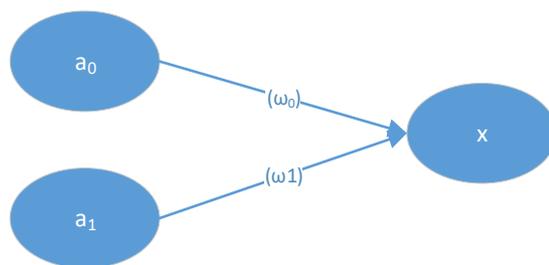


Abbildung 3.3: Beispiels für die Summenbewertung eines Element x ;
 a_0 und a_1 sind Bewertungen; (ω_0) und (ω_1) sind die Verbindungsstärken zu den Elementen a_0 und a_1 ;
 x ist ein Element mit der neu gebildeten Bewertung

In Abbildung 3.3 ist ein Beispiel für das Konzept, wie eine Wahrnehmung im Moment durch die Aktivierung von Erinnerungen und deren Bewertung eine Gesamtbewertung für das Element x ergibt, dargestellt. Die Gesamtbewertung kann bei entsprechend hoher Lernintensität dann ins Langzeitgedächtnis übertragen werden. Doch zunächst zur Berechnung²³ der Gesamtbewertung von x , die sich wie folgt darstellen lässt:

$$x_t = \frac{\sum_{i=0}^n a_{it} * \omega_{it}}{\sum_{i=0}^n \omega_{it}} \tag{3.3}$$

- x_t ... aktuelle Summenbewertung zum Zeitpunkt t
- n ... Summe der erinnerten Bewertungen zum Zeitpunkt t
- a_{it} ... spezifische erinnerte Bewertung i zum Zeitpunkt t
- ω_{it} ... Assoziationsstärke zur erinnerten Bewertung i zum Zeitpunkt t

²³ Die Gleichung wurde durch logische Überlegungen und im interdisziplinären Diskurs erstellt (siehe Kapitel 1.5) und hat sich in den Simulationsexperimenten bewährt (siehe Kapitel 6).

Basierend auf der Gleichung (3.3) wird eine Gesamtbewertung für eine bestimmte Wahrnehmung aus den aktivierten Erinnerungen und deren Bewertung errechnet. Die zugrundeliegenden Basisbewertungen aus den Erinnerungen wurden zunächst angenommen. Im nächsten Schritt können sie aber ebenfalls erlernt werden. Dafür wurde ein Schwellwert definiert. Ist die Differenz der aktuellen Wahrnehmung und die aller vorhandenen Erinnerungen größer als der Schwellwert, so wird die Bewertung der Wahrnehmung als eigenständiges Exemplar gespeichert und nicht über Assoziationen, wie das der Fall ist, wenn der Schwellwert nicht überschritten wird. Dadurch kann das System ohne vorherige bewertete Erinnerungen selbst die notwendigen Basisinformationen erzeugen, die dann mit folgenden Wahrnehmungen assoziiert werden. Folgende Wahrnehmungen werden damit ins Verhältnis zur bereits bestehenden Erinnerung gesetzt. Da vorhandene Elemente wiederverwendet werden und nur mehr Verbindungen erstellt werden müssen, ist die Anzahl an neu zu erstellenden Elementen gering. Die Tatsache, dass Informationen immer an bereits vorhandenen Informationen angeknüpft werden, passt zur Idee von menschlichem Lernen und damit ins SiMA-Konzept.

Ein kurzes Beispiel mit den in Abbildung 3.3 gezeigten Elementen soll das Konzept der Generierung von neuen Erinnerungen in SiMA verdeutlichen. Dabei nehmen wir an, dass Affektbeträge zu ein und demselben Objekt erlernt werden. Die Schritt für Schritt erlernten Affektbeträge sind in Tabelle 3.1 dargestellt. Zunächst wird a_0 als Affektbetrag von 0,3 wahrgenommen und erlernt. Da ein Bewertungselement mit 0,3 vorhanden ist, entfällt die volle Verbindungsstärke von 1,0 auf eine Verbindung. Im 2. Schritt erfolgt eine Wahrnehmung mit einem höheren Affektbetrag von 0,5. Es entsteht wieder ein neues Element mit Verbindungsstärke 1,0 zum Bewertungselement 0,5. Die Gesamtbewertung von x beträgt laut Gleichung (3.3) 0,4. Im 3. Schritt wird dann ein Affektbetrag von 0,35 wahrgenommen. Das erfolgt durch die Aktivierung von a_0 mit einer Assoziationsstärke von 0,75 und durch die Aktivierung von a_1 mit einer Assoziationsstärke von 0,25. Die Assoziationsstärken erhöhen die aktuellen Assoziationsstärken ω_0 und ω_1 . Die Berechnung des Affektbetrages von x erfolgt über Gleichung (3.3) und ergibt 0,383.

Schritt	Affektbetrag-Wahrnehmung	ω_0	ω_1
1	0,3	1	-
2	0,5	1	1
3	0,35	1,75	1,25

Tabelle 3.1: Wertetabelle für die Beispielrechnung eines Affektbetrages

Diese Form der Informationsnutzung sichert eine sehr hohe Auflösung und dadurch eine sehr genaue Einordnung von neu wahrgenommenen Informationen in die bereits vorhandene Struktur. Da das Ge-

hirn mehr wie ein OTP-ROM (one time programmable read only memory – nur einmal programmierbarer lesbarer Speicher) aufgebaut ist, das die aktive Löschung²⁴ von Informationen nicht unterstützt, müssen neue Informationen immer an die bestehenden angeknüpft werden. Die Stärke der Assoziationen ist durch die Gleichung (3.3) nicht mehr an die Normierung von 0 bis 1 gebunden, da das Ergebnis der Gleichung immer normierte Werte liefert. Daher können neue Bewertungen zu den bestehenden Assoziationsstärken hinzugefügt werden.

3.8 Gedächtnis

Das Gedächtnis wurde im SiMA-Modell, wie bereits in Kapitel 2.3.1 beschrieben, in Lang- und Kurzzeitgedächtnis unterteilt. Die Trennung in Kurz- und Langzeitgedächtnis wird in SiMA durch die Aktivierung vorgenommen. Aktivierte Elemente des Langzeitgedächtnisses sind damit im Kurzzeitgedächtnis und somit veränderbar. Die Veränderung erfolgt durch die Bildung neuer Verbindungen zwischen den Elementen im Kurzzeitgedächtnis. Die Verbindungen im Kurzzeitgedächtnis lösen sich wieder komplett auf, wenn die Lernintensität die Lernschwelle nicht überschreitet. Wird die Lernschwelle überschritten, so bilden sich neue Verbindungen im Langzeitgedächtnis wie in Kapitel 3.7 beschrieben. In Abbildung 3.4 sieht man in Grün aktivierte Elemente des Kurzzeitgedächtnisses. Durch die äußere Wahrnehmung wird das Image 3, das bereits mit Emotion 2 assoziiert ist, von Akt 1 aktiviert und durch die Triebe²⁵ (andere Faktoren werden hier nicht dargestellt um das Beispiel möglichst einfach zu halten) werden zusätzlich die Emotionen 1 und 3 aktiviert. Durch die in Rot eingezeichneten neuen Verbindungen entsteht für Image 3 eine neue Gesamtbewertung aus Emotion 1, 2 und 3 im Kurzzeitgedächtnis. Wie die Verbindungen entstehen, wurde bereits in Kapitel 3.7 – Bildung von Erinnerungsfragmenten – dargelegt.

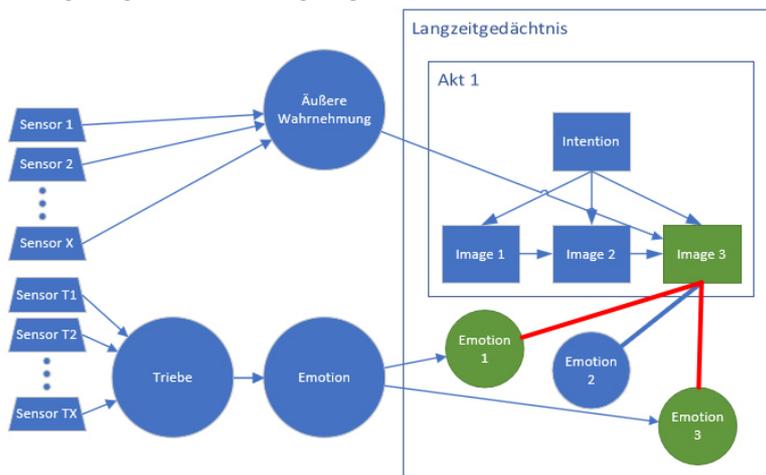


Abbildung 3.4: Langzeitgedächtnis mit aktivierten Elementen (grün – Kurzzeitgedächtnis)

²⁴ Eine Löschung von Informationen tritt passiv beim Menschen durch Verkümmern und Absterben von nicht mehr aktivierten Erinnerungen auf [Kan07, S. 237].

²⁵ Mit Triebe werden im Folgenden Triebrepräsenzen bezeichnet.

Damit die Verbindungen auch für spätere Entscheidungen zur Verfügung stehen, muss die Lernintensität (siehe Kapitel 3.1) entsprechend hoch sein. Der Transfer von neuen Verbindungen aus dem Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis erfolgt erst bei einer entsprechenden Lernintensität und damit aus dem Zusammenspiel einer entsprechend hohen emotionalen Bewertungen, einer entsprechenden Aktivierungsdauer und einer entsprechend hohen Summe aus Lust und Unlust im System.

In SiMA sind Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis zwei unterschiedliche Speicher, die aber bis auf neue Verbindungen im Kurzzeitgedächtnis ein und dieselben Informationen darstellen. Diese Aufteilung ist wahrscheinlich die wichtigste Unterteilung des Gedächtnisses und unterstützt die Trennung der unterschiedlichen Funktionen von Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis. Das Informationsspeicherungs-Schichtenmodell von SiMA ist in Abbildung 3.5 zusammen mit dem Funktionsschichtenmodell dargestellt. Die Funktionen der Psyche greifen über die Speicherzugriffssteuerung auf Kurz- und Langzeitgedächtnis zu. Die Informationen aus Kurz- und Langzeitgedächtnis stehen allen Funktionen der Psyche gleichzeitig zur Verfügung und können gleichzeitig gelesen und beschrieben werden.

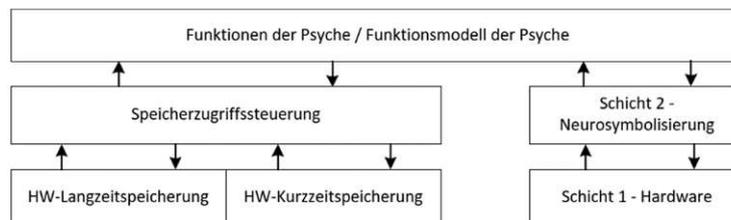


Abbildung 3.5: Informationsspeicherungs-Schichtenmodell und Funktionsschichtenmodell in SiMA

Die Funktionen der Psyche haben selbst kein Gedächtnis, aber eine Schnittstelle zum Gedächtnis. Das Informationsspeicherungs-Schichtenmodell und das Funktionsschichtenmodell haben nur über die Funktionen der Psyche eine Schnittstelle zueinander. Die restlichen Schichten arbeiten unabhängig voneinander. Die Speicher basieren auf physikalischen Elementen und befinden sich daher in der Schicht 1 des Informationsspeicherungs-Schichtenmodells. Darin enthalten sind die physikalisch notwendigen Elemente für die Langzeitspeicherung und die physikalischen Elemente für die Kurzzeitspeicherung. In einem Computer würden sich für die Langzeitspeicherung als äquivalente Speicherform hier ein PROM (Programmable Read-Only Memory) anbieten. Ein PROM hat die Eigenschaft, einmal Informationen zu erstellen (programmieren), die dann nicht mehr geändert werden können, jedoch dauerhaft (nur begrenzt durch die Lebensdauer) lesbar sind. Beim Menschen erklären Neurologen das Langzeitgedächtnis über die Bildung von Synapsen. Einmal gebildete synaptische Verbindungen lösen sich erst durch lange Inaktivität auf [Kan07, S. 237] oder durch Einwirkung und Zerstörung von außen (Demenz, Tumor) [DPD12, S. 6]. Durch die kurze Simulationsdauer in SiMA werden Erinnerungen im Langzeitgedächtnis als dauerhaft angenommen. Die Informationen können damit nicht mehr aktiv gelöscht werden.

3.9 Abstraktion

Die Ergebnisse aus den Simulationsexperimenten machten eine Schwäche im Modell deutlich. Der Agent konnte (ohne ein Template-Image) Objekte und Situationen nicht abstrakt einordnen. Es fehlte eine vollständige Kategorisierungsfunktion. Das Template-Image (Kapitel 2.3.3) erfüllt einen Teil der Funktion und wurde verwendet, um ein spezifisches Image mit einer ähnlichen Wahrnehmung zu assoziieren. Da die Akte alle Template-Images verwenden, ist keine Unterscheidung von spezifischen Wahrnehmungen bzw. Erinnerungen möglich. Als Beispiel sei hier die Erinnerung an das Essen eines Stückes Fleisch angeführt. In der Erinnerung geht der Agent zum Fleisch und isst es auf. Da der Akt aus Template-Images besteht, kann er ihn auf jedes essbare Objekt und in allen Situationen (mit oder ohne andere Agenten, weitere Objekte, ...) anwenden. Diese Generalisierung lässt aber keine spezifischen Erfahrungen zu, da immer eine generalisierte Erinnerung aktiviert wird. Damit besteht die Notwendigkeit einer Kategorisierungsfunktion, um Objekte, Agenten und Images nicht nur in bestehende Kategorien einzuteilen, sondern auch die Bildung neuer Kategorien zuzulassen. Die Funktionen werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

3.9.1 Kategorisierung von Objekten

Um ein Objekt kategorisieren zu können, muss man ein Unterscheidungskriterium festlegen. In [Muc13, S. 156] wird die Identifikation eines neuen Objektes über dessen Ähnlichkeiten zu den vorhandenen Gruppen vorgeschlagen. Das kann im ersten Schritt auf die Objekterkennung angewendet werden. Ein Objekt wie z. B. ein Apfel ist damit die Kategorie oder Gruppe, der ein neues Objekt zugeordnet werden soll. Wird eine festgesetzte Schwelle für alle bekannten Objekte nicht erreicht, so handelt es sich um ein neues Objekt. Für den Ähnlichkeitsvergleich werden die Klassen-Assoziationen der Objekte verwendet. In [Zei10, S. 57] wird dazu für Lernen vorgeschlagen, dass beim Erreichen einer bestimmten Stärke zwischen einem Sachvorstellungnetz (Objekt) und einer Sachvorstellungen (bestimmte Eigenschaft, wie z. B. die Farbe) diese als Klassen-Assoziation definiert wird. Klassen-Assoziationen, die für die Wiedererkennung und damit Kategorisierung von Objekten notwendig sind, können damit dynamisch erstellt bzw. angepasst werden. Typische Assoziationen, die meist keine Klassen-Assoziationen werden, sind die Größe oder die Entfernung und Position eines Objektes.

Die vorgeschlagenen Ansätze, um neue Objekte erkennen zu können, müssen ins SiMA-Modell integriert werden. Dabei zeigt sich, dass ohne Lernen erstens die Möglichkeiten zur Erkennung von Objektdetails sehr beschränkt sind und zweitens alle Vorarbeiten ohne Lernen das nicht berücksichtigt haben und die Wiedererkennung auf ein Maximum eingestellt wurde. Objekte wurden damit selbst ohne ähnliche Eigenschaften als ein bestimmtes Objekt wiedererkannt. Da die Simulationen jedoch immer passende Erinnerungen enthielten, funktionierte das für die Wiedererkennung von Objekten. Muss jetzt jedoch zwischen Bekanntem und Neuem unterschieden werden, benötigt es Unterscheidungsmerkmale, die erst definiert werden müssen. In SiMA werden Objekte visuell über Form und Farbe erkannt.

Beginnen wir mit der Farbe in SiMA. Farben wurden mit einer sechsstelligen Hexadezimalzahl angegeben, wobei die Ziffernposition 0 und 1 für die Farbe Blau, die Position 2 und 3 für die Farbe Grün und die Position 4 und 5 für die Farbe Rot stehen. Der Wertebereich der einzelnen Farben geht damit von 0 bis 255 und stellt die Intensität einer Farbe dar. Um die Ähnlichkeit von Farben zu berechnen, wird der euklidische Abstand verwendet. Die Berechnungsmethode ist zwar nicht identisch mit der menschlichen Farbwahrnehmung, ermöglicht es aber, Farben zu unterscheiden und genügt den Ansprüchen für eine erste Umsetzung des Modells.

Aktuell werden die drei Formen Kreis, Quadrat und Vieleck in SiMA verwendet. Auch hier könnte ähnlich wie bei den Farben ein Parameter aus Zahlen für Breite, Höhe und Länge erstellt werden und so eine Varianz erzeugt werden. In der vorliegenden Arbeit wurde das aber nicht umgesetzt, da die Unterscheidung über die Farben ausreichend für die Validierung der Simulationsexperimente war.

3.9.2 Kategorisierung von Agenten

Agenten haben im Gegensatz zu Objekten zusätzliche Eigenschaften. Um ein Objekt auch noch als Agent zu identifizieren, werden seine Eigenschaften mit Erinnerungen an den eigenen Körper sowie an Körper anderer bereits bekannter Agenten verglichen. Hier dienen vor allem die Körperausdrücke von Agenten als Unterscheidungsmerkmal zu Objekten, da nur die Agenten die Fähigkeit dafür besitzen. Um die Agenten untereinander zu unterscheiden, können Körperausdrücke nicht verwendet werden, da sie variabel sind. Hier muss wieder wie bei Objekten auf Form und Farbe zurückgegriffen werden. Wie bei Objekten wird der Schwerpunkt bei der Unterscheidung auf die Farben gelegt.

Um einen Agenten wiederzuerkennen, darf dessen Farbe einen bestimmten euklidischen Abstand, welcher in den Simulationsexperimenten ermittelt wurde, nicht überschreiten. Damit kann ein wahrgenommener Agent trotz leichter Unterschiede erkannt werden. Ist der euklidische Abstand zu allen Erinnerungen an frühere Wahrnehmungen von Agenten größer, so wird der wahrgenommene Agent als neuer und damit unbekannter Agent erkannt. Dadurch kann das System auch neue Agenten erlernen. Dabei werden die Eigenschaften der am nächsten kommenden Erinnerungen an andere Agenten verwendet. Um die Ähnlichkeit genauer bestimmen zu können, werden die einzelnen Farbanteile (rot, grün und blau) separat betrachtet und zusätzlich zum euklidischen Abstand gewichtet. Das ist notwendig, da die Farbdifferenz zwei Richtungen hat. Ein Farbanteil kann mehr oder weniger Intensität aufweisen. Liegt die Wahrnehmung einer Farbe zwischen zwei bereits bekannten Intensitäten, so werden beide Erinnerungen anteilig zu den jeweiligen Distanzen der Intensitäten gewichtet. Die Möglichkeiten, um neue Agenten in den Erinnerungen zu speichern, sind bis jetzt sehr reduziert, genügen aber, um einen ersten Ansatz von Lernen im Projekt SiMA zeigen zu können.

3.9.3 Kategorisierung von Images

Images werden in SiMA mit einem Schnappschuss einer Wahrnehmung eines Agenten gleichgesetzt. Das Image ist damit die oberste Ebene der Kategorisierung der Wahrnehmung, in der einzelne Ob-

jekte und Agenten miteinander in Beziehung gesetzt werden. Das Image wurde zuletzt in der Ausarbeitung von Alexander Wendt [Wen16, S. 45-48] in SiMA aufgegriffen. Dabei wurden in der Entwicklung von erfahrungsbasierten Entscheidungen Template-Images eingesetzt. Template-Images stellen dabei die Extraktion von essenziellen Eigenschaften aus einem Wahrnehmungs-Image dar. Damit wurden dem Agenten Erinnerungen mit essenziellen Eigenschaften implementiert, damit er einen bestimmten Handlungsablauf wiedererkennen (einer bestimmten Kategorie und damit einem Template-Image zuordnen) und auch durchführen kann.

Ein neues Wahrnehmungs-Image wird damit aber immer einem bestimmten Template-Image zugeordnet. Die Zuordnung ist aber nicht immer treffend, wenn es sich um Wahrnehmungen mit mehreren größeren Abweichungen handelt. Als besonders anschauliches Beispiel sei hier das Template-Image angeführt, das das Ende des Essens-Aktes kennzeichnet. Dabei erwartet der Agent im Template-Image einen leeren Raum genau vor sich. Damit passt das Image aber sehr oft zur momentanen Wahrnehmung, auch wenn der Agent sich nicht mit dem Thema Essen auseinandersetzt, da der Raum direkt vor ihm sehr häufig innerhalb eines Simulationsverlaufs leer ist. Um ein Wahrnehmungs-Image zu kategorisieren, benötigt man damit mehr Informationen als die Wahrnehmung der Umwelt im aktuellen Augenblick liefern kann. Verschiedene Abhängigkeiten wie z. B. ‚Ist mein Thema gerade Essen?‘ müssen berücksichtigt werden, um ein Wahrnehmungs-Image richtig kategorisieren zu können.

Aber selbst wenn der Agent alle Informationen berücksichtigt, kann es immer noch zur falschen Kategorisierung kommen. Der Grund dafür ist fehlendes Wissen. Wenn dem Agenten die Erinnerungen fehlen, die für eine Unterscheidung der wahrgenommenen Informationen notwendig sind, dann können sie durch den Entwickler vorgegeben werden. Da das aber beim Menschen nicht so funktioniert, muss es eine Funktion geben, die eine Entscheidung trifft, ob die richtige (kann natürlich nur subjektiv festgelegt sein) Kategorie für die aktuelle Wahrnehmung gefunden werden kann, oder nicht. Wenn die Funktion entscheidet, dass keine passende Kategorie gefunden wurde, muss eine neue Kategorie entstehen. Die Kategorie erbt dann alle Eigenschaften der am nächsten kommenden, aber nicht passenden Kategorien und erweitert sie um Eigenschaften, die nicht ähnlich²⁶ genug sind.

Die Differenzierung von Images zeigt, dass hier eine Fülle von Informationen verwendet werden muss, um die Aufgabe erfüllen zu können. Eine Differenzierung ist damit auch von der Erfahrung (Erinnerungen) eines Subjekts abhängig (was die Simulationsexperimente zeigen) und bezieht den Kontext [BEA15, S. 211 ff.], [GB75] einer Situation mit ein. Die Unterscheidung von z. B. Pokémon²⁷ ist für Personen, die sich damit intensiv auseinandersetzen, einfacher und zugleich auch wichtig. Die

²⁶ Diese Methode wurde durch logische Überlegungen und im interdisziplinären Diskurs erstellt (siehe Kapitel 1.5) und hat sich in den Simulationsexperimenten bewährt (siehe Kapitel 6).

²⁷ Pokémon sind Fantasiewesen. Es gibt über 800 verschiedene Pokémon von denen jedes einen eigenständigen Namen besitzt.

subjektive Wichtigkeit bzw. Notwendigkeit sind damit entscheidend für eine Differenzierung von Images, was in SiMA durch eine hohe Bewertung erreicht wird.

3.10 Körperlicher Schmerz in SiMA

Eine zentrale Frage in Agentensystemen ist die Rückmeldung des eigenen Körpers an die Steuereinheit. In SiMA wurden dabei verschiedene Sensoren [DDS+16, S. 48-51] implementiert und der Körper der Agenten entsprechend modelliert. In [Sch16b, S. 97-100] wurden dabei im Speziellen die Triebe im Detail erläutert und ganz explizit darauf hingewiesen, dass das Konzept von Schmerz noch nicht implementiert wurde [Sch16b, S. 98]. Gründe dafür finden sich im psychoanalytischen Modell und werden im folgenden Text dargelegt.

In der Psychoanalyse wird der Schmerz als Pseudotrieb [Cro09, S. 41], [Fre15, S. 249] gesehen. „Das Ziel dieses Pseudotriebes ist aber nur das Aufhören der Organveränderung und der mit ihr verbundenen Unlust. Andere, direkte Lust kann aus dem Aufhören des Schmerzes nicht gewonnen werden. Der Schmerz ist auch imperativ;...“ [Dae03, S. 28], [Fre15, S. 249]. Mit diesen Vorgaben wurde im interdisziplinären Diskurs der im Folgenden dargestellte modellierte körperliche Schmerz implementiert. Danach wurde die Implementierung durch Simulationen auf Funktionsfähigkeit geprüft und die Ergebnisse einem interdisziplinären Review unterzogen.

Die Implementierung SiMAi15 (Ausgangsbasis der vorliegenden Arbeit) beinhaltet keine Rückmeldungen an die Psyche, wenn ein Agent geschlagen wird. Die Agenten zeigten daher auch keine Reaktion darauf, wenn der Gesundheitszustand des eigenen Körpers sich verringerte.

Um den körperlichen Schmerz implementieren zu können, musste ein Konzept erstellt und in das bestehende System integriert werden. Dabei wurde die bestehende Struktur erweitert und Schnittstellen von der Schicht 1 bis zur Schicht 3 geschaffen, um die Repräsentanz von körperlichem Schmerz in der Psyche zu ermöglichen. Das Konzept wurde im interdisziplinären Diskurs erarbeitet, um systemische Fehler zu vermeiden und ein möglichst widerspruchsfreies und ganzheitliches Modell gewährleisten zu können.

Die Quelle von körperlichem Schmerz sind Sensorwerte des Körpers, die eine Veränderung am Körper anzeigen. Im Gegensatz zu Trieben kann ein Nachlassen von Schmerz keine Lust erzeugen. Daher

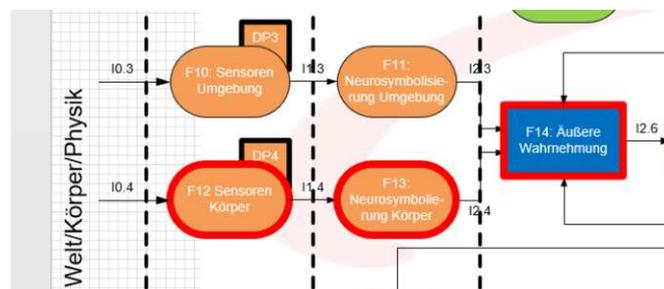


Abbildung 3.6: Ausschnitt aus dem SiMA Funktionsmodell mit für die Erzeugung von körperlichem Schmerz relevanten Funktionen (rot umrandet)

kann der Schmerz nicht in der Triebsschiene erzeugt werden. Er muss in der Wahrnehmungsschiene erzeugt werden und dort eine entsprechende Unlust produzieren. Die Unlust wird dann wiederum zur Erstellung von bewerteten Erinnerungen und Emotionen verwendet.

Zunächst aber zur Repräsentanz von Schmerz in der Psyche. In den Funktionen F12 (Abbildung 3.6) werden die Sensorwerte des Körpers erzeugt. Sie registrieren Veränderungen, wenn z. B. der Agent geschlagen wird. Die Sensorwerte werden dann an die Funktion F13 übergeben. In der Funktion F13 werden aus den Sensorwerten für die Psyche verarbeitbare Symbole erstellt. Sie beinhalten Werte sowie die Verknüpfung zu dem Symbol Gesundheitszustand²⁸. Alle Informationen werden dann der Psyche bereitgestellt und in der Funktion F14 weiterverarbeitet. Dabei wird eine Sachvorstellung zur Repräsentanz des Schmerzes erzeugt (Abbildung 3.7). Aus der Höhe und der Geschwindigkeit der Änderungen der Symbole wird dann die Höhe des körperlichen Schmerzes erstellt. In F14 wird aus der Höhe des Schmerzes auch eine entsprechend hohe Unlust erzeugt. Die Unlust wird in der Berechnung der Emotion berücksichtigt und zur Unlust durch die aktuelle Triebelage addiert und steht damit dem Funktionsmodell für die weitere Entscheidungsfindung und Erinnerungserstellung zur Verfügung.

Die Berechnung der Unlust in Funktion F14 erfolgt mittels Gleichung²⁹ (3.4) und (3.5). Dabei gehen die Änderung des Gesundheitswertes und die aktuelle Differenz zum maximalen Gesundheitswert ein. Der Gesundheitszustand in F14 wird im Bereich 0 bis 1 angegeben, wobei 1 der maximalen Gesundheit entspricht und 0 den Tod des Agenten darstellt. Die resultierende Unlust ist wieder im Bereich 0 bis 1 angegeben.

$$D_i = 1 - G_i \tag{3.4}$$

G_i ... aktuelle Gesundheit

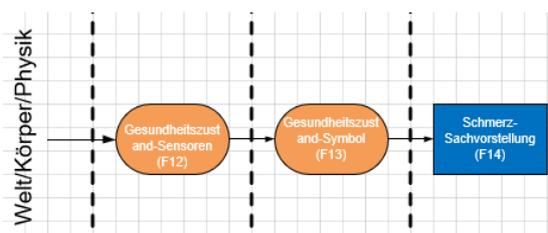


Abbildung 3.7: Bildung von Schmerz über Körpersensoren des Agenten

D_i ... aktuelle Differenz zur maximalen Gesundheit

²⁸ Der Gesundheitszustand ist eine im Modell vorläufig verwendete Hilfsgröße und soll in Zukunft aufgeschlüsselt werden.

²⁹ Die Gleichungen wurde durch logische Überlegungen und im interdisziplinären Diskurs erstellt (siehe Kapitel 1.5) und haben sich in den Simulationsexperimenten bewährt (siehe Kapitel 6).

$$U_i = (G_{i-1} - G_i) \times (1 - D_i) + D_i * D_i \quad (3.5)$$

U_i ... aktuelle neue Unlust

G_{i-1} ... Gesundheit aus dem letzten Zyklus

4. Simulator und Implementierung

„Der Zauber steckt immer im Detail.“

[Theodor Fontane]

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurde die Version SiMAi16 entwickelt und implementiert. Da die Implementierung des SiMA-Modells in ein Softwareprojekt sehr umfangreich war, soll hier der Fokus nur auf den wichtigsten Implementationen liegen. Dabei sollen vor allem Konzepte aus Kapitel 3 im Detail erläutert werden. Die Implementierung der Basisstruktur des SiMA-Software Projekts wird hier nur kurz erläutert und kann im Detail in [Zei10, S. 102-104] und [Deu11, S. 126-132] nachgelesen werden³⁰. Die allgemeine Beschreibung der Simulationsumgebung sowie des Körpers des Agenten findet man in [Zei10, S. 88-94], [Deu11, S. 116-126] und [Muc13, S. 113-119]. Zuerst folgt eine kurze Einführung in die Simulationsumgebung und danach werden die wichtigsten Implementierungen beleuchtet.

4.1 Simulationsplattform und SiMA-Welt

Zunächst sollen hier der Simulator und die SiMA-Welt vorgestellt werden. Das soll das Verständnis der nachfolgenden Simulationsexperimente ermöglichen und aufzeigen, was aktuell alles simuliert wird und was nicht. Konfiguration und Simulation der Simulationsexperimente finden im nachfolgend beschriebenen Simulator sowie in der darin aufgebauten Welt statt.

4.1.1 Simulator und Einstellungen

Im Projekt SiMA wird seit [Zei10] der Multiagentensimulator MASON (Multi-Agent Simulator Of Neighborhoods... or Networks... or something...) [Wen16, S. 91 f.] verwendet. Der Zweck des SiMA-Welt Simulators wird in [Muc13, S. 113-119] im Detail beschrieben. Nur so viel an dieser Stelle, der

³⁰ Um die Simulation verwenden zu können, mussten zunächst die alten Versionen auf einen einheitlichen Stand gebracht und funktionsfähig gemacht werden.

Simulator soll es ermöglichen, verschiedene Agenten zu erstellen, die in einer virtuellen Welt Aktionen setzen können. Die Aktionen und Objekte der Umgebung sowie der Agent selbst werden im nächsten Kapitel erläutert. Die entwickelte Welt dient dem Agenten als Aufgabenstellung, um verschiedene Problemfälle darstellen zu können. Dabei nimmt der Agent über Sensoren die Umgebung wahr. Der Körper des Agenten reagiert z. B. auf aufgenommene Nahrung mit einer Änderung der verfügbaren Energie usw.

MASON arbeitet in einem Zyklus, der aus vier Phasen besteht [Muc13, S. 117]. Jeder Zyklus stellt dabei einen kompletten Durchlauf durch die Funktionen im Funktionsmodell von SiMA dar. Im ersten Schritt werden die Parameter aller Körper (Agenten und Objekte) aktualisiert. Das kann z. B. die physische Bewegung durch das Einwirken einer Kraft auf den Körper sein. Im zweiten Schritt werden alle Sensorinformationen der Körper (Agenten) auf den aktuellen Stand gebracht. Im dritten Schritt werden Sensorinformationen durch das SiMA-Modell der menschlichen Psyche ausgewertet und bei Bedarf werden Aktionen aktiviert. Hierbei wird die Schicht 3 (Psyche) 10-mal durchlaufen, bis eine Aktion weitergeleitet wird. Die Aktionen werden dann im letzten Schritt, Schritt vier, in der Umwelt ausgeführt. Das führt wiederum zu einer Veränderung der Umwelt inklusive aller Körper. Durch die Veränderungen müssen wieder, beginnend mit Schritt eins, alle Werte aktualisiert werden und der Zyklus beginnt von Neuem.

Funktionen im Gehirn arbeiten asynchron, das SiMA Modell hingegen synchron. Damit werden alle Funktionen hintereinander entsprechend dem Informationsfluss in Abbildung 3.2 ausgeführt. Die synchrone Verarbeitung kann jedoch Problem bei Rückkopplungen verursachen. Das Funktionsmodell von SiMA hat mit der Imaginationsschiene einen Rückkopplungspfad. Damit es in dem System zu keinen Fehlern oder gar einem Schwingen kommt, muss das Modell mehrmals durchlaufen werden, ohne dass sich die Eingangsparameter und Ausgangsparameter ändern. Es werden aktuell mindestens zwei und maximal fünf Durchläufe benötigt, um stabile Werte im Modell zu erzeugen. Daher wurde aktuell eine Schleife von zehn Durchläufen implementiert. Aktionen durch die Psyche werden erst im 10. Durchlauf an den Körper weitergegeben. Das führt zu einer Entkoppelung von der Simulationsumgebung und dem Funktionsmodell der Psyche und verhindert unerwünschte Effekte der Änderung der Umwelt auf die Ergebnisse des Funktionsmodells der Psyche.

Um die internen Abläufe der Welt und der darin enthaltenen Agenten während der Simulation beobachten zu können, wurden Inspektoren eingeführt. Dadurch kann man, wenn man es so nennen mag, dem Agenten beim Denken zusehen. In [Muc13, S. 126] wird erwähnt, dass die Inspektoren zwischen den Funktionsmodulen in der Entscheidungseinheit implementiert (der Inspektor wird nach der zugehörigen Funktion ausgeführt) wurden. Die Inspektoren können beliebig verändert und erweitert werden und sollen dem Benutzer alles von einer groben Übersicht bis zu einer sehr detaillierten Sicht der Vorgänge bieten. Die Repräsentanz von Informationen im Modell wurde von [Zei10] entwickelt und wurde schon in Kapitel 2.3.3 erläutert. Der Simulator kann in jedem Schritt angehalten werden. Alle Informationen lassen sich beliebig speichern und anzeigen.

Die Simulationsumgebung wurde nochmals vom Autor dieser Arbeit auf die neueste Version von MASON gebracht. Eine Analyse des Wechsels auf eine andere Simulationsumgebung ergab nach Abwägung der Vor- und Nachteile einen geringen Nutzen und große Risiken bei der Umstellung. Denn außer einer optisch besseren Aufmachung und einer Verbesserung der Bedienbarkeit würde sonst kein Vorteil entstehen. Und trotz der eingeführten Schnittstelle zwischen Simulator und dem SiMA Software Projekt gibt es dennoch sehr viele simulatorspezifische Funktionen und Eigenheiten, die in einer neuen Simulationsumgebung erst einmal implementiert und vor allem wieder korrekt funktionieren müssten. Die zu erwartenden Fehler durch Fehlinterpretation der vorangegangenen Implementierungen waren ebenfalls ein hohes Risiko. Alle Faktoren führten, wie schon erwähnt, zum Entschluss, MASON nur auf den neuesten Stand zu bringen. Gleichzeitig wurden jedoch neue Funktionen eingeführt, um Simulationsergebnisse besser darstellen zu können. Damit genügt MASON der weiteren Entwicklung des SiMA-Modells.

4.1.2 SiMA-Agent und SiMA-Welt

Innerhalb der MASON-Simulationsumgebung wurde die SiMA-Welt entwickelt. Sie soll die Anforderungen der Simulationsexperimente möglichst vollständig abdecken und durch entsprechende Bilder darstellen. In der SiMA-Welt werden SiMA-Agenten (Agenten mit SiMA Funktionsmodell) und Objekte platziert und so deren Interaktion ermöglicht.

SiMA-Welt

Die SiMA-Welt entspricht einer abstrakten Darstellung der SiMA Craft Vision aus [Wen16, S. 6]. Es gibt verschiedene Objekte, deren physikalisches Verhalten in programmierten Funktionen hinterlegt ist. Ein Apfel beispielsweise verliert an Masse, wenn ein Agent davon abbeißt. Die Bezeichnungen aller Objekte und Agenten aus der Simulation werden im weiteren Text mit spitzen Klammern hervorgehoben. Wie in Abbildung 4.1 dargestellt, ist die Welt wie ein Käfig aufgebaut, der mit einer Wand (<WALL>) umrandet wird. Darin werden Nahrungsquellen (<MEAT>, <CARROT> und <RED APPLE>), Hindernisse (<STONE> und <WALL>) und Agenten (<ADAM> und <BODO>) platziert. In der vorliegenden Arbeit werden noch zusätzlich die Agenten <CARL>, <DOUG> und <EMIR> verwendet.

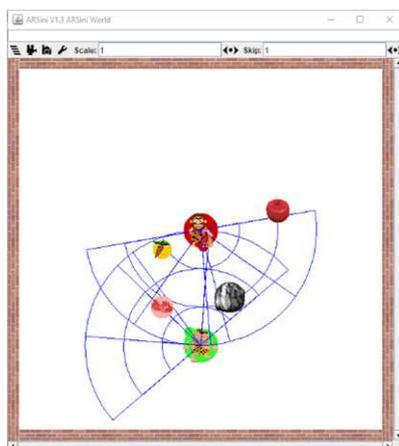


Abbildung 4.1: Simulationswelt von SiMA

Alle weiteren Objekte und Agenten werden nicht verwendet. Die SiMA-Welt wird für jedes Simulationsexperiment so konfiguriert, dass sich eine bestimmte Situation für den Agenten darstellt, die er lösen muss.

SiMA-Agent

Der SiMA-Agent kann nochmals grob in zwei Teile, Körper und Psyche, eingeteilt werden. Der Körper beinhaltet dabei Mageninhalt, Energieverbrauch, internen Druck, Körperzustand, Ausdauer, Magen-spannung, Adrenalin, Blutzucker, Energie, Körpertemperatur und Gesundheitszustand [DBD+14, S. 108]. Aus den eben erwähnten Quellen werden Trieb³¹- und Wahrnehmungssymbole erzeugt. In der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus auf der Energie und dem Gesundheitszustand des Agenten. Die Energie wird aus Nahrungsquellen, entsprechend ihren Nährstoffen, gewonnen, was in [Deu11, S. 119] erarbeitet wurde. Der Gesundheitszustand verändert sich, wenn schlechte Nahrung konsumiert oder der Agent geschlagen oder gebissen wird [Deu11, S. 123]. In der aktuellen simplen Implementierung liegen Gesundheitszustand und Energie des Agenten im Wertebereich von 0 bis 1, wobei 1 das Maximum an Energie bzw. Gesundheit bedeutet. Energie wird über die Bewegung des Körpers durch Aktoren des Körpers verbraucht. Über die Aufnahme von Nahrungsquellen kann die Energie wieder aufgefüllt werden. Die Notwendigkeiten, Essen zu konsumieren und den Gesundheitszustand zu wahren, triggern Triebe im Funktionsmodell des Agenten. Da nur diese Triebe relevant sind, werden die anderen Körperfunktionen der Simulation hier nicht erläutert. Für detaillierte Informationen über den Körper kann unter [Deu11, S. 119-125] nachgeschlagen werden.

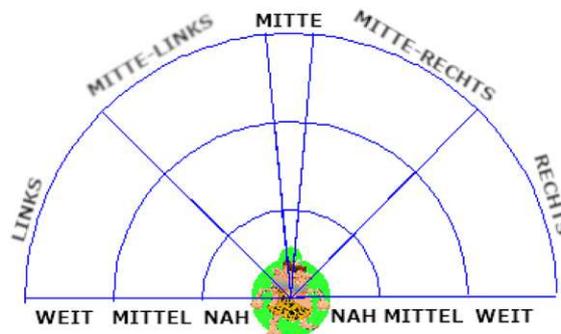


Abbildung 4.2: Agent <ADAM> und sein Sichtfeld

In Abbildung 4.2 wird ein SiMA-Agent mit seinem visuellen Feld gezeigt. Das visuelle Feld ist, wie in der Darstellung ersichtlich, begrenzt und in verschiedene Sektoren eingeteilt. Die Sektoren werden durch Angaben der Distanz und der Winkelposition ermittelt. Die Distanzen sind in nah (<NEAR>), mittel (<MEDIUM>) und weit (<FAR>) eingeteilt. Die Winkelposition kann mit links (<LEFT>), Mitte-links (<MIDDLE_LEFT>), Mitte (<CENTER>), Mitte-rechts (<MIDDLE_RIGHT>) und rechts (<RIGHT>)

³¹ Zur besseren Lesbarkeit werden im Folgenden Triebrepräsenzen als Triebe bezeichnet, da es in SiMA hauptsächlich um die Schicht 3 geht und hier nur aus Trieben erzeugte Triebrepräsenzen verarbeitet werden.

angegeben werden. Agenten können nur Aktionen an Objekten ausführen, wenn die entsprechenden Objekte im Sektor Mitte und nah (<CENTER, NEAR>) liegen. Daher müssen sich Agenten erst zu den Objekten bewegen, um dann eine Aktion mit ihm ausführen zu können.

Verfügbare Aktionen von Agenten

Um Objekte in der SiMA-Welt manipulieren zu können, muss ein Agent Aktionen ausführen. Die Aktionen werden in Abbildung 4.3 dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass sich der Agent vorwärts und rückwärts bewegen, sowie nach links und rechts drehen kann. Dadurch kann der Agent seine Position verändern, um bestimmte Aktionen an Objekten ausführen zu können. Um Nahrungsquellen zu konsumieren, kann der Agent sie essen (<EAT>) oder in sie beißen (<BITE>). Des Weiteren kann der Agent Objekte in Stücke zerteilen (<DEVIDE>) und Objekte aufnehmen (<PICK_UP>) und so deren Position ändern. Um andere Objekte oder Agenten zu attackieren, kann der Agent auch schlagen (<BEAT>) und damit den Gesundheitszustand von anderen Agenten beeinflussen. In einigen Umsetzungen von



Abbildung 4.3: Aktionen eines SiMA-Agenten

Simulationen im Projekt SiMA wurden noch weitere Aktionen verwendet, die hier keine Berücksichtigung finden, da die Vielfalt an Aktionen ausreicht, um die entsprechenden entwickelten Funktionen ausreichend darstellen und testen zu können.

4.2 Wichtige Punkte der Implementierung von SiMAi16

Im Folgenden sollen die wichtigen Punkte der SiMAi16 Implementierung und Umsetzung, der in Kapitel 3 beschriebenen Konzepte, kurz beschrieben werden. Es mussten viele Informationselemente angepasst und etliche Funktionen in das bestehende Softwareprojekt integriert werden. Da eine detaillierte Beschreibung der Änderungen nur für SiMA Software-Entwickler von Bedeutung sind, soll hier nur eine zusammenfassende Beschreibung von Softwareteilen erfolgen, die das Verständnis von Konzeptumsetzung, Simulation und Simulationsergebnis ermöglichen.

4.2.1 Implementierte Gedächtnisspeicher in SiMA

Das Langzeitgedächtnis wird in SiMA im CLIPS (C Language Integrated Production System) Format in einer Datenbank gespeichert. Über das Programm Protégé [Zei10, S. 97-99] können die Informationen betrachtet und verändert werden. Da speziell Akte in SiMA sehr umfangreiche Informationsele-

mente und Assoziationen haben, wurde im ersten Schritt ein neues Schnittstellenprogramm, der Erinnerungseditor, geschaffen. Mithilfe des Programms lassen sich auf komfortable Art und Weise neue Akte als Erinnerungen erstellen und ins CLIPS Format übertragen. Das Programm wurde vom Autor der vorliegenden Arbeit erstellt. Eine Beschreibung findet sich im Anhang B der Arbeit. In Abbildung 4.4 wird eine beispielhafte Konfiguration gezeigt, die Erinnerungen an das Essen eines Kuchens als Akt mit 5 Images darstellen.

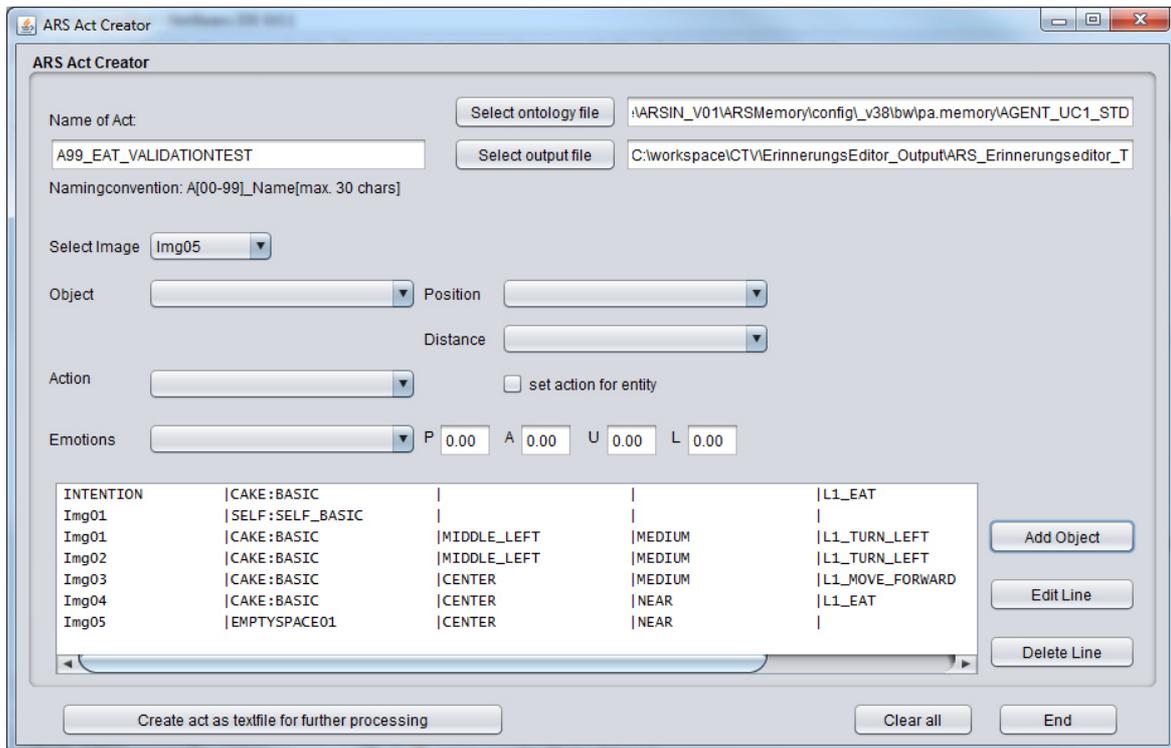


Abbildung 4.4: Erinnerungseditor für Akte in SiMA

Basierend auf Arbeiten mit dem Erinnerungseditor wurde die Schnittstelle zum Langzeitgedächtnis erweitert, um Objekte und Assoziationen darin zu finden, modifizieren und speichern zu können. Die Schnittstelle wurde vorerst nur unvollständig implementiert, kann aber bei Bedarf beliebig erweitert werden. Das Kurzzeitgedächtnis wurde in SiMA vorerst als einfacher Ringspeicher definiert. Die Anzahl an Elementen wurde dabei auf fünf limitiert.

4.2.2 Lernen in den Funktionen

Der Begriff Lernen wurde schon in Kapitel 2.1 aufgearbeitet und eine eigene Definition für das Projekt SiMA wurde vorgenommen (Kapitel 3.1). Aus den Definitionen lässt sich ersehen, dass Lernen immer einen Bezug benötigt und auf etwas aufbaut. Da das Funktionsmodell in SiMA aus unterschiedlichen Funktionen besteht, kann Lernen nur durch die Erweiterung der Funktionen implementiert werden. Lernen besteht damit aus unterschiedlichen Funktionsteilen, die verschiedene Funktionen im Modell erweitern. Im Folgenden wird dargelegt, wie die Lernfunktionalität definiert und im SiMA-Projekt implementiert wurde.

Neue Objekte

Die Erkennung von Objekten der Umwelt passiert in SiMA in der Funktion F14 [DBD+14, S. 118 f.]. Dabei werden die Neurosymbole aus der Funktion F11 mit ähnlichen Erinnerungen (Sachvorstellungen) assoziiert. Es handelt sich dabei aber zunächst nicht um vollständige Objekte, sondern nur um Teile bzw. Eigenschaften von Objekten. Über die Teile bzw. Eigenschaften wird dann durch die Erinnerungen das Objekt mit der größtmöglichen Ähnlichkeit aktiviert. In SiMA sind das Sachvorstellungsnetze und damit zu einer Gruppe assoziierte Verbindungen von Sachvorstellungen.

Auf der linken Seite zeigt Abbildung 4.5 alle Neurosymbole, die der Agent <ADAM> wahrnimmt und in der Psyche (F14) zu Sachvorstellungen zusammenfügt (in der Abbildung 4.5 rechts zu sehen). Die Sachvorstellungen aktivieren schlussendlich Sachvorstellungsnetze, wie hier im Beispiel <MEAT>, <SELF> und <BODO>. Die Aktivierung von Sachvorstellungen und Sachvorstellungsnetze aus den Erinnerungen des Agenten erfolgt über deren Ähnlichkeit.

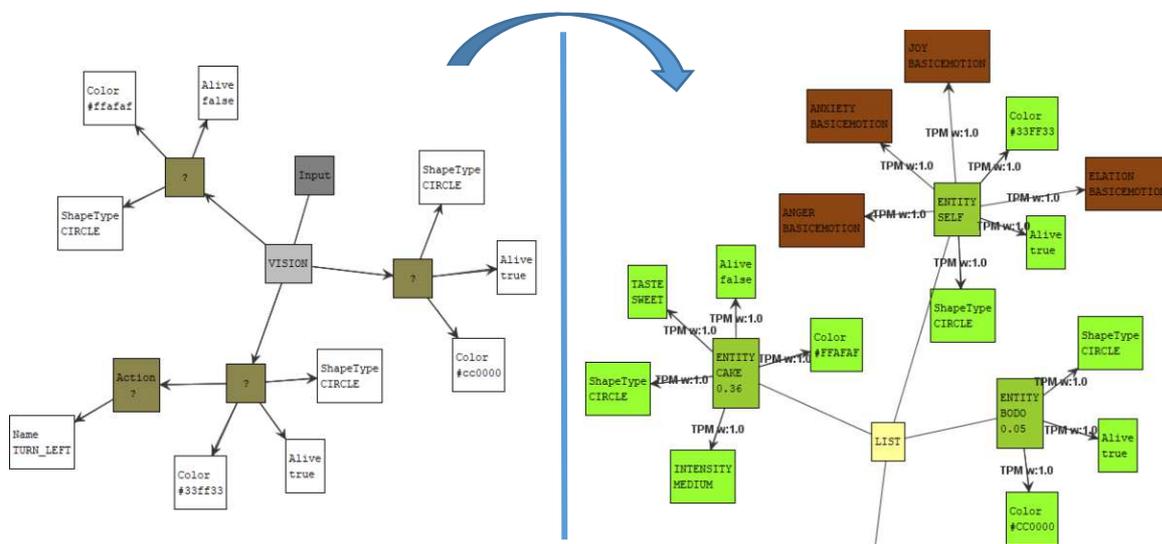


Abbildung 4.5: Wahrgenommene Neurosymbole aus der Funktion F11 und deren Aktivierung von Erinnerungen in der Funktion F14

Objekte wurden in SiMA über eine Aktivierungsstärke aktiviert. Die Aktivierungsstärke wird auf der Basis der Ähnlichkeitsbewertung und der Körperbezugsbewertung erstellt. Die Körperbezugsbewertung wird in F57 durchgeführt. Dabei wird der prozentuelle Anteil eines in den Triebnetzen befindlichen Objekts zur gesamten Triebblage bewertet. Die Bewertung gibt somit an, wie gut ein Objekt die aktuelle Triebblage verbessern würde. Die Hauptgröße in der Bewertungsfunktion ist der Affektbeitrag. Die Ähnlichkeitsbewertung hingegen prüft, wie viele Sachvorstellungen zu den Sachvorstellungsnetzen in den Erinnerungen passen. Die aktuelle Implementierung verwendet dabei eine binäre Vergleichsfunktion. Sind 3 Sachvorstellungen eines erinnerten Objekts mit 4 Sachvorstellungen eines wahrgenommenen Objekts identisch, so wird das erinnerte Objekt mit 75% aktiviert.

Um ein neues Objekt zu erlernen, müssen in SiMA erst die Rahmenbedingungen geschaffen werden. Dazu wurde zunächst ein Aktivierungsspeicher im Kurzzeitgedächtnis angelegt. Er nimmt alle wahrgenommenen Objekte auf. Weiters werden die Objekte mit den Erinnerungen assoziiert. Die Stärke der Assoziation ist dabei identisch mit der Aktivierungsstärke.

Neue Objekte werden aber nicht nur im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Sie werden auch, im Gegensatz zu vorherigen Implementierungen, nicht mehr durch die erinnerte Sachvorstellung ersetzt, sondern auch als neue Objekte weiterverarbeitet. Die Neuerung macht es möglich, neue Objekte auch den Lernfunktionen zugänglich zu machen. Dadurch können neue Objekte auch im Langzeitgedächtnis gespeichert werden.

Wie entstehen neue Objekte in der Funktion F14? Alle Teilobjekte und Eigenschaften kommen als Symbole miteinander verknüpft aus der Funktion F11 in die Funktion F14. Die Teilobjekte bzw. Eigenschaften werden dann mit den Erinnerungen verglichen und aktiviert. Alle aktivierten Erinnerungsteile ergeben dann im Verbund das Objekt. Wird das Objekt vollständig, über alle Objektteile erkannt, so wird kein neues Objekt gebildet, in allen anderen Fällen schon. Das soll nochmals mit der Hilfe eines Beispiels, dass in Abbildung 4.6 gezeigt wird, erläutert werden. Ein Objekt wird über die Sensoren wahrgenommen und in F11 zu Symbolen weiterverarbeitet. Dadurch entsteht ein Symbol für die Entität 1, die die Eigenschaften rund und dunkelrot hat. In F14 werden die Symbole mit Erinnerungen assoziiert. Dabei wird die Sachvorstellung rot nur mit 0,9 assoziiert. Aufgrund der Abweichung wird im Kurzzeitgedächtnis ein Sachvorstellungsnetz für die Entität 1 angelegt. Die Entität 1 ist mit der Sachvorstellung roter Apfel assoziiert. Tritt jetzt noch anstatt der erhofften Triebbefriedigung 1 eine Triebbefriedigung 2 auf, so kann die Entität 1, mit den in Abbildung 4.6 in Rot dargestellten Verknüpfungen, im Langzeitgedächtnis erzeugt werden.

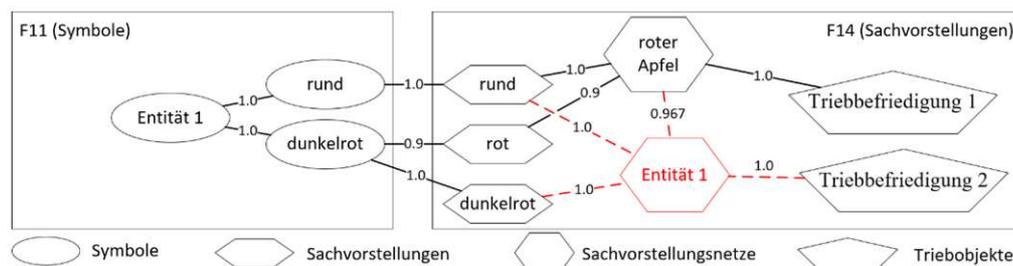


Abbildung 4.6: Beispiel für ein neues Objekt

Die Erkennung von Objekten ist von zwei Assoziationskategorien abhängig. In SiMA sind das die externen Assoziationen und die internen Assoziationen. Interne Assoziationen werden dabei für die Erkennung von Objekten herangezogen. Externe Assoziationen hingegen beschreiben Eigenschaften, wie Position oder Distanz des Objekts. Die Einteilung der Assoziationen ist zum Zeigen der rudimentären Funktionen der Psyche vorerst ausreichend. Vor allem für den Erkennungsalgorithmus ist diese Art der Trennung wichtig, um gleiche Objekte unterscheiden zu können. In der Realität wechseln jedoch die Eigenschaften zwischen intern und extern und können von Objekt zu Objekt unterschiedlich sein. Bäume zum Beispiel lassen sich eher über ihren Standort erkennen als über ihr Aussehen.

Das bietet wieder einmal Raum für zukünftige Erweiterungen. Im vorliegenden Dokument wird jedoch mit den hier beschriebenen Rahmenbedingungen der Objekterkennung gearbeitet.

Neue Objekte bestehen aus neuen Assoziationen und Gruppierungen von Teilobjekten bzw. Eigenschaften. Werden neue Objekte erstellt, wird die Trennung von internen und externen Eigenschaften des Objekts aus den Erinnerungen ähnlicher Objekte übernommen. Eine Position z. B. ist immer eine externe Eigenschaft. In Anlehnung an die obige Erweiterung wäre hier denkbar, die Position in Abhängigkeit von Objektkategorien zur externen oder internen Eigenschaft werden zu lassen.

Neue Befriedigungserinnerungen

In SiMA werden mit dem Triebnetz zwei unterschiedliche Dinge dargestellt. Zum einen werden die Repräsentanzen der aktuellen Triebe damit abgebildet. Der Affektbetrag entspricht dann der aktuellen Triebstärke. Die zweite Art der Verwendung von Triebnetzen findet sich in den Erinnerungen. Der große Unterschied ist hier, dass der Affektbetrag die erinnerte Reduktion des Triebes darstellt. Um Verwechslungen vorzubeugen, wurden sie als Befriedigungserinnerung bezeichnet. Um das Erlernen einer Befriedigungserinnerung zu ermöglichen, wurde sie ins Kurzzeitgedächtnis aufgenommen.

Eine Befriedigungserinnerung setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen: einem Objekt, einer Aktion, einem Trieb und dessen Reduktion an Triebspannung. Da eine Reduktion der Triebspannung in den Funktionen F64 und F65 Lust erzeugt, stellt der Wert an reduzierter Triebspannung in der Befriedigungserinnerung die zu erwartende Lust dar, wenn an dem Objekt die Aktion ausgeführt wird. Ein Anstieg der Triebspannung ist für die Befriedigungserinnerungen nicht relevant, da es sich um Funktionen des Primärprozesses handelt und sie nach Lustmaximierung strebt und Unlust nicht berücksichtigt wird.

In der Funktion F14 werden alle Objekte mit einer Aktivierungsstärke aktiviert. Durch die Fokussierung auf das Objekt kann in der Funktionen F23 die Aktivierungsstärke erhöht werden. Auch die Funktionen F26 und F29 erhöhen die Aktivierungsstärke des Objekts durch die Auswahl einer Handlung mit dem Objekt. Das Objekt mit der größten Aktivierungsstärke findet in der Befriedigungserinnerung Eingang. Die Funktion F29 ermittelt die Aktion, die der Agent ausführen soll. Die Aktion wird in der Befriedigungserinnerung verknüpft. Schlussendlich fehlen noch die Triebrepräsenz und die

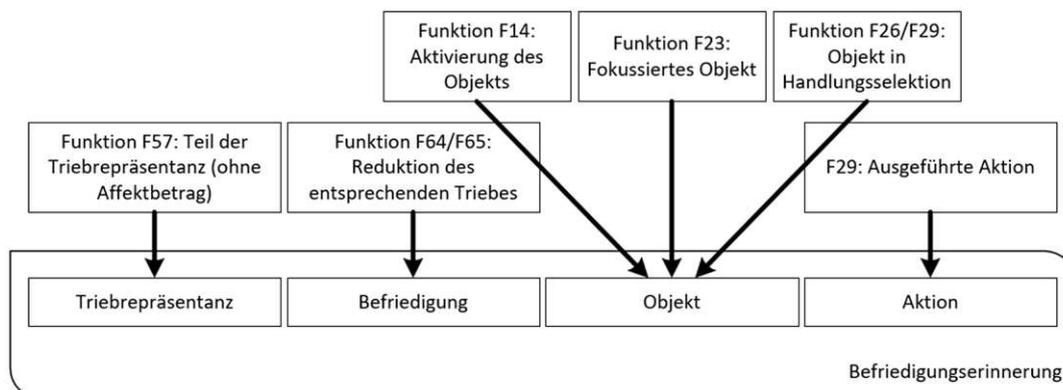


Abbildung 4.7: Komponenten der Befriedigungserinnerung

Befriedigung (Reduktion der Triebspannung), die der Trieb erfahren hat. Die Triebrepräsenz wird aus der Funktion F57 gewonnen. Die Befriedigung eines Triebes wird im Kurzzeitgedächtnis aus der in den Funktionen F64 und F65 gebildeten Lust erzeugt. Da sich eine Triebbefriedigung meist über mehrere Funktionsmodelldurchläufe erstreckt, wurden neue Erinnerungen an Triebbefriedigungen erzeugt. Über die Erinnerungen kann die gesamte zu erwartende Lust schon beim ersten Auftreten der Befriedigung aktiviert werden. Die erwartete assoziierte Triebbefriedigung wird dann immer mit der wahrgenommenen Triebbefriedigung abgeglichen und bei Bedarf angepasst.

Abbildung 4.7 fasst die Zusammenhänge zwischen Funktionen des SiMA-Funktionsmodells und einer vollständigen Befriedigungserinnerung nochmals zusammen. Die so im Kurzzeitgedächtnis entstandene vollständige Befriedigungserinnerung ist damit bereit, um ins Langzeitgedächtnis übertragen zu werden. Dazu muss eine Befriedigungserinnerung eine entsprechend hohe Lernintensität aufweisen. Je höher die Befriedigung in der Befriedigungserinnerung, desto höher die Lernintensität und damit die Chance ins Langzeitgedächtnis übertragen zu werden.

Neue Bewertungen von Images und Akte

In der Funktion F46 wird das Wahrnehmungs-Image erstellt. Es enthält alle Sachvorstellungen und Sachvorstellungsnetze und somit alle Repräsentanzen von Körper und Umwelt. Führt ein Agent einen Akt (eine geplante Handlung) aus, so wird das aktuelle Wahrnehmungs-Image mit den Images des Aktes verglichen und es wird nach dem Moment gesucht, in dem sich der Agent gerade befindet. Der Akt enthält über Emotionen bewertete Images. Wird ein Image des Aktes als Moment erkannt, so verknüpft sich das Image im Kurzzeitgedächtnis mit der aktuellen Emotion. Diese neue Verbindung wird dann bei einer Lernintensität, die höher als die Lernschwelle ist, ins Langzeitgedächtnis übertragen. Für den Übertrag vom Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis wird die, im folgenden Kapitel beschriebene, Funktion SF90 verwendet.

4.2.3 Die Funktion SF90

Die Funktion SF90 ist nicht Teil des Funktionsschichtenmodells, sondern Teil des Informationsspeicherungsschichtenmodells in SiMA. In der Funktion werden Informationen aus dem Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis übertragen. Dabei ist die aktuelle Lernintensität entscheidend. Sie wird aus den Bewertungsgrößen, die je nach Art des Objekts unterschiedlich sind, und der Aktivierungsdauer im Kurzzeitgedächtnis erzeugt. Wenn ein Objekt schon vorher aktiviert wurde, so wird die Lernintensität erhöht. Dabei werden die letzten vier Aktivierungen betrachtet, wobei die älteste Aktivierung mit 20% und die neueste Aktivierung mit 80% einfließen. Die aktuelle Aktivierung fließt zu 100% in die Lernintensität mit ein. Die aktuellen Elemente, die erlernt werden, sind emotional bewertete Images und durch Affektbeträge bewertete Objekte sowie deren Verknüpfungen zu Befriedigungserinnerungen. Neue Objekte werden damit nur in Verbindung mit einer entsprechenden Verknüpfung zu Bewertungen durch Affektbeträge oder Emotionen erlernt. Nur allein das Prädikat neu ist in diesem Modell kein Entscheidungskriterium, um im Langzeitgedächtnis gespeichert zu werden.

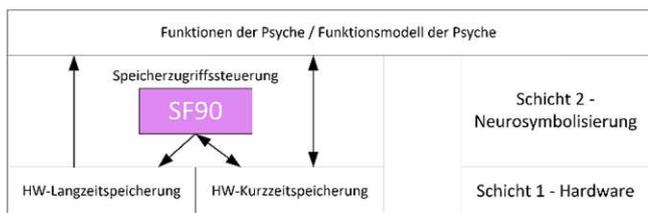


Abbildung 4.8: Informationsspeicherungs-Schichtenmodell aus dem [DBD+14], um die neue Funktion SF90 erweitert

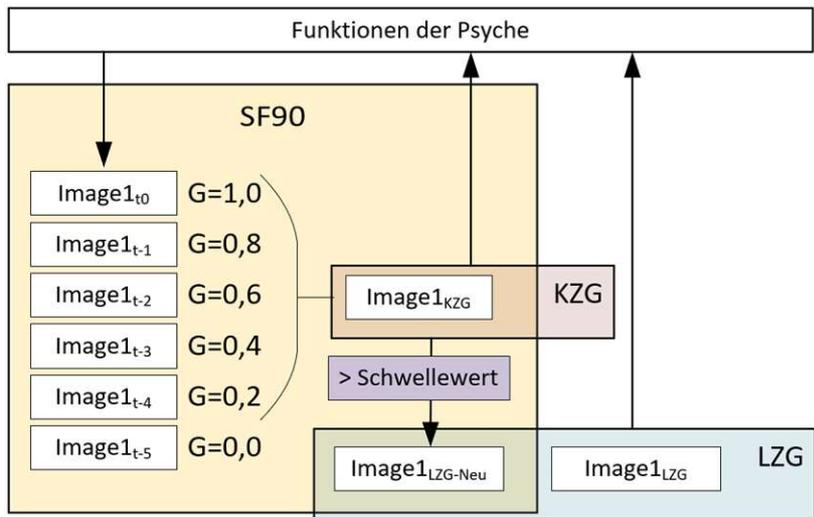


Abbildung 4.9: Bildung der Kurz- und Langzeitgedächtnis Instanzen von Image1 (G...Gewichtung)

Die Funktion SF90 ist in Abbildung 4.8 im Informationsspeicherungs-Schichtenmodell von SIMA dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass die Funktion keine direkte Schnittstelle zu Funktionen im Funktionsmodell hat. In SF90 werden ausschließlich die Informationen des Kurzzeitgedächtnisses gebildet und Informationen ins Langzeitgedächtnis übertragen. Der Vorgang ist in Abbildung 4.9 im Detail dargestellt. Das Beispielimage Image1 wird dabei durch den wahrgenommenen Moment aktiviert. Wurde Image1 schon in vorangegangenen Simulationsschritten aktiviert, so werden diese Aktivierungen entsprechend der Gewichtungen aus Abbildung 4.9 für die Berechnung der Gesamtbewertung herangezogen. Gemeinsam mit der Summe an momentaner Lust und Unlust (Gleichung (3.1))

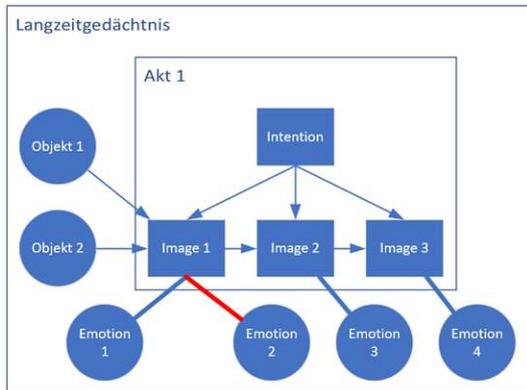


Abbildung 4.10: Erstellung einer neuen Verbindung im Langzeitgedächtnis

wird daraus die Lernintensität gebildet. Überschreitet die Lernintensität die Lernschwelle, so wird ein Übertragungsprozess gestartet. Ist kein entsprechendes Image bereits im Langzeitgedächtnis vorhanden, so wird es neu angelegt. Ist ein entsprechendes Image vorhanden, so werden Image1 aus dem Kurzzeitgedächtnis und Image1 aus dem Langzeitgedächtnis miteinander verglichen. Der Vergleich liefert die Distanz der Bewertungen von Image1. Ist die Unterscheidung der Bewertungen größer als der vorgegebene Schwellwert, so wird die neue emotionale Bewertung mit dem Image1 im Langzeitgedächtnis über eine Assoziation miteinander verknüpft, was in Abbildung 2.10 dargestellt ist. Die neue Bewertung wird laufend angepasst, solange Image1 im Kurzzeitgedächtnis aktiv ist. Erst wenn Image1 nicht mehr aktiv ist und die Lernintensität unter die Lernschwelle sinkt, erfolgt keine Änderung der neuen Bewertung im Langzeitgedächtnis. Eine erneute Aktivierung von Image1 mit entsprechend hoher Lernintensität führt dann zu einer neuen zusätzlichen Bewertung im Langzeitgedächtnis. Die resultierende Gesamtbewertung von Image1 im Langzeitgedächtnis, die den Funktionen in der Psyche zur Verfügung gestellt wird, ist dann der Mittelwert aller mit Image1 assoziierten Bewertungen.

Die aktuelle Implementierung zeigt, dass zunächst der Emotionsvektor mit den vier Dimensionen Lust, Unlust, aggressive Triebkomponenten und libidinöse Triebkomponenten gebildet wird. Danach wird dieser Vektorstruktur eine Basisemotion oder eine erweiterte Emotion zugewiesen. Die Gefühle sind dann identische Kopien dieser Struktur. Eine Basisemotion Wut z. B. wird zum Gefühl Wut, wobei beide Strukturen weiterhin den Emotionsvektor, aus dem sie entstanden sind, beinhalten. Es zeigt sich auch, dass in der Funktion F29 bei den Bewertungen der Gefühle der zugrundeliegende Emotionsvektor verwendet wird. Daher fokussiert sich diese Arbeit auf den Emotionsvektor, da dieser in den Vorarbeiten [Sch16b] und [Wen16] als einziger auf die Handlungsentscheidung des Agenten Einfluss nimmt. Basisemotionen, erweiterte Emotionen und Gefühle wurden nur für die Anzeige des aktuellen Gesamtzustandes des Agenten verwendet und für Analysen zusammen mit Psychoanalytikern.

4.2.4 Körperlicher Schmerz

Um die Funktion zur Erkennung von körperlichem Schmerz realisieren zu können, wurden Änderungen in den Funktionen F12, F13 und F14 vorgenommen. Dabei handelt es sich um die ersten Funktionen der Wahrnehmungsschiene, wobei F12 in der Schicht 1, F13 in der Schicht 2 und F14 in der Schicht 3 des Funktionsschichtenmodells angesiedelt sind.

Beginnen wir bei Schicht 1 und damit bei der Funktion F12. Für die Erkennung von Schmerz wird zunächst im SiMA-Agenten-Körper eine Statusvariable erstellt, die den Gesundheitszustand darstellt. Der Gesundheitszustand ist eine im Modell vorläufig verwendete Hilfsgröße und soll in Zukunft aufgeschlüsselt werden. Er wird daher bereits in der Schicht 1 erzeugt und bis zur Schicht 3 (Körperwahrnehmungsschiene) durchgereicht. Über die Methoden `hurt` und `beat` können Agenten schlagen bzw. geschlagen werden. Wird ein Agent geschlagen, so verringert sich der Gesundheitszustand. Der Gesundheitszustand wird als Wert zwischen 0 und 10 dargestellt, wobei 0 den Tod des Agenten

darstellt und er dadurch in der Simulation bewegungsunfähig wird. Der Wert des Gesundheitszustandes des Körpers des Agenten wird über eine Sensorfunktion in der Funktion F12 ausgelesen und an die nächste Funktion weitergegeben.

Die Informationen werden von der Funktion F13 in Schicht 2 weiterverarbeitet. Dabei wird der Wert in ein Symbol für den Gesundheitszustand umgewandelt. Das Symbol kann dann in der Funktion F14 weiterverarbeitet werden. In der Funktion F14 wird Unlust aus der aktuellen Abweichung des Gesundheitszustandes abgeleitet. Weiters wird zusätzlich Unlust aus einer momentanen negativen Änderung des Gesundheitszustandes erzeugt. Die generierte Unlust wird auf einen einstellbaren Maximalwert begrenzt. Aus verschiedenen Simulationen wurde hier ein Wert ermittelt, mit dem sich der Einfluss von körperlichem Schmerz auf die Entscheidungen des Agenten so darstellen lässt, dass der körperliche Schmerz einen nicht zu kleinen, aber auch nicht zu großen Einfluss hat.

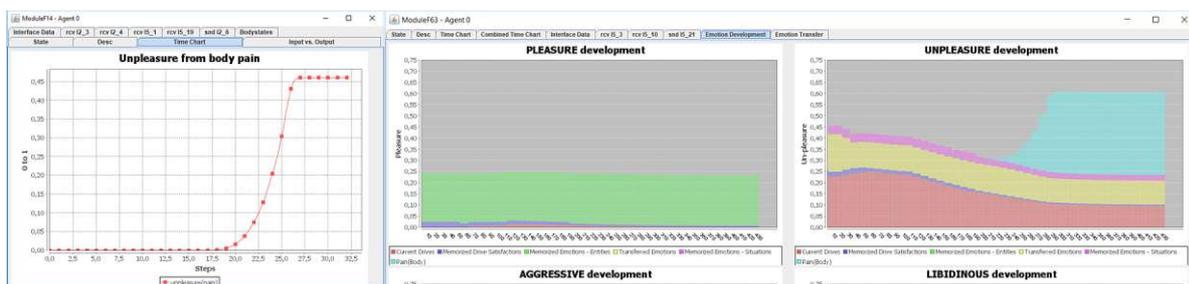


Abbildung 4.11: Aus körperlichem Schmerz produzierte Unlust in den Funktionen F63 und F14

Die in F14 durch körperlichen Schmerz entstehende Unlust fließt in der Funktion F63 bei der Generierung der Emotion ein. Um die produzierte Unlust auch während der Simulation darstellen zu können, wurden die Inspektoren der Funktionen F14 und F63 angepasst. Die Änderungen der Inspektoren werden in Abbildung 4.11 gezeigt. Links wird die produzierte Unlust in Funktion F14 als Kurve dargestellt und rechts bei ‚UNPLEASURE development‘ sieht man türkis den Einfluss der aus körperlichem Schmerz produzierten Unlust auf die gesamte Unlust bei der Generierung der Emotion in F63.

Durch die Implementierungen ist es dem Agenten möglich, körperlichen Schmerz wahrzunehmen. Die dadurch entstehende Unlust fließt in den Gesamtstatus des Agenten, in die Emotion, ein. Dadurch kann der Agent den körperlichen Schmerz in die Gesamtsituation integrieren und gegenüber anderen Bedürfnissen und Zielen abwägen.

5. Simulation

“What I cannot create, I do not understand“

[Richard Feynman]

Die Einflüsse innerhalb des Funktionsmodells auf eine Entscheidung eines Agenten sind vielschichtig, was in [Sch16b, S. 185] durch die Simulationsergebnisse gezeigt werden konnte. Bringt man die Funktion des Lernens in das Modell ein, so erhält man eine zusätzliche dynamische Komponente, die eine Aufschlüsselung der entscheidenden Einflüsse auf die Entscheidungsfindung weiter erschwert. Darum soll hier das Konzept des Lernens anhand einer detaillierten Ursachen-Wirkungskette gezeigt werden. Die Simulationsexperimente müssen die in Kapitel 3 aufgestellten Hypothesen bestätigen.

Zunächst wird der Simulationsablauf dargestellt und die Simulationsexperimente werden definiert. Gemeinsam mit Psychoanalytikern wurden erwartete Simulationsergebnisse erstellt. Die Simulationen werden entsprechend der zuvor spezifizierten Simulationsexperimente durchgeführt. Deren Auswertung basiert auf einem Vergleich der Simulationsergebnisse (Kapitel 6) mit dem erwarteten Verhalten des Agenten sowie des erwarteten Zustandekommens des Verhaltens. Dabei wurde vor allem auf die Verhaltensdeterminante Erinnerungen geschaut und, ob sie sich wie erwartet auf das Verhalten auswirken wird. Wenn das erwartete Verhalten nicht eintrat, so wurde, wie in Kapitel 1.5 beschrieben, zuerst die Programmierung geprüft. Bestanden nach der Prüfung immer noch Abweichungen, so wurden sie in einem interdisziplinären Review kontrolliert und gegebenenfalls Korrekturen vorgenommen.

5.1 Aufbau der Simulationsexperimente

Das Fallbeispiel beinhaltet die Möglichkeit der Demonstration verschiedener Konzepte. Dadurch ist es möglich, einen ganzheitlichen Ansatz bei der Entwicklung zu verfolgen, ohne gleich ein spezifisches Konzept zu präferieren. Das Fallbeispiel ist in einzelne Simulationsexperimente unterteilt. Sie werden mehrmals durchlebt, wobei sich der Ablauf der Simulation bei Simulationsexperiment 1 ausschließlich durch neue Erinnerungen verändert. Bei Simulationsexperiment 2 und 3 werden zusätzlich die Agenten (auf die <ADAM> trifft) ausgetauscht. Im Projekt SiMA werden Parameter, die den

Simulationsverlauf beeinflussen, als Verhaltenseinflussdeterminanten bezeichnet, da sie das Verhalten des Agenten beeinflussen. Der Fokus liegt hier auf den durch die Lernfunktionen neu erzeugten Erinnerungen, die dann das Verhalten des Agenten verändern sollen. Die Umgebung sowie andere

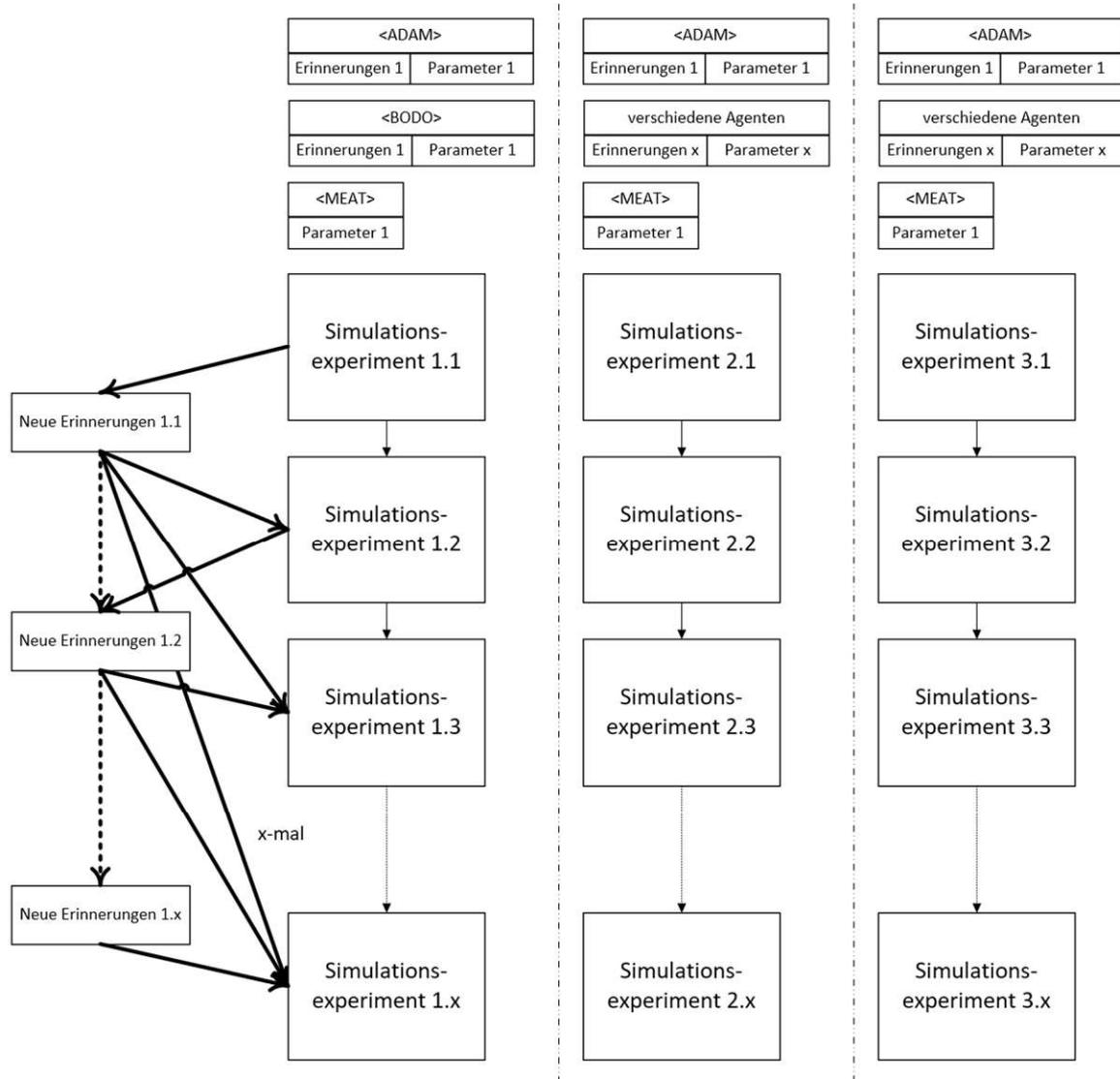


Abbildung 5.1: Aufbau der Simulationsabläufe (gestrichelte Pfeile zeigen eine indirekte Beeinflussung von Erinnerungen auf neue Erinnerungen)

Agenten werden in Simulationsexperiment 1 nicht verändert. Dadurch stellt sich für den Agenten immer eine identische Situation dar. Die einzige Ausnahme sind die neu erlernten Erinnerungen aus dem letzten Simulationsverlauf. Die mehrfache Simulation soll ebenfalls die ständige Änderung der Erinnerungen zeigen, sowie die Auswirkungen der erzeugten Erinnerungen auf die weitere Erzeugung von Erinnerungen. Das ist in Abbildung 5.1 dargestellt, sowie die Änderung der Parameter von <ADAM> und <BODO> und dessen Situation in weiteren Simulationsexperimenten. Ab Simulationsexperiment 2 werden jedoch zusätzlich die Agenten (auf die <ADAM> trifft) ausgetauscht.

Für einen besseren Überblick sehen wir uns einen Simulationsexperimente-Block aus Abbildung 5.1 genauer an. Dabei sind in Abbildung 5.2 2 Agenten (<ADAM und <BODO>) und das Objekt <MEAT> dargestellt. Agenten bestehen dabei aus einem Körper und dem Funktionsmodell, das den Körper steuern bzw. über den Körper die Umwelt wahrnehmen kann. Objekte haben nur einen Körper. Jedes Simulationsexperiment wird nochmals in Simulationsschritte unterteilt. In jedem Simulationsschritt werden zunächst alle Körperfunktionalitäten eines Agenten oder eines Objekts vollständig durchlaufen. Danach kommt ein weiterer Körper dran, bis alle Körper in der Simulation abgearbeitet wurden. Nach den Körpern folgen die Funktionsmodelle der Agenten. Hierbei wird wieder jedes Funktionsmodell für sich vollständig durchlaufen und danach kommt das nächste Funktionsmodell an die Reihe, bis schlussendlich alle Funktionsmodelle durchlaufen wurden. Die Reihenfolge der Funktionen aus dem Funktionsmodell ist ebenfalls beginnend mit F39 in Abbildung 5.2 angegeben, wobei diese nur für den Agenten <ADAM> dargestellt ist, aber für alle Agenten in der Simulation gilt. Die Reihenfolge wird auch in der folgenden Darstellung von Simulationsschritt 1 von <ADAM> in Simulationsexperiment 1.1 verwendet.

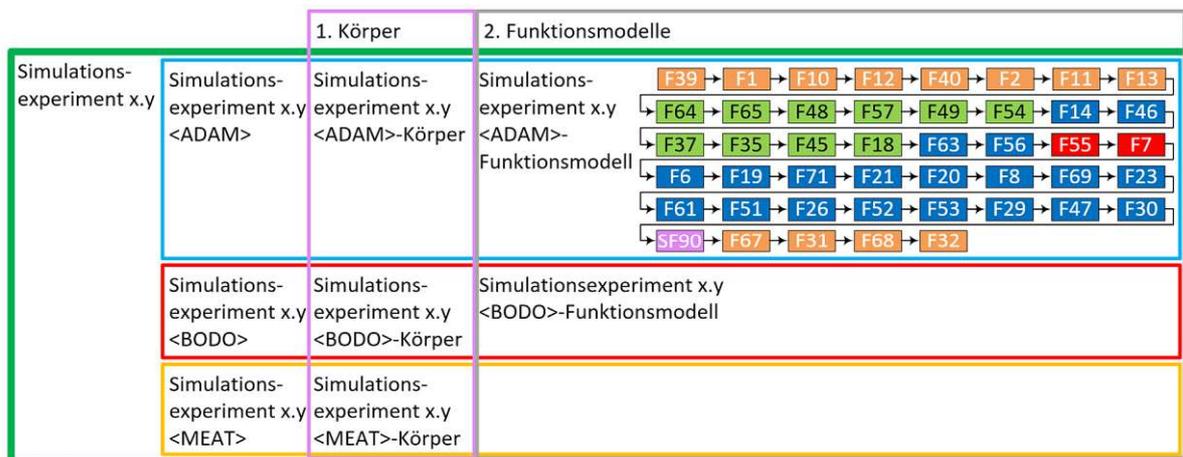


Abbildung 5.2: Darstellung der Funktionsablaufsequenz in einem Simulationsschritt der Simulationenfälle

Das Fallbeispiel entspricht dem Fallbeispiel von [Sch16b, S. 84-94] und wurde erweitert, um die Lernfunktionalität des Agenten zu zeigen. In Kapitel 3.1 wurde das Fallbeispiel bereits im Detail erläutert. Hier sollen nochmals die wichtigsten Ablaufpunkte zusammengefasst werden, die <ADAM> durchlaufen sollte, wenn im Funktionsmodells die Assoziationen und die Verhaltenseinflussdeterminanten korrekt eingestellt sind:

1. <ADAM> hat Hunger.
2. Der Hunger steigt, was zu einem Anstieg der Aggression führen sollte.
3. Die Folge wäre die Suche nach Nahrung. <ADAM> sollte das Objekt <MEAT> wahrnehmen.
4. <ADAM> sollte bei diesen Voraussetzungen beschließen, zum Objekt <MEAT> zu gehen und es zu essen.
5. Das Szenario ist so eingerichtet, dass <ADAM> bevor er beim Objekt <MEAT> ankäme, er einen weiteren Agenten, <BODO>, wahrnehmen sollte.

6. Damit müsste <ADAM>, basierend auf seinen bisherigen Erfahrungen und den eigenen Bewertungsmechanismen, eine Entscheidung treffen und Handlungen setzen, um seinen psychischen Bedürfnissen (schließen die körperlichen Bedürfnisse mit ein) unter Einbeziehung der Umwelt gerecht zu werden. Verschiedene Resultate sind möglich.

Mögliche Ergebnisse: Abhängig von den Verhaltenseinflussdeterminanten, wie Hunger, Über-Ich Stärke, verfügbare neutralisierte Intensität, Erinnerungen (und neu erlernte Erinnerungen), körperliche Ausdrücke und der eigenen emotionalen Lage, werden in <ADAM> Erinnerungen assoziiert, die durch ihre Bewertungen eine Entscheidungsbasis für <ADAM> darstellen. Er wählt dann eine Aktion, die auf Basis der Bewertungen das erstrebenswerteste Verhältnis zwischen Lust und Unlust verspricht. Die möglichen Aktionen sind, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, es zu teilen, es dem anderen Agenten zu überreichen, den anderen Agenten zu schlagen oder vor der Situation zu flüchten. Im Simulationsexperiment 1 geht es um das, durch die Entscheidungsfindung beeinflusste, erlebte Verhalten und was der Agent daraus lernt. Weiters geht es um die bewertete Wahrnehmung und deren Einfluss auf die Bildung neuer Erinnerungen. Schlussendlich soll gezeigt werden, wie der Agent die neuen Erinnerungen und eine Nutzenanalyse der Erinnerungen anwendet. In Abhängigkeit seiner Entscheidungen setzt <ADAM> Aktionen. Das führt zur Änderung der Situation, welche emotional nach dem Lust-Unlustprinzip bewertet wird. Die Situation nimmt <ADAM> über seine Wahrnehmung auf und speichert emotional hoch bewertete Elemente in seinem Kurzzeitgedächtnis. Bei den Elementen handelt es sich um Befriedigungserinnerungen, Images und Akte. Die wichtigsten Elemente werden dann ins Langzeitgedächtnis übertragen. Die Bewertung der Wichtigkeit eines Elements erfolgt über dessen Aktivierungsdauer im Kurzzeitgedächtnis und der Bewertung durch Affektbetrag, Emotion oder Gefühl. Diese Kriterien ergeben gemeinsam eine Gesamtbewertung der Wichtigkeit der Elemente, die ab einem Schwellwert einen Übertrag ins Langzeitgedächtnis triggert. Die neuen Erfahrungen werden nach einem Neustart der Simulation von <ADAM> angewendet. Je nach gesammelter Erfahrung kann sich das Verhalten von <ADAM> ändern.

Im Ausgangszustand der Simulationsexperimente befindet sich der Agent <ADAM> in einem Raum mit einem oder mehreren Objekten und mit einem oder mehreren anderen Agenten. Jedes Simulationsexperiment ist nochmals in einzelne Simulationsdurchgänge (Simulationsexperiment 1.x – SE 1.x) unterteilt, wobei jeder Durchgang von Simulationsexperiment 1 mit denselben Startbedingungen ausgeführt wird. Somit ist die Startpositionen von Agenten und Objekten bei allen Simulationsdurchgängen eines Simulationsexperiments gleich. Lediglich die Erinnerungen des Agenten <ADAM> verändern sich mit jedem Simulationsdurchgang.

Alle Simulationsexperimente beinhalten einen vor der Simulation erarbeiteten Simulationsverlauf und ein Simulationsergebnis, das auf der interdisziplinären Zusammenarbeit mit Psychoanalytikern und Experten erarbeitet wurde. Es handelt sich bei allen Beschreibungen um Annahmen über das mögliche Verhalten, das der SiMA-Agent, entsprechend der psychoanalytischen Theorie, aufgrund seiner funktionalen Modellierung und der vorliegenden Assoziationen und Verhaltenseinflussdeterminanten, an den Tag legen sollte. Die Annahmen aller beschriebenen Simulationsexperimente werden in Kapitel 6 mit den Simulationsergebnissen verglichen.

5.2 Simulationsexperiment 1

Das Simulationsexperiment 1 soll zeigen, wie ein Agent mit einer Situation umgeht, die nicht wie erwartet abläuft. Dabei soll eine negative Erfahrung des Agenten mit einem anderen Agenten stattfinden. Durch die negative Erfahrung sollen Erinnerungen entstehen, die es dem Agenten ermöglichen, in ähnlichen Situationen keine weiteren negativen Erfahrungen zu erleben. Nachdem die neuen Erinnerungen das Verhalten des Agenten auf ein Optimum (der Agent setzt die bestmögliche Handlung, um ein Maximum an Lust und ein Minimum an Unlust zu erreichen) ändern, sollen alle weiteren erlernten Erinnerungen sich nicht mehr auf das Verhalten auswirken und die Erinnerungen sollen gegen einen stabilen Wert konvergieren.

In der Startposition befinden sich die Agenten <ADAM> und <BODO> sowie die Objekte <MEAT>, <CARROT>, <STONE> und <APPLE> in einem Raum. Es werden im Agenten <ADAM> Erinnerungen an seinen Bruder <CARL> in ähnlichen Situationen assoziiert. <BODO> hingegen wird aggressiv und dominant parametrisiert. Die Hypothese des Simulationsexperiments ist, dass <BODO> aufgrund des Verhaltens von <ADAM> auf ihn einwirkt, um seine persönlichen Ziele durchzusetzen. Dadurch entsteht eine konflikthafte Situation, die <ADAM> wahrnehmen soll. Es passiert für <ADAM> etwas Unerwartetes. Deshalb muss er sich der Umwelt durch Lernen anpassen, um eine Lust-Maximierung bzw. Unlust-Minimierung zu erreichen.

Die Annahme über den Verlauf des Simulationsexperiments wird zunächst überblicksmäßig in Tabelle 5.1 gezeigt und im Folgenden im Detail erklärt. Die einzelnen Zeilen stellen dabei einen vollständigen Simulationsdurchgang dar. In Rot sind die erlernten Erinnerungen (aus dem letzten Simulationsdurchlauf) zu Beginn der Simulation dargestellt. Die Bewertung bezieht sich auf den Simulationsergebnis, wie der Agent die erlebte Situation bewerten sollte. <CARL> ist in diesem Zusammenhang der Bruder von <ADAM>, wodurch <ADAM> sehr viele Erinnerungen mit ihm assoziiert. <BODO> ist ein neuer Agent, den <ADAM> im Simulationsdurchgang 1 von Simulationsexperiment 1 (SE 1.1) zum ersten Mal trifft. Basierend auf seinen Erlebnissen sollen sich in <ADAM> Erinnerungen bilden, die weitere Konflikte mit <BODO> verhindern und damit höheren Lustgewinn bzw. reduzierte Unlust ermöglichen sollen.

Bevor im Detail auf den angenommenen Ablauf der Simulation eingegangen wird, sollen noch die Ziele der Agenten in den einzelnen Simulationsdurchläufen dargelegt werden. Die Ziele der Agenten sind in allen Durchläufen dieselben. <ADAM> ist hungrig und will seinen Hunger stillen. <BODO> ist leicht wütend und ebenfalls hungrig und will seine Wut mittels einer Aktion abbauen. Da beide Agenten das Objekt <MEAT> essen wollen, wird angenommen, dass ein Konflikt um das Objekt <MEAT> entsteht. Es wird angenommen, dass <ADAM> die konfliktbehaftete Situation löst und durch die Wahrnehmung dabei eigene Erinnerungen bildet. Bei Simulationsdurchgang 2 wird trotz der identischen Ziele der Agenten zu Beginn des Simulationsdurchgangs angenommen, dass sich das Verhalten des Agenten <ADAM>, aufgrund neu erlernter Erinnerungen, ändert. Damit soll es <ADAM> ermöglicht werden, die Situation beim Durchlauf 2 besser zu lösen.

Simulations- experiment	Erinnerungen	Situation	Wahrgenommene Situation	Bewertung
SE 1.1	<CARL> ist ängstlich;	<ADAM> isst und wird geschlagen;	Hunger; <MEAT> essen; <BODO> Körper- ausdruck;	Keine Lust; Hohe Unlust;
SE 1.2	<BODO> ist wütend; <CARL> ist ängstlich;	<ADAM> teilt das Objekt <MEAT>;	Hunger; Teilen;	Geringe Lust; Geringe Unlust;
SE 1.3	<BODO> ist glücklich; <BODO> ist wütend; <CARL> ist ängstlich;	<ADAM> teilt das Objekt <MEAT>;	Hunger; Teilen;	Geringe Lust; Geringe Unlust;
SE 1.x	<BODO> ist glücklich (x-mal); <BODO> ist wütend; <CARL> ist ängstlich;	<ADAM> teilt das Objekt <MEAT>;	Hunger; Teilen;	Geringe Lust; Geringe Unlust;

Tabelle 5.1: Annahmen, welche Wahrnehmungen von <ADAM> ins Langzeitgedächtnis übertragen werden sollen (neue Erinnerungen sind rot markiert)

Anhand von Simulationsexperiment 1 soll im Folgenden der detaillierte hypothetische Ablauf der Simulation, der durch das Simulationsexperiment zu validieren ist, geschildert werden. Er wird, wie zuvor beschrieben, in mehrere Simulationsdurchläufe, SE 1.1, SE 1.2, ... SE 1.x, unterteilt. Der besondere Detaillierungsgrad ergibt sich aus den vorangegangenen Auswertungen von Simulationsexperimenten zusammen mit Psychoanalytikern. Sie wurden in [DBD+14, S. 48-59], [Sch16b, S. 87-94] und [Wen16, S. 5-9] erarbeitet. Aufbauend auf den Ergebnissen wurde das Simulationsexperiment 1 gemeinsam mit Psychoanalytikern erweitert und spezifiziert. Die Darstellung der Methode ist in Kapitel 1.5 zu finden.

Ein weiterer Punkt, warum die Situation so detailliert vorgegeben werden soll, ist die Aufgabenstellung, den spezifischen Einfluss von Lernen, gut darstellen zu können und eine Situation zu ermöglichen, in der der Agent etwas lernt, das er in ähnlichen Situationen zu seinem Nutzen anwenden kann. Dadurch lassen sich die Funktionen, die für Lernen verwendet werden, im Detail analysieren und validieren. Die enge Spezifikation der Parameteränderungen (in Simulationsexperiment 1 erfolgt eine Parameteränderung immer nur in den Erinnerungen des Agenten <ADAM>) wird ab Simulationsexperiment 2 aufgelöst (weitere Parameter können verstellt werden), um nach der erfolgreichen Validierung der Lernfunktionen weitere spezifische Auswirkungen von Lernen im SiMA-Modell testen zu können.

Alle Funktionen aus dem SiMA-Funktionsschichtenmodell sind im Folgenden mit F[Nummer] bezeichnet und in Abbildung 3.2 zu finden. Zur besseren Übersicht wird zusätzlich die in SiMA eingeführte Schienendarstellung aus Abbildung 2.7 verwendet. Die für Lernen relevanten Funktionen sind

in den Funktionsblöcken F65, F65, F48, F57, F14, F46, F63, F71, F21, F20, F8, F69, F23, F61, F51, F26, F52, F53 und F29 integriert. Alle anderen Funktionen werden nur insofern erläutert, wenn sie zum Verständnis der aktuellen Vorgänge notwendig sind, die in weiterer Folge auf die erlernten Informationen Einfluss haben.

Start		Ende	
Erinnerungen - Start SE 1.1	Bewertung	Erinnerungen – Ende SE 1.1	Bewertung
<ADAM> isst allein.	Hohe Lust; Keine Unlust;	<ADAM> isst allein.	Hohe Lust; Hohe Unlust;
<ADAM> teilt das Essen.	Mittlere Lust; Keine Unlust;	<ADAM> teilt das Essen.	Mittlere Lust; Keine Unlust;

Tabelle 5.2: Im Langzeitgedächtnis abgelegte (für SE 1.1 hauptsächlich relevanten) Erinnerungen sowie deren Bewertungen zu Beginn und Ende von SE 1.1 (erwartete neue Erinnerungen sind rot markiert)

Das Funktionsmodell von SiMA kann in Eingabe, Informationsverarbeitung und Ausgabe unterteilt werden. Die Eingabe im SiMA-Modell erfolgt durch Sensoren, die Körper und Umwelt in elektrische Größen umwandeln. Das geschieht in F39, F1, F10 und F12. Bei der Ausgabe des Systems werden elektrische Größen zur Ansteuerung von Drüsen und Muskeln rückgewandelt, was durch die Funktionen F68 und F32 erfolgt. Zwischen den Funktionen von Eingabe und Ausgabe und den Funktionen der Psyche befindet sich in SiMA die neurosymbolische Schicht. Dabei werden aus den Informationen der Schicht 1 Symbole erstellt. Für die Eingabe in die Psyche sind das die Funktionen F40, F2, F11 und F13 und für die Ausgabe die Funktionen F67 und F31. Wie die Neurosymbolisierung im Detail funktionieren könnte, kann in [Vel08] nachgelesen werden. Wichtig ist dabei, dass in der Schicht 3 von SiMA, der Psyche, nur Symbole verarbeitet werden. Die Informationsverarbeitung in der Psyche erfolgt somit symbolbasiert. Die Psyche wird dabei 10-mal durchlaufen, um Rückwirkungen der Simulation auf das Modell zu minimieren. In der folgenden Spezifikation von Simulationsexperiment 1 sollen nur die Funktionen der Psyche erläutert werden, da die neuronale Schicht und die neurosymbolische Schicht nur als Dummies [DBD+14, S. 102] implementiert sind. Entsprechend [DBD+14, S. 102] und der Theorie des Schichtenmodells hat das jedoch keinen Einfluss auf die Simulation der Psyche.

In jedem Augenblick der Agenten (<ADAM> und <BODO>) findet eine vollständige Verarbeitung der Eingabeinformationen durch alle Funktionen des Modells statt und entsprechende Ausgabeinformationen werden produziert. Für einen typischen Durchlauf eines Simulationsexperiments wird das Funktionsmodell 500- bis 3000-mal durchlaufen. Die folgende detaillierte Darstellung des Simulationsablaufs soll anhand der Informationsverarbeitung des Funktionsmodells erfolgen. Dabei soll zunächst ein kompletter Durchlauf durchs Funktionsmodell des Agenten <ADAM> dargestellt werden. Danach sollen nur bei signifikanten Änderungen Durchläufe erneut betrachtet werden und nur relevante Funktionen Erwähnung finden. In allen Simulationsexperimenten wurden nur im Agenten

<ADAM> die Lernfunktionen aktiviert. Daher liegt der Fokus in Simulationsexperiment 1 ausschließlich auf <ADAM>. Das ermöglicht eine einfachere Validierung der Simulationsergebnisse. Die Einflüsse des Funktionsmodells auf den Agenten <BODO> werden nur kurz umrissen.

	Aktivierte Situation	Bewertung durch <ADAM>	Grund der Bewertung
1.	<ADAM> geht zum <MEAT>	Lust steigt leicht an	<ADAM> freut sich auf <MEAT>
2.	<ADAM> isst <MEAT>	Lust steigt moderat an	<ADAM> führt eine Aktion aus, die laut Erinnerungen seinen Hungertrieb befriedigen soll.
3.	<ADAM> hat <MEAT> aufgegessen	Lust steigt moderat an Unlust steigt stark an	<ADAM> verarbeitet im Magen die Nahrung. <ADAM> wird geschlagen.

Tabelle 5.3: Erwartete, im Kurzzeitgedächtnis erzeugte, Aktivierungen, sowie deren Bewertungen während der Simulation von SE1.1 in chronologischer Reihenfolge

Die Durchläufe durch das Funktionsmodell werden in SiMA als Simulationsschritte bezeichnet. Ein Simulationsschritt stellt genau einen kompletten Durchlauf durch das Funktionsmodell dar. Jeder Durchlauf durch das Funktionsmodell wird, unter Zuhilfenahme der abstrakteren Schienendarstellungen aus Abbildung 2.7, erläutert. Die Schienen werden in folgender Reihenfolge durchlaufen: Sexualtriebschiene, Selbsterhaltungstriebchiene, Triebchiene, Umgebungswahrnehmungsschiene, Körperwahrnehmungsschiene, Wahrnehmungsschiene, Abwehrchiene, Primär-Sekundär-Umwandlungsschiene, Wunsch- und Bedürfnis-Auswahlschiene, Handlungsselektionsschiene, Imaginationschiene, Handlungsausführungsschiene und Aktorschiene [DBD+14, S. 76-79], [Wen16, S. 30-31] und [Sch16b, S. 61-64].

5.2.1 Simulationsexperiment 1.1 – SE 1.1

Mit SE 1.1 soll der erste komplette Durchlauf von Simulationsexperiment 1 dargestellt werden. Jeder Durchlauf des Simulationsexperiments hat eine variable Anzahl von Simulationsschritten. Bei einem Simulationsschritt werden die Funktionsmodelle der Agenten einmal vollständig mit Informationen aus der Umwelt, inklusive dem Körper, durchlaufen. Die folgenden Aufzählungspunkt von 4 bis 35 enthalten einen vollständigen Zyklus durch alle Funktionen des Funktionsmodells von Agent <ADAM>. Dabei wird die in Abbildung 5.2 dargestellte Reihenfolge der Funktionen verwendet, wobei die Dummy-Funktionen der Schicht 1 und 2 nicht erläutert werden. Alle weiteren Aufzählungspunkte zeigen nur mehr relevante Einflüsse spezifischer Funktionen. Auch Objekte haben Funktionen hinterlegt, um ein entsprechendes Verhalten, wie z. B. das Schwinden von Masse, wenn ein essbares Objekt von einem Agenten gegessen wird, darstellen zu können. Der erste mögliche Durchlauf von Simulationsexperiment 1 wurde in Simulationsschritte unterteilt. Die Simulationsschritte werden

weiter in Simulationsschritte für den Agenten <ADAM> sowie in jene für den Agenten <BODO> unterteilt. Es werden nur wichtige Simulationsschritte dargestellt. In den Simulationsschritten sind die wichtigen (angenommenen) Vorgänge der Funktionen der Psyche dargestellt. Im Folgenden werden alle wichtigen Simulationsschritte beschrieben.

Simulationsschritt 0 – Startbedingungen:

1. Das Simulationsexperiment 1.1 startet mit den Erinnerungen aus Tabelle 5.1 (Zeile: SE 1.1) und Tabelle 5.2 (Start). Außer den Erinnerungen aus Tabelle 5.1 hat <ADAM> noch weitere Erinnerungen an Situationen mit seinem Bruder <CARL>. Die Erinnerungen von <BODO> basieren auf erlebten Situationen mit seinem Bruder <DOUG>. In SE 1.1 treffen sich die beiden Agenten <ADAM> und <BODO> zum ersten Mal.
2. Die eingestellten Persönlichkeitsparameter von <ADAM> und <BODO> wurden aus [Sch16b, S. 87-94] übernommen. Sie besagen: <ADAM> und <BODO> haben beide einen impulsiven und leicht aggressiven Charakter. Genaue Details zu den Persönlichkeitsparametern in der Simulation des SiMA-Modells finden sich in [DBD+14, S. 101-147].
3. Die Körperparameter von <ADAM> und <BODO> sind so eingestellt, dass ihr Magenfüllzustand stark vom angestrebten Idealzustand abweicht. Alle anderen Parameter sind nahe dem Idealzustand.

Nach den Vorbedingungen sollen im ersten Zyklus durch das Funktionsmodell alle Funktionen entsprechend ihrer Ausführungsreihenfolge dargelegt werden (Punkt 4-35).

Simulationsschritt 1 – <ADAM>:

4. In der Sexualtriebschiene werden Informationen (Repräsentanzen (Symbole) des Körpers) der Libido mit entsprechenden Assoziationen zu erogenen Zonen in der Funktion F64 (alle Funktionen sowie deren Strukturverknüpfung sind in Abbildung 3.2 zu finden) zu Triebrepräsenzen zusammengefügt. Entsprechend der eingestellten Startparameter des Körpers von <ADAM> sollten in der Funktion F64 nur sehr geringe Sexualtriebspannungen eingehen und damit nur Sexualtriebepreäsenzen mit geringen Affektbeträgen erzeugt werden. Die Sexualtriebepreäsenzen werden im Kurzzeitgedächtnis gespeichert.
5. In der Selbsterhaltungstriebchiene – Funktion F65 – werden aus den Informationen, (Repräsentanzen (Symbole) des Körpers) wie Blutzucker, Darmdruck, Adrenalin, Ausdauer, Gesundheit und Magenfüllzustand, Sachvorstellungen generiert. Der steigende Blutzucker und der Magendruck sollten im Agenten <ADAM> zu einem entsprechend hohen Hungertrieb führen. Aufgrund der eingestellten Persönlichkeit [DBD+14, S. 112] von <ADAM> müssten dann die aggressiven Triebanteile überwiegen. Die Selbsterhaltungstriebepreäsenzen werden ebenfalls im Kurzzeitgedächtnis gespeichert.
6. In der Triebchiene werden in der Funktion F48 Lust und Unlust erzeugt. Lust und Unlust werden dabei jeweils pro Trieb und für den gesamten Körper erstellt und werden mit der jeweiligen Triebrepräsenz im Kurzzeitgedächtnis gespeichert.
7. In der Funktion F57 werden Erinnerungen, die mit den Trieben assoziiert sind, aktiviert. Dabei werden immer die Triebnetze mit der höchsten Bewertung aus Befriedigungserwartung

und Unlustvermeidung aktiviert. <ADAM> wird in seinen Erinnerungen suchen, wie er seine Selbsterhaltungs- und Sexualtriebe befriedigen kann. Er wird dabei Erinnerungen, die früher zur Befriedigung des Hungers geführt haben, bewerten. Die stärkste Befriedigungseigenschaft in seinen Erinnerungen hat dabei das Objekt <MEAT>. Dadurch sollte <ADAM> das Objekt <MEAT> am höchsten bewerten (besetzen). In der Funktion F57 werden auch neue Teil-Befriedigungserinnerungen im Kurzzeitgedächtnis gebildet.

8. Die Funktionen F49 und F54 werden aufgrund des nicht Vorhandenseins von unverdrängten Triebwünschen keinen Einfluss auf die Informationsverarbeitung haben.
9. Die Umgebungswahrnehmungsschiene und die Körperwahrnehmungsschiene haben nur Funktionen in der neuronalen Schicht und in der neurosymbolischen Schicht. Die Schienen liefern die Repräsentanzen (Symbole) des Körpers. Sie sind für die Beschreibung der Abläufe in der Psyche nicht relevant.
10. In der Wahrnehmungsschiene werden in der Funktion F14 alle durch Sensoren gebildete Repräsentanzen zu Objekten als Sachvorstellungsnetze zusammengefügt. <ADAM> sollte neben seiner Umwelt auch seinen Körper (aktuell: Muskelspannung in Armen und Beinen, Herzschlag, Schwitzen und Tränen) wahrnehmen. Aus der Umwelt sollte <ADAM> ein Objekt, aufgrund seiner Eigenschaften, mit einer Erinnerung an das Objekt <MEAT> assoziieren. Es wird ein Übertrag von Erinnerungen an das Objekt <MEAT> auf das wahrgenommene Objekt stattfinden. In F14 wird das wahrgenommene Objekt durch Erinnerungen, die nicht nur das Objekt <MEAT> beinhalten, sondern auch dessen Form und dessen Farbe, die in bewerteter Form abgelegt sind, eine eigene Gesamtbewertung erhalten. Die neu wahrgenommenen Objekte sowie Aktionen werden in F14 im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Die Teil-Befriedigungserinnerungen aus F57 werden schlussendlich in F14 mit dem aktuell wahrgenommenen Objekt und der wahrgenommenen Aktion assoziiert und bilden damit eine vollständige Befriedigungserinnerung im Kurzzeitgedächtnis.
11. Alle in F14 wahrgenommenen Objekte werden in F46 als Image zusammengefasst. Das Image wird mit Erinnerungen an ähnliche Images assoziiert und im Kurzzeitgedächtnis gespeichert.
12. Die Funktionen F37 und F35 werden aufgrund des nicht Vorhandenseins von unverdrängten Triebwünschen keinen Einfluss auf die weitere Informationsverarbeitung haben.
13. In F45 werden Handlungen erkannt, die eine Triebbefriedigung erwarten lassen. Solche erkannten Handlungen führen zur Generation von Lust und Triebabfuhr. <ADAM> hat in seinen Erinnerungen die Handlung Teilen mit einer erwarteten Triebabfuhr verknüpft. Die aktuell von <ADAM> erkannte Handlung sollte hier aber keine Lust produzieren.
14. Die Funktion F18 fügt für alle wahrgenommenen Objekte die Affektbeträge, die durch die Funktionen F37 und F35 verändert wurden, zusammen. Wie in Punkt 13 beschrieben, sind die Parameter in diesem Simulationsexperiment so eingestellt, dass die Funktionen F37 und F35 keinen Einfluss haben sollten. Somit sollten in der Funktion F18 nur äquivalente Verbindungen von Triebrepräsentanzen und Sachvorstellungen (wenn Triebziel, Triebquelle und Triebobjekt übereinstimmen) zusammengefasst werden.

15. Die letzte Funktion der Wahrnehmungsschiene ist F63. In der Funktion wird die Emotion erzeugt. Für <ADAM> sollte der hohe Hungertrieb zu hoher Unlust und die eingestellte Persönlichkeit zu überwiegend aggressiven Triebaufteilung führen. Eine Dominanz von Unlust wird durch die Basisemotion Angst und eine Dominanz von aggressiven Triebanteilen und Unlust durch die Basisemotion Wut repräsentiert. Im Agenten <ADAM> sollten die Basisemotionen Angst und Wut dominieren. Die Emotionen werden im Kurzzeitgedächtnis mit Objekten und dem Wahrnehmungs-Image assoziiert.
16. In der Abwehrschiene wandelt die Funktion F56 vorhandene Affektbeträge in neutralisierte Intensität um. Aufgrund der eingestellten Persönlichkeitsparameter von <ADAM> kann er den überwiegend größeren Teil der Affektbeträge in neutralisierte Intensität umwandeln. Die neutralisierte Intensität kann von Ich- und Über-Ich-Funktionen verwendet werden.
17. In der Funktion F55 werden proaktive Über-Ich-Regeln wie z. B. ‚Jeden Tag eine gute Tat!‘ umgesetzt. Da die Hauptaufgabe der Simulationsexperimente in der Darstellung der Lernfunktionen liegt wurden keine proaktiven Über-Ich-Regeln festgelegt. Somit erfolgt keine Veränderung der Affektbeträge der Triebe und der Emotion sowie der Basisemotionen durch F55.
18. In der Funktion F7 werden reaktive Über-Ich-Regeln wie z. B. ‚Du musst immer teilen!‘ umgesetzt. Da die Hauptaufgabe der Simulationsexperimente in der Darstellung der Lernfunktionen liegt wurde nur die Über-Ich-Regel ‚Du sollst nicht wütend sein!‘ festgelegt. Die Regel sollte aufgrund der angenommenen auftretenden Wut bei <ADAM> aktiv werden.
19. In F6 werden alle von F55 und F7 aktivierten Über-Ich-Regeln in Bezug auf die Triebwünsche vollzogen. Bei <ADAM> sollten die aggressiven Triebteile reduziert und die libidinösen Triebteile erhöht werden.
20. In F19 werden alle von F55 und F7 aktivierten Über-Ich-Regeln in Bezug auf die Wahrnehmung vollzogen. Bei <ADAM> sollte die Über-Ich-Regel zu einer Reduktion von Wut führen.
21. In der Umwandlungsschiene werden zunächst in F71 die durch die Abwehrschiene veränderten Emotionen in erweiterte Emotionen umgewandelt. Durch den Konflikt mit der Über-Ich-Regel sollte die erweiterte Emotion ‚Schuld‘ entstehen.
22. Die Funktion F21 ist an der Schnittstelle zwischen Primärprozess und Sekundärprozess angesiedelt. Hier werden unbewusste Sachvorstellungen der Wahrnehmung mit bewusstseinsfähigen Wortvorstellungen verknüpft. Die Wortvorstellungen können dann im Sekundärprozess weiterverarbeitet werden. Beim Agenten <ADAM> sollten hier die Wortvorstellungen von <MEAT> mit dem wahrgenommenen Objekt aus der Umwelt assoziiert werden. Auch die Assoziation entsprechender Wortvorstellungen zu den wahrgenommenen Körperausdrücken sollte hier erfolgen.
23. Die Funktion F20 ist analog der Funktion F21. Hierbei werden jedoch die Emotionen mit Gefühlen assoziiert. <ADAM> sollte das Gefühl von Angst und Wut assoziieren.
24. Die letzte Funktion der Umwandlungsschiene ist F8. Hier werden unbewusste Triebwünsche mit bewusstseinsfähigen Wortvorstellungen von Zielen assoziiert. Bei <ADAM> sollte das Ziel, das Objekt <MEAT> zu essen, aktiviert werden.
25. Die erste Schiene des Sekundärprozesses ist die Wunsch- und Bedürfnis-Auswahlschiene. Die erste Funktion darin ist F69. In der Funktion werden alle Handlungen aus den Erinnerungen,

die mit den erwünschten Triebobjekten assoziiert sind, aktiviert. <ADAM> hat in seinen Erinnerungen Akte, um zum <MEAT> zu gelangen und es zu essen, zu teilen oder zu verschenken. Die Ziele der Akte sollten aktiviert werden.

26. In F23 werden alle Objekte fokussiert, die mit einem Triebwunsch assoziiert sind. Die Überbesetzung³² sollte zu einer Fokussierung auf das Objekt <MEAT> führen. Die Fokussierung wird auch als Aktivierungsgröße für alle im Kurzzeitgedächtnis abgelegten Objekte übertragen.
27. Die Funktion F61 – Lokalisierung – befand sich im Zuge der vorliegenden Arbeit noch in Bearbeitung und wurde daher nur als Dummy verwendet.
28. In der letzten Funktion der Wunsch- und Bedürfnis-Auswahlschiene – F51 – werden alle möglichen Handlungen zur Wunscherfüllung auf Durchführbarkeit überprüft. Dabei muss das Objekt in der Wahrnehmung vorhanden und die angestrebte Aktion durchführbar sein. In der Psyche von <ADAM> sollte die Handlung, das Objekt <MEAT> zu essen, als durchführbar erkannt und so zur nächsten Funktion weitergeleitet werden.
29. Die nächste Schiene ist die Handlungsselektionsschiene. In der ersten Funktion – F26 – werden alle Bewertungen zusammengefasst und eine Reihung der Ziele erfolgt auf Basis der Faktoren Affektbetrag, Gefühle, soziale Regeln und erwarteter Aufwand. <ADAM> sollte aufgrund seiner bisherigen Erfahrungen (Erinnerungen) mit <CARL> das Ziel, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, auswählen. Ein Hauptfaktor sollte sein, dass der Ausgang der Handlung <ADAM> den höchsten Gewinn aus Lustgewinn und Unlustvermeidung verspricht. Ein zweiter wichtiger Faktor sollte die Befriedigung des Hungertriebes darstellen. Alle anderen Faktoren sollten eine untergeordnete Rolle bei der Reihung der Ziele einnehmen.
30. Die Funktion F52 erstellt imaginäre Handlungen für die ausgewählten Ziele. Dabei sollte <ADAM> die Handlungen, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, es zu teilen und es zu verschenken durchdenken und den erwarteten Ausgang bewerten. Das ganze Objekt <MEAT> zu essen sollte den geringsten Aufwand und die größte erwartbare Summe aus Lust und Unlust erhalten und somit die beste Bewertung gegenüber den anderen Handlungen bekommen.
31. In F53 werden die imaginären Handlungen nach logischen Kriterien geprüft welche Handlungen in Bezug auf die Realität überhaupt möglich sind. Die Handlung, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, sollte die Funktion passieren.
32. Die letzte Funktion der Handlungsselektionsschiene ist die Funktion F29. In der Funktion werden alle noch verfügbaren Handlungen nach ihrer Gesamtbewertung gereiht. Dazu werden folgende Faktoren verwendet: Wichtigkeit für Triebe, Übereinstimmung von Gefühlen in Images, erwartete Gefühle, Aufwand, Triebziele, soziale Regeln, Übereinstimmung von Emotionen zu Objekten und anderen Agenten und Übereinstimmung der Körpersprache. Für

³² "Überbesetzung ist die Besetzung von psychischen Inhalten mit Triebenergie über eine gewisse Schwelle. Sie ist neben der Verbindung mit Wortvorstellungen eine Voraussetzung für Bewusstwerden. Die Triebenergie dazu stammt einerseits aus der desexualisierten Triebenergie, der sich das Ich bedient, andererseits auch aus den Besetzungen der Wortvorstellungen selbst. Die Überbesetzung bewirkt eine Fokussierung." [DBD+14, S. 51]. In dem Zitat von 2014 wird noch der Begriff Triebenergie anstatt den in diesem Dokument verwendeten Begriff Triebintensität verwendet.

<ADAM> sollten die Bewertungen der Wichtigkeit für Triebe, der Übereinstimmung von Gefühlen in Images, der erwarteten Gefühle und der Triebziele zur höchsten Gesamtbewertung der Handlung das ganze Objekt <MEAT> zu essen führen. Dabei sollte eine abstrakte Aktion wie ‚Gehe zu‘ aus den Erinnerungen ermittelt werden. Die Aktion wird auch ins Kurzzeitgedächtnis übertragen.

33. Die nächste Schiene, die Imaginationsschiene, hat nur eine Funktion. In F47 werden imaginierte Handlungen in die Wahrnehmungsschiene (Primärprozess) rückgeführt. Dabei werden mit den imaginierten Handlungen assoziierte Sachvorstellungen an die Wahrnehmungsschiene übergeben. In der Funktion F46 können dadurch ähnliche Images zu den imaginierten Handlungen aktiviert werden. Dadurch bleiben die Handlungsentscheidungen als ‚Fantasie‘ für den nächsten Durchlauf im Funktionsmodell erhalten. In der Psyche von <ADAM> sollten es die Handlungen wie das Objekt <MEAT> zu teilen, es zu verschenken oder aber auch <BODO> zu schlagen sein.
34. In der letzten Schiene der Psyche, der Aktorschiene, befindet sich ebenfalls nur eine Funktion. In der Funktion F30 sollte die abstrakte Handlungsanweisung ‚Gehe zu‘ in konkrete Symbole umgewandelt werden. Die Symbole werden dann über die Neurosymbolisierung in konkrete Ansteuersignale für die Motorik des Agenten umgewandelt. <ADAM> sollte sich in den nachfolgenden Simulationsschritten drehen, um das Objekt <MEAT> in die Mitte seines Sichtfeldes zu bekommen. (Die Weitergabe der Informationen von F30 an die Schicht 2 erfolgt erst nach 10 Durchläufen, also erst bei Simulationsschritt 10. Warum das so ist, wird nach Punkt 35 erläutert.)
35. Am Ende eines Funktionsdurchlaufs werden die Elemente aus dem Kurzzeitgedächtnis, Befriedigungserinnerungen und durch Emotionen und Gefühle bewertete Objekte und Images in der Funktion SF90 ins Langzeitgedächtnis übertragen, wenn die Lernschwelle erreicht wird.

Durch die Rückkopplung über F47 in den Primärprozess (siehe Punkt 33) müssen die Funktionen öfter durchlaufen werden, um ein stabiles Endresultat erzeugen zu können. Das erfolgt in den Simulationsschritten 2-10. Die Ausgabe von Informationen erfolgt damit erst in Simulationsschritt 10. Das gilt auch für alle internen Informationen im Funktionsmodell, z. B. werden die Informationswerte im Kurzzeitgedächtnis nur von Simulationsschritt 10 verwendet. Nur die Informationen aus den 10. Simulationsschritten werden weiterverarbeitet (10, 20, 30, ...).

Simulationsschritt 1 (<BODO>):

36. <BODO> ist wie <ADAM> hungrig und leicht wütend. Er sollte sich ebenfalls entscheiden, das ganze Objekt <MEAT> zu essen. Da sich <BODO> nicht im Fokus der Analyse befindet, werden seine internen Abläufe zusammengefasst und punktuell behandelt.

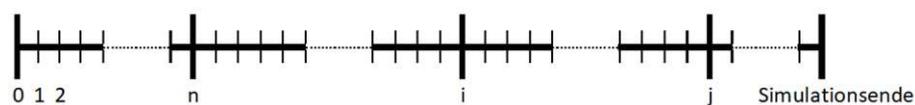


Abbildung 5.3: Zeitstrahl unterteilt in Simulationsschritte, wobei n, i und j Simulationsschritte bestimmte variable Zeitpunkte in der Simulation darstellen

Zur besseren Nachvollziehbarkeit wurden hier die Variablen n , i und j definiert (siehe Abbildung 5.3), um damit spezifische Simulationsereignisse zu markieren, da sich konkrete Simulationsschritte durch Parameteränderungen oft verschieben. Von Simulationsschritt 1 bis Simulationsschritt n sollte <ADAM> das Ziel, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, verfolgen. Deshalb sollte er Aktionen ausführen, mit denen er das Objekt <MEAT> erreichen kann.

Simulationsschritt n (<ADAM>):

37. <ADAM> sollte sich in der Situation auf dem Weg zum Objekt <MEAT>, das er essen will, befinden. Die Situation sollte mit einer ähnlichen Situation aus dem Langzeitgedächtnis assoziiert werden und im Kurzzeitgedächtnis, wie in Tabelle 5.3 (Zeile: 1.) dargestellt, aktiviert werden, sowie durch die aktuelle Emotion und Gefühle bewertet sein. Ein Übertrag ins Langzeitgedächtnis sollte zu einer geringfügigen Anpassung der vorhandenen Erinnerungen führen.

Simulationsschritt $n+10$ (<ADAM>):

38. Auf dem Weg zum Objekt <MEAT> sollte <ADAM> ein weiteres Objekt wahrnehmen.
39. Durch die assoziierten Eigenschaften des Objektes, die <ADAM> sehr ähnlich sind, sollte er das Objekt in F14 als einen weiteren Agenten assoziieren.
40. <ADAM> hat nur Erinnerungen an einen einzigen weiteren Agenten. Diese Erinnerungen sind von seinem Bruder <CARL>. Dadurch sollte <ADAM> die Erinnerungen an seinen Bruder <CARL> mit dem wahrgenommenen Agenten <BODO> assoziieren. In F14 wird ein Übertrag von Erinnerungen an <CARL> auf den wahrgenommenen Agenten stattfinden. In F63 werden neben der eigenen Emotion des Agenten <ADAM> auch die Emotionen anderer Agenten erkannt. Hier findet auch ein Übertrag der Emotionen von anderen Agenten auf <ADAM> statt. Dadurch sollte <ADAM> auch assoziieren, dass der andere Agent Angst hat.
41. Der Körperausdruck sollte von <ADAM> in F21 mit den Erinnerungen an seinen eigenen Körper, sowie an Erinnerungen an den Körper von <CARL>, assoziiert werden.
42. Die erkannten Emotionen von <BODO> sollten in F20 dazu führen, dass <BODO> mit dem Gefühl der Angst assoziiert wird. <ADAM> sollte sich dadurch dem anderen Agenten überlegen fühlen.
43. Die Wahrnehmungen sollten <ADAM> in seiner Entscheidung, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, bestärken. Die Gesamtbewertung in F26 sollte steigen und das Ziel, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, sollte weiter ausgeführt werden.
44. In F29 werden alle möglichen Handlungen nochmals mit allen Bewertungen zusammengefasst und eine Handlung wird ausgewählt. Die Handlung, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, sollte weiter die höchste Bewertung aufweisen und <ADAM> sollte sich weiter auf dem Weg zum Objekt <MEAT> befinden. Die Anwesenheit von <BODO> sowie dessen Handlungen und Körpersprache sollten ihn nicht davon abbringen.

Simulationsschritt $n+10$ (<BODO>):

45. <BODO> sollte <ADAM> wahrnehmen. In F14 können auch Aktionen anderer Agenten wahrgenommen werden. In F46 werden alle Wahrnehmungen zu einem Image, das die aktuelle

Situation im Augenblick darstellt, zusammgebaut. Dort kann auch der Besitz oder der Anspruch auf Besitz eines Agenten auf ein Objekt unbewusst wahrgenommen werden. In der Transformationsfunktion F21 werden die Informationen dann wieder mit Wortvorstellungen assoziiert. <BODO> sollte <ADAM> wahrnehmen und die Aktion von <ADAM> so bewerten, dass <ADAM> das ganze Objekt <MEAT> essen will.

46. Dadurch, dass <BODO> ebenfalls geringfügig hungrig ist und er erkennen sollte, wie <ADAM> das Objekt <MEAT> für sich beansprucht, wird in <BODO> die Unlust weiter ansteigen und er wird noch wütender werden. Um diese Gefühle wahrnehmen zu können, wird die unbewusste Emotion in F20 zu Gefühlen assoziiert.
47. Die aktuellen Wahrnehmungen sollten in <BODO> in F29 zu dem Entschluss führen, <ADAM> zu schlagen.

Bis Simulationsschritt i sollten Aktionen von <ADAM> ausgeführt werden, mit denen er das Objekt <MEAT> erreichen sollte. <BODO> sollte sich in der Zeitspanne auf <ADAM> zubewegen.

Simulationsschritt i (<ADAM>):

48. <ADAM> sollte sich in der Situation befinden, in der er das Objekt <MEAT> isst. Die Situation sollte durch die Funktion F46 im Kurzzeitgedächtnis, wie in Tabelle 5.3 (Zeile: 2.) dargestellt, aktiviert werden, sowie durch die aktuelle Emotion aus F63 und Gefühle (F20) bewertet sein. Ein Übertrag ins Langzeitgedächtnis sollte stattfinden und zu einer geringfügigen Anpassung der vorhandenen Erinnerungen führen.

Simulationsschritt i+10 (<BODO>):

49. Während <ADAM> das Objekt <MEAT> isst, sollte <BODO> aktiv werden und beginnen, <ADAM> zu schlagen.

Simulationsschritt i+20 (<ADAM>):

50. In F14 sollte, durch die Verschlechterung des Gesundheitszustands des Körpers (Schmerz), der körperliche Schmerz ansteigen und starke Unlust bei <ADAM> entstehen.
51. Die durch körperlichen Schmerz entstandene Unlust sollte in F63 zu einem raschen Anstieg der gesamten Unlust führen.
52. <ADAM> sollte sich in der in F46 erkannten Situation befinden, in der er das Objekt <MEAT> gegessen hat. Die Situation kennzeichnet das Ende der Handlung, die das Essen des ganzen Objekts <MEAT> beinhaltet und von <ADAM> ausgeführt wurde. Sie sollte im Kurzzeitgedächtnis, wie in Tabelle 5.3 (Zeile: 3.) abgebildet, aktiviert werden, sowie durch die aktuelle Emotion und Gefühle bewertet sein und durch die Funktionen F46 und F63 auch im Kurzzeitgedächtnis abgelegt sein. Ein Übertrag ins Langzeitgedächtnis sollte stattfinden und aufgrund der hohen Unlust zu einer starken Änderung der vorhandenen Erinnerungen führen.

Bis Simulationsschritt j sollte <ADAM> versuchen, eine neue Handlungsentscheidung zu treffen, während er von <BODO> weiter geschlagen wird.

Simulationsschritt j (<ADAM>):

53. <ADAM> sollte sich auf der Flucht vor <BODO> befinden. Ein Übertrag ins Langzeitgedächtnis, der für <ADAM> negativ verlaufenen Handlung, in der er das ganze Objekt <MEAT> gegessen hat, sollte stattgefunden haben.

Wird das Simulationsexperiment mit einem SiMA-Agenten ohne Lernfunktion wiederholt, so wird sich der Agent immer gleich entscheiden und die Punkte 1-53 werden identisch zum vorherigen Durchlauf ausgeführt. Mit den Lernfunktionen in F65, F65, F48, F57, F14, F46, F63, F71, F21, F20, F8, F69, F23, F61, F51. F26, F52, F53 und F29 sollte es möglich sein, durch das Vorliegen neuer, von den Lernfunktionen erzeugten, Erinnerungen, das Verhalten von <ADAM> zu verändern. Die in SE 1.1 angenommenen neu erzeugten Erinnerungen (siehe Tabelle 5.1 (Zeile: SE 1.2; Spalte: Erinnerungen) und Tabelle 5.2 (Ende)) sollen Einfluss auf den Agenten nehmen und zur im Folgenden beschriebenen hypothetischen Verhaltensänderung von <ADAM> führen. Besonders wichtig dafür ist ein möglichst genauer Simulationsverlauf, um die automatische Selbstaneignung von Erfahrungen zu zeigen, die in weiteren Simulationsdurchläufen sinnvoll vom Agenten genutzt werden können. Ein weiterer wichtiger Punkt für das Lernen ist die Wahrnehmung einer neuen Erfahrung, einer Abweichung von den bisherigen Erinnerungen des Agenten.

5.2.2 Simulationsexperiment 1.2 – SE 1.2

Der SE 1.2 ist ein erneuter Simulationsstart mit identischen Einstellungen wie SE 1.1. Nur die angenommenen neu erlernten Erinnerungen aus SE 1.1 machen den Unterschied aus. Der erwartete Verlauf der Simulation von SE 1.2 wird erst ab Punkt 40 beschrieben, da die Punkte 1-39 als identisch zu SE 1.1 angenommen werden. Erst durch die Wahrnehmung von <BODO> sollten Erinnerungen assoziiert werden, die im SE 1.1 gebildet wurden, und somit den Simulationsverlauf verändern. In SE 1.2 sind die Simulationszeitpunkte *i* und *j* unterschiedlich zu SE 1.1. Der Simulationszeitpunkt *n* sollte identisch sein zwischen SE 1.1 und SE 1.2. Es werden *n* Simulationsschritte ausgeführt, um zum folgenden Simulationszeitpunkt zu gelangen.

Simulationsschritt *n*+10 (<ADAM>):

40. <ADAM> sollte seinen Bruder <CARL>, sowie die in SE 1.1 angenommenen neu erlernten Erfahrungen (siehe Tabelle 5.1 (Zeile: SE 1.2; Spalte: Erinnerungen) und Tabelle 5.2 (Ende)), mit dem wahrgenommenen Agenten <BODO> assoziieren. In F14 findet ein Übertrag von Erinnerungen auf den wahrgenommenen Agenten statt.
41. Es folgen weitere Assoziationen mit Erinnerungen an die Situation, bei der <ADAM> während des Essens geschlagen wird, in F46. <BODO> sollte die Intention zugeschrieben werden, <ADAM> schlagen zu wollen. Des Weiteren sollte <ADAM> auch die Erinnerung an Situationen aktivieren, in denen er <CARL> geschlagen hat, womit auch die Emotionen von <ADAM> aus den erinnerten Situationen assoziiert sind.
42. In F63 werden neben der eigenen Emotion des Agenten <ADAM> auch die Emotion anderer Agenten erkannt. Das Erkennen erfolgt aufgrund der Assoziationen mit den Erinnerungen des Agenten <ADAM>. Zunächst werden aufgrund der körperlichen Ausdrücke von <BODO> Emotionen assoziiert. In <ADAM> werden dabei Erinnerungen an seine eigenen körperlichen

Ausdrücke sowie an die körperlichen Ausdrücke seines Bruders <CARL> und die körperlichen Ausdrücke von <BODO>, aus den in SE 1.1 gebildeten Erinnerungen, assoziiert. Dabei sollte <BODO> wieder, wie in SE 1.1, die Emotion Angst zugeschrieben werden. In F63 werden aus den aktivierten Erinnerungen zur aktuell wahrgenommenen Situation (<ADAM> will das ganze Objekt <MEAT> essen, aber <BODO> ist auch da) die assoziierten Emotionen extrahiert und mit anderen Agenten assoziiert. <ADAM> hat Erinnerungen an Situationen, in denen er seinen Bruder <CARL> geschlagen hat. Mit den Erinnerungen sind auch die Emotionen von <ADAM> assoziiert. <ADAM> war in den Situationen meistens sehr wütend. Die Emotionen an die Situationen sollten mit der Intention, jemanden schlagen zu wollen, was <BODO> zugeschrieben werden sollte, mit <BODO> assoziiert werden.

43. In F69 werden Handlungen aus den Erinnerungen geladen. Dabei sollte die Handlung mit den Erinnerungen aus SE 1.1 assoziiert werden. Es wird angenommen, dass die Erinnerungen mit hoher Unlust bewertet sind.
44. Durch die angenommene hohe Unlust, die mit der Handlung das ganze Objekt <MEAT> zu essen assoziiert ist, sollte der Plan, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, in F26 abgewertet werden.
45. Alle zuvor angeführten Wahrnehmungen und Erinnerungen sollten in F29 die Handlung, das Essen mit <BODO> zu teilen, mit der höchsten Gesamtbewertung hervorgehen lassen. Die ausschlaggebenden Faktoren sollten dabei die Erinnerungen aus SE 1.1, über die Bewertung des Körperausdrucks und die Bewertung der erwarteten Änderungen durch die Ausführung der Handlung, sein. <ADAM> wird sich voraussichtlich weiter auf den Weg zum Objekt <MEAT> bewegen, jetzt aber, um es mit <BODO> zu teilen.

Bis Simulationsschritt i sollte <ADAM> Aktionen ausführen, mit denen er das Objekt <MEAT> erreichen sollte.

Simulationsschritt i (<ADAM>):

46. <ADAM> sollte das Objekt <MEAT> erreichen und es teilen.

Simulationsschritt i+10 (<BODO>):

47. In F14 können auch Aktionen anderer Agenten wahrgenommen werden. <BODO> sollte wahrnehmen, dass <ADAM> das Objekt <MEAT> teilt.
48. In F46 werden alle Wahrnehmungen zu einem Image, das die aktuelle Situation im Augenblick darstellt, zusammengebaut. In F46 werden aus den erkannten emotionalen Ausdrücken von anderer Agenten und den erkannten Handlungen die Intentionen der Agenten, durch die Erinnerungen an sich selbst, abgeleitet. Auch <BODO> sollte erkennen, dass <ADAM> das Objekt <MEAT> teilen will und seine Wut sollte sich in leichte Freude abwandeln, da er erwartet, dass <ADAM> ihm einen Teil des Objekts <MEAT> überlassen wird.
49. Das sollte auch zu einer Neubewertung der Situation führen und in <BODO> in F29 den Entschluss ergeben, das Objekt <MEAT> mit <ADAM> zu teilen. Der wesentliche Faktor für die Entscheidung sollte die erwartete Lust und geringer Unlust aufgrund der erwarteten Befriedigung des Hungers durch das Essen des erhofften Objekts <MEAT> sein.

Bis Simulationsschritt j sollte <ADAM> Aktionen ausführen, mit denen er einen Teil des Objekts <MEAT> an <BODO> übergeben sollte und den anderen Teil des Objekts <MEAT> erreichen und essen sollte.

Simulationsschritt j (<ADAM>):

50. Nachdem das Objekt <MEAT> geteilt und gegessen wurde, sollte der Agent <ADAM> glücklich und zufrieden sein. Die in F63 gebildete Emotion sollte sich in Richtung Freude entwickelt haben.

Simulationsschritt j (<BODO>):

51. Nachdem das Objekt <MEAT> geteilt wurde, sollte der Agent <BODO> ebenfalls glücklich und zufrieden sein. Die in F63 gebildete Emotion sollte sich wie bei <ADAM> in Richtung Freude entwickelt haben.

Die Erfahrungen, die <ADAM> während des gesamten Simulationslaufs machen sollte, werden in F65, F65, F48, F57, F14, F46, F63, F71, F21, F20, F8, F69, F23, F61, F51, F26, F52, F53 und F29 gebildet und im Kurzzeitgedächtnis von <ADAM> gespeichert. Durch eine entsprechend hohe emotionale Bewertung aus F63 und eine entsprechend lange Aktivierungsdauer im Kurzzeitgedächtnis werden Erfahrungen ins Langzeitgedächtnis übertragen.

Konkret sollten in <ADAM> die Erinnerungen an das Teilen von Objekt <MEAT> in Anwesenheit eines zunächst wütenden und dann erfreuten Agenten <BODO> entstehen. Auch Erinnerungen an das positive Ende der Situation sowie die Kooperation von <BODO> sollten erzeugt werden. Die Erinnerungen sollten durch Emotionen und Gefühle bewertet werden und die bestehenden Erinnerungen im Langzeitgedächtnis verändern. Es sollten auch neue mit Emotionen assoziierte Erinnerungen an die körperlichen Ausdrücke von <BODO> im Langzeitgedächtnis entstehen.

5.2.3 Simulationsexperiment 1.3 - 1.x (SE 1.3 - SE 1.x)

Die in SE 1.2 angenommenen erzeugten Erinnerungen sollen <ADAM> in seiner getroffenen Entscheidung bestärken und sie weiter im Langzeitgedächtnis verfestigen. <ADAM> sollte positive Erinnerungen an die erlebte Situation ablegen. Die Erinnerungen werden aufgrund der als positiv bewerteten Effekte auf <ADAM> zu einer positiven Bewertung des Teilens. Wenn keine neuen Erfahrungen hinzukommen, die diese Bewertung verändern, wird angenommen, dass <ADAM> sich in der Situation <BODO> gegenüber immer gleich verhält. Das gilt auch für ähnliche Situationen und Agenten, die <BODO> ähnlich sind. Der Simulationsverlauf von SE 1.3 bis SE 1.x sollte damit immer zu ähnlichem Verhalten der Agenten führen. Der weitere Lerneffekt sollte somit nach Erreichen der optimalen Entscheidung für die neue Entscheidung in dem, jedes Mal gleich voreingestellten, Simulationsdurchlauf sehr gering bis nicht existent sein. Dafür könnte <ADAM> aber noch zusätzlich andere Dinge erlernen, wie die richtige Einschätzung von <BODO> und die Verbesserung der Deutung emotionaler Ausdrücke von <BODO> oder von sich selbst.

Alle weiteren Durchläufe von Simulationsexperiment 1 (von SE 1.3 bis SE 1.x) sollten, entsprechend der psychoanalytischen Lehre, zu ähnlichen Wahrnehmungen führen. Dadurch sollten sich auch die Erinnerungen nur mehr gering an die Wahrnehmung anpassen. Sofern das Verhalten von <BODO> stabil ist, wird der Vorgang gegen eine optimale Anpassung an die Situation konvergieren, die in SE 1.2 bis SE 1.x immer identisch sein sollte, bis auf die Erinnerungen des Agenten <ADAM>. Aber auch die Veränderung der Erinnerungen sollte einen optimalen Zustand anstreben. Dadurch sollte ab einem bestimmten Punkt keine Veränderung der Erinnerungen und damit kein Lernen auftreten. Da Menschen im realen Leben aber Situationen nicht ständig identisch wiederholen können, ist der Simulationsablauf hier nur ein theoretisches Hilfsmittel, um vor allem die Funktion des Lernens im Detail besser aufzeigen und analysieren zu können. Der Schwerpunkt von SE 1.1 liegt auf einer Veränderung des Handlungsablaufs trotz der wiederholten identischen Situationsdarstellung in SE 1.2. Dabei soll die Veränderung des Handlungsablaufs in SE 1.2 allein durch die Veränderung der Erinnerungen des Agenten <ADAM> erfolgen. SE 1.2 bis SE 1.x soll zeigen wie sich die Erinnerungen stabilisieren und wie erlernte Erinnerungen auf weiteres Lernen Einfluss nimmt.

5.3 Simulationsexperiment 2

Ausgehend von Simulationsexperiment 1 wurde Simulationsexperiment 2 entwickelt, um Situationen mit unterschiedlichen Agenten darzustellen. Damit der Agent <ADAM> auf unterschiedliche Agenten auch unterschiedlich reagiert, musste das Funktionsmodell erweitert werden. Mit dieser Erweiterung wurde das Simulationsexperiment 1 nochmals wiederholt und die erlernten Erfahrungen mit <BODO> sind damit zu Beginn von Simulationsexperiment 2 im Langzeitgedächtnis von <ADAM> enthalten. Um den Nutzen von neu erlernten Erinnerungen zu zeigen, soll <ADAM> nicht immer wieder auf <BODO> treffen, sondern auch auf die Agenten <CARL>, <DOUG> und <EMIR>. Die Ausgangssituation von Simulationsexperiment 1 und Simulationsexperiment 2 sind, bis auf die Auswechslung des Agenten <BODO> durch andere Agenten (und die bereits erwähnten Erinnerungen an <BODO> aus Simulationsexperiment 1), identisch. Dadurch soll gezeigt werden, dass <ADAM> seine neu erlernten Erinnerungen auch in Situationen mit anderen Agenten verwenden kann und wie die durch Lernen neu gebildeten Erinnerungen in diesen Fällen aussehen.

In Simulationsexperiment 2.1 wird der Agent <BODO> durch den Agenten <CARL> ersetzt. <ADAM> hat bereits Erinnerungen an <CARL>. Das erwartete Verhalten von <ADAM> wäre, dass er wie bisher mit <CARL> umgeht. Die neu erlernten Erinnerungen durch das Zusammentreffen mit <BODO> sollten keine Auswirkungen auf das Verhalten von <ADAM> haben. Daher sollte <ADAM> das ganze Objekt <MEAT> essen.

In Simulationsexperiment 2.2 wird der Agent <CARL> durch den Agenten <DOUG> ersetzt. <ADAM> hat keine Erinnerungen an <DOUG> und trifft ihn in Simulationsexperiment 2.2 zum ersten Mal. Die Parametereinstellungen von <DOUG> sind, bis auf das äußere Erscheinungsbild, identisch zu <BODO> und er kann als dessen großer Bruder angesehen werden. Das Erscheinungsbild von <DOUG> ist dem vom <BODO> ähnlicher als anderen Agenten. Das erwartete Verhalten von <ADAM>

wäre, dass er mit <DOUG> genauso wie mit <BODO> umgeht. Die neu erlernten Erinnerungen aus Simulationsexperiment 1 sollten daher Auswirkungen auf das Verhalten von <ADAM> haben. Hätte <ADAM> die Erfahrung in Simulationsexperiment 1 (mit <BODO>) nicht gemacht, sollte er jetzt das ganze Objekt <MEAT> essen. Stattdessen sollte er das Objekt <MEAT> mit <DOUG> teilen.

In Simulationsexperiment 2.3 wird der Agent <DOUG> durch den Agenten <EMIR> ersetzt. <ADAM> hat keine Erinnerungen an <EMIR> und trifft ihn in Simulationsexperiment 2.3 zum ersten Mal. Das Erscheinungsbild von <EMIR> ist zwischen dem Erscheinungsbild von <CARL> und dem Erscheinungsbild von <BODO>. Das erwartete Verhalten von <ADAM> wäre, dass er mit <EMIR> je nach Auswertung seines Erscheinungsbildes entweder wie mit <BODO> oder wie mit <CARL> verfährt. Von der Parametrierung sind die Einstellungen, bis auf das Erscheinungsbild, bei <EMIR> und <CARL> gleich.

5.4 Simulationsexperiment 3

Zum Unterschied zu Simulationsexperiment 2 wird in Simulationsexperiment 3 die Reihenfolge der Agenten, die auf <ADAM> treffen, verändert. Zusätzlich wurden die Erinnerungen von <ADAM> auf die Ausgangsposition von Simulationsexperiment 1 zurückgesetzt. Damit hat <ADAM> nur Erinnerungen an seinen Bruder <CARL> und keine Erinnerungen an <BODO>, <DOUG> oder <EMIR>. In Simulationsexperiment 3 soll <ADAM> auf <EMIR> treffen, bevor er auf <BODO> oder <DOUG> (beide sind als aggressiver Charakter parametrisiert) trifft.

In Simulationsexperiment 3.1 wird der Agent <ADAM> auf den Agenten <EMIR> treffen. <ADAM> hat keine Erinnerungen an <EMIR> und trifft ihn in Simulationsexperiment 3.1 zum ersten Mal. Da <ADAM> nur Erinnerungen an <CARL> hat, kann er nur sie assoziieren. Das erwartete Verhalten von <ADAM> wäre, dass er mit <EMIR> genauso wie mit <CARL> umgeht. Daher sollte <ADAM> das ganze Objekt <MEAT> essen.

In Simulationsexperiment 3.2 wird der Agent <EMIR> durch den Agenten <BODO> ersetzt. <ADAM> hat keine Erinnerungen an <BODO> und trifft ihn in Simulationsexperiment 3.2 zum ersten Mal. Die Parametereinstellungen von <BODO> sind identisch zu Simulationsexperiment 1 und 2. Das erwartete Verhalten von <ADAM> wäre, dass er mit <BODO> genauso wie in Simulationsexperiment 1 umgeht. Die neu erlernten Erinnerungen aus Simulationsexperiment 3.1 sollten daher keine Auswirkungen auf das Verhalten von <ADAM> haben. <ADAM> sollte daher das ganze Objekt <MEAT> essen und nicht teilen. Die neu erlernten Erfahrungen mit <BODO> sollen die weiteren Zusammentreffen mit <BODO> und mit Agenten, die <BODO> ähnlicher als <EMIR> und <CARL> sind, beeinflussen und ihn zum Teilen bewegen.

In Simulationsexperiment 3.3 wird der Agent <BODO> durch den Agenten <EMIR> ersetzt. <ADAM> hat Erinnerungen an <EMIR> und soll sie auch verwenden. Das erwartete Verhalten von <ADAM> wäre, dass er sich gegenüber <EMIR> genauso wie in Simulationsexperiment 3.1 verhält. Die neu

erlernten Erinnerungen aus Simulationsexperiment 3.2 mit <BODO> sollten daher keine Auswirkungen auf das Verhalten von <ADAM> haben. Daher sollte <ADAM> das ganze Objekt <MEAT> essen und es nicht mit <EMIR> teilen.

In Simulationsexperiment 3.4 wird der Agent <EMIR> durch den Agenten <DOUG> ersetzt. <ADAM> hat keine Erinnerungen an <DOUG> und trifft ihn in Simulationsexperiment 3.4 zum ersten Mal. Die Parametereinstellungen von <DOUG> sind, bis auf das Erscheinungsbild (das ähnlich dem Erscheinungsbild von <BODO> ist), identisch zu <BODO> und er kann als dessen großer Bruder angesehen werden. Das Erscheinungsbild von <DOUG> ist dem vom <BODO> ähnlicher als anderen Agenten. Das erwartete Verhalten von <ADAM> wäre, dass er mit <DOUG> genauso wie mit <BODO> umgeht. Die neu erlernten Erinnerungen aus Simulationsexperiment 3.2 sollten daher Auswirkungen auf das Verhalten von <ADAM> haben. Hätte <ADAM> die Erfahrung in Simulationsexperiment 3.2 nicht gemacht, würde er jetzt das ganze Objekt <MEAT> essen. Stattdessen sollte er das Objekt <MEAT> mit <DOUG> teilen.

6. Simulationsergebnisse

„Die Lösung ist immer einfach, man muss sie nur finden.“

[Alexander Solschenizyn]

Die Annahmen der Simulationsexperimente aus Kapitel 5 werden nun mit den Ergebnissen der Simulation verglichen. Dabei wird auf die in Kapitel 5 definierten Punkte Referenz genommen. Die Simulationsexperimente sind in mehrere Simulationsdurchläufe (Simulationsexperiment 1.x) unterteilt, die für sich gesehen ebenfalls Simulationsexperimente sind, aber einem Simulationsexperiment untergeordnet werden. Die Simulationsexperimente müssen die in Kapitel 3 aufgestellten Hypothesen bestätigen.

6.1 Simulationsexperiment 1

Simulationsexperiment 1 zielt auf die grundlegende Aneignung neuer, über Emotion und Gefühle bewerteter, Erinnerungen von Erlebnissen ab. Die gesammelte Erfahrung soll dabei für folgende Handlungsentscheidungen verwendet werden. Erinnerungen werden durch die neue Verknüpfung bereits vorhandener Erinnerungen erstellt. Alle Ergebnisse wurden gegen die psychoanalytisch spezifizierten Annahmen geprüft. Bei vorhandenen Abweichungen wurde zunächst der Softwarecode auf Fehler überprüft und gefundene Fehler ausgebessert. Konnte damit die Abweichung nicht behoben werden, so wurden die Parameter-Einstellungen und die Spezifikation des Modells in einem interdisziplinären Review geprüft. Die Simulation aller Testfälle soll den Wissenstransfer von Psychoanalytikern in ein technisches Modell bestätigen.

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Szenarien beschrieben und dabei auf die wichtigsten Faktoren eingegangen, die maßgeblich zu den Entscheidungen und den damit verbundenen Wahrnehmungen, die erlernt werden, beitragen. Um die Faktoren entsprechend darstellen zu können, werden die Inspektoren in SiMA verwendet. Dadurch soll die Entstehung neuer Erinnerungen im Detail gezeigt werden.

In Simulationsexperiment 1 wird ein Simulationsdurchlauf so gestaltet, dass sich die Startparameter, mit Ausnahme der selbst erlernten Erinnerungen von <ADAM>, nicht ändern. Die Simulationsdurchläufe werden dann so oft wiederholt, bis sich keine signifikanten Änderungen durch Lernen ergeben

und die Erinnerungen somit annähernd stabil bleiben. Dabei sollen die Funktionen und Faktoren beleuchtet werden, die Erinnerungen im Kurzzeitgedächtnis entstehen lassen und schlussendlich eine dauerhafte Änderung der Erinnerungen im Langzeitgedächtnis bewirken. Die Funktionen, die das Verhalten des Agenten in einem Simulationsdurchlauf erzeugen, wurden zum ersten Mal in [Deu11] spezifiziert und in [Muc13], [Sch16b] und [Wen16] nochmals überarbeitet bzw. erweitert. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Arbeiten wurden die relevanten Erinnerungen nicht von Hand erzeugt, sondern mit eigenen Simulationsexperimenten durch Lernen erstellt. Dadurch kann der Agent zum ersten Mal mit seinen eigenen Erfahrungen, ohne vorherige manuelle Parametrierung, die weiteren Simulationsexperimente beginnen. Es können jedoch nur spezifische Erinnerungen erlernt werden und dafür ist vorab eine entsprechende manuelle Parametrierung nötig.



Abbildung 6.1: Ausgangsposition aller Objekte in der Welt von Simulationsexperiment 1

Das Simulationsexperiment 1 geht in jedem Simulationsdurchlauf von der in Abbildung 6.1 skizzierten Situation aus. <ADAM> ist dabei der grüne Agent, der dem roten Agenten <BODO> gegenüber steht. Im Umkreis der beiden Agenten sind die Objekte <MEAT_N>, <APPLE>, <CARROT> und <STONE> angeordnet. <MEAT_N> wurde so parametrierung, dass es den in den Erinnerungen beider Agenten dem Objekt <MEAT> ähnlich ist, aber trotzdem nicht als identisches Objekt wahrgenommen wird. Dafür wurde die Farbe des Objekts von #FFAFAF (RGB-Farbraum³³) auf #FFAFBF geändert. <ADAM> startet mit niedrigem Blutzucker, wodurch sein Selbsterhaltungstrieb aktiviert wird. Als Ausgangssituation hat <ADAM> fünf Akte in seinen Erinnerungen, die auf Wahrnehmungen mit seinem Bruder <CARL> beruhen. Die Erinnerungen kann er in seiner Entscheidungsfindung aktivieren, um dann Handlungen ausführen zu können. Da <CARL> der einzige andere Agent in den Erinnerungen von <ADAM> ist, werden diese Erinnerungen mit anderen Agenten assoziiert und stehen damit als generelle Handlungen in Bezug auf andere Agenten zur Verfügung. Die fünf Akte befähigen den Agenten zu folgenden Handlungen:

³³ RGB steht für Rot, Grün und Blau. Die ersten beiden Zeichen nach dem # sind die Hexadezimalzahl für die Intensität (Bereich 0-255 bzw. 0-0xFF) Rot, das dritte und vierte Zeichen die Hexadezimalzahl für Grün und die letzten beiden Zeichen für die Hexadezimalzahl Blau.

- <A12_EAT_MEAT_L01> – <ADAM> isst das ganze Objekt <MEAT>
- <A10_DIVIDE_MEAT_L01> – <ADAM> teilt das Objekt <MEAT> mit einem anderen Agenten
- <A06_BEAT_CARL_L01> – <ADAM> schlägt den anderen Agenten
- <A13_GIVE_MEAT_L01> – <ADAM> überreicht das Objekt <MEAT> an einen anderen Agenten
- <A14_FLEE_CARL_L01> – <ADAM> flüchtet vor dem anderen Agenten

Zusammenfassend kann die Situation in allen Durchläufen von Simulationsexperiment 1 wie folgt dargestellt werden:

- <ADAM> ist hungrig und nimmt ein Objekt <MEAT_N> und den Agenten <BODO> wahr.
- Er bewertet seine Möglichkeiten und trifft eine Entscheidung.
- <BODO> bewertet ebenfalls seine Möglichkeiten und trifft eine Entscheidung.
- Die Entscheidungen führen zu einem Handlungsverlauf.
- Die während des Simulationsdurchgangs gebildeten Wahrnehmungen im Kurzzeitgedächtnis werden bei entsprechender Relevanz ins Langzeitgedächtnis übertragen und stehen dem Agenten <ADAM> für den nächsten Simulationsdurchgang zur Verfügung.

Um die Komplexität weiter zu reduzieren, wurde nur der Agent <ADAM> mit einer Lernfunktion ausgestattet. Die Erinnerungen des Agenten <BODO> sind somit statisch und unterliegen keiner Veränderung. Dadurch kann der Fokus von Simulationsexperiment 1 auf den Agenten <ADAM> gelegt werden.

6.1.1 Simulationsexperiment 1.1 – SE 1.1

Durch die Einführung von Lernfunktionen in das SiMA-Modell ändern sich die Erinnerungen des Agenten. Die Änderung der Erinnerungen verändert somit die Parameter für den nächsten Simulationsdurchlauf. Dadurch wird es notwendig, jeden Durchlauf des Simulationsexperiments eigens zu betrachten. Das Simulationsexperiment 1 nimmt dabei eine ganz spezielle Rolle ein. Es wird eine Situation mit identischer Ausgangslage immer wieder neu erlebt. Neu erlebt bedeutet, dass der Agent nur aufgrund von Erfahrungen aus der letzten Simulation seine Entscheidungen neu bewertet und so die Simulation durch Änderungen in der Entscheidungsfindung beeinflusst. Das Simulationsexperiment 1 soll sich im Speziellen auf den Einfluss der Lernfunktionen auf das Verhalten des Agenten fokussieren.

Durch das Einfrieren von allen anderen Parametern soll gezeigt werden, wie und wo Erinnerungen, und somit schlussendlich die Handlungsentscheidung des Agenten, beeinflusst werden. Das soll hier Punkt für Punkt mit den Annahmen für SE 1.1 aus Kapitel 5.2.1 verglichen werden. Zuvor sollen die Simulationsergebnisse in kompakter Form beschrieben werden, um einen Überblick über den gesamten Simulationsverlauf zu bekommen.

6.1.1.1 Überblick

Um das Verständnis des detaillierten Simulationsablaufs von Simulationsexperiment 1.1 zu erleichtern, werden die wichtigsten Ergebnisse zunächst überblicksmäßig gezeigt. Simulationsexperiment 1.1 zeigt eine Situation von den Agenten <ADAM> und <BODO>. Da beide hungrig sind, entsteht ein Konflikt um ein Objekt <MEAT_N> (Fleisch). In Abbildung 6.2 ist der Verlauf von Simulationsexperiment 1.1 dargestellt. Bild 1 stellt die Ausgangssituation von Simulationsexperiment 1.1 dar. Der detaillierte Simulationsverlauf wird nachfolgend im Detail beschrieben. <ADAM> geht zu dem Objekt <MEAT_N> (Bild 2) und beginnt es zu essen (Bild 3). <BODO> schlägt daraufhin <ADAM> (Bild 4 und Bild 5), was durch das entsprechende Aktionssymbol (siehe Abbildung 4.3) angezeigt wird. Das Simulationsexperiment endet mit der Flucht von <ADAM> (Bild 6). Tabelle 6.2 enthält die im Simulationsexperiment gebildeten Erinnerungen. Während der Simulation nimmt <ADAM> seine Umgebung wahr und speichert die daraus gebildeten Elemente im Kurzzeitgedächtnis als Momente ab. Die Momente werden dann mit passenden Erinnerungen assoziiert und ein Übertrag der erlebten Wahrnehmungen auf die im Langzeitgedächtnis vorhandenen Erinnerungen findet, bei entsprechender Relevanz bzw. Dauerhaftigkeit und damit entsprechend hoher Lernintensität, statt. Dabei werden die bewerteten Erinnerungen, die in Tabelle 6.1 abgebildet sind, mit den in Simulationsexperiment

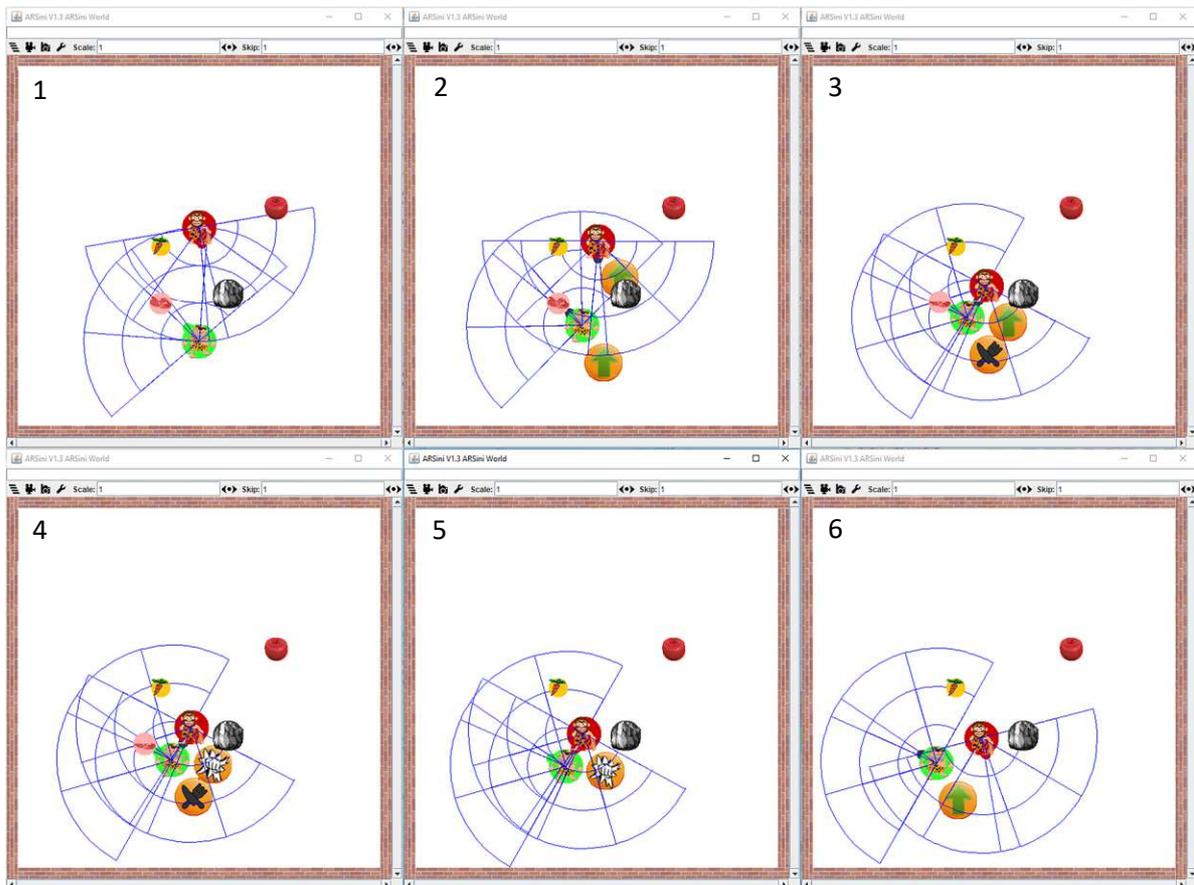


Abbildung 6.2: Simulationsverlauf von SE 1.1

1.1 erlebten Momenten über die Funktion SF90 zusammengeführt und ergeben schlussendlich neue Erinnerungen im Langzeitgedächtnis (Tabelle 6.2).

	Gefühl	Intensität	Aggr.	Libi.	Lust	Unlust
INTENTION	Angst	0,34	0,26	0,15	0,23	0,34
IMAGE_1	Angst	0,44	0,26	0,15	0,23	0,44
IMAGE_2	Angst	0,42	0,27	0,15	0,23	0,42
IMAGE_3	Angst	0,16	0,26	0,16	0,23	0,16

Tabelle 6.1: Bewertung des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> über Emotion und Gefühl in den Erinnerungen vor dem Start von Simulationsexperiment 1.1 im Agenten <ADAM> (Aggr. = aggressive Triebkomponenten; Libi. = libidinöse Triebkomponenten)

	Gefühl	Intensität	Aggr.	Libi.	Lust	Unlust
INTENTION	Angst	0,56	0,38	0,11	0,24	0,56
IMAGE_1	Angst	0,43	0,39	0,13	0,25	0,43
IMAGE_2	Angst	0,54	0,39	0,13	0,25	0,54
IMAGE_3	Angst	0,70	0,35	0,08	0,23	0,70

Tabelle 6.2: Neue Bewertung des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> über Emotion und Gefühl in den Erinnerungen am Ende von Simulationsexperiment 1.1 im Agenten <ADAM> (Aggr. = aggressive Triebkomponenten; Libi. = libidinöse Triebkomponenten)

	Gefühl	Intensität	Aggr.	Libi.	Lust	Unlust
INTENTION	Angst	0,45	0,32	0,13	0,24	0,45
IMAGE_1	Angst	0,44	0,33	0,14	0,24	0,44
IMAGE_2	Angst	0,48	0,33	0,14	0,24	0,48
IMAGE_3	Angst	0,43	0,31	0,12	0,23	0,43

Tabelle 6.3: Summe der Bewertungen des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> über Emotion und Gefühl in den Erinnerungen am Ende von Simulationsexperiment 1.1 im Agenten <ADAM> (Aggr. = aggressive Triebkomponenten; Libi. = libidinöse Triebkomponenten)

In Tabelle 6.1, Tabelle 6.2 und Tabelle 6.3 sind alle Images von Akt <A12_EAT_MEAT_L01> dargestellt. Bei IMAGE_1 handelt es sich um die erste Wahrnehmung im Akt. Wird sie wiedererkannt, so erhält der Akt eine entsprechend hohe Bewertung. Bei IMAGE_2 muss sich das essbare Objekt vor dem Agenten (Position <CENTER, NEAR>) befinden (Abbildung 4.2 - Bild 3 und 4). Dann kann der Agent <ADAM> die Aktion ‚Essen‘ (<EAT>) ausführen. Während der Aktion wird <ADAM> von <BODO> geschlagen. Die Schläge von <BODO> verursachen einen Anstieg der Unlust bei <ADAM>. In den neuen Erinnerungen (Tabelle 6.2) spiegelt sich diese Wahrnehmung wider. Die aus den neu

gebildeten und den bestehenden Erinnerungen erzeugten Gesamtbewertungen sind in Tabelle 6.3 eingetragen und stellen die Ausgangsbasis für Simulationsexperiment 1.2 dar. Die Gesamtbewertung ergibt sich aus dem Mittelwert der bestehenden Erinnerung (Tabelle 6.1) und der neu gebildeten Erinnerung (Tabelle 6.2).

6.1.1.2 Detaillierter Ablauf von Simulationsexperiment 1.1

Die Parameter eines SiMA-Agenten sind vielfältig und haben daher einen großen Umfang. Hier sollen nur die wichtigen Parameter von <ADAM> und <BODO> beschrieben werden. Die restlichen Parameter sind in Anhang A aufgelistet. Begonnen wird im Simulationsschritt 0, vor dem ersten Funktionsdurchlauf. Die Unterteilung erfolgt in Simulationsschritten für die jeweiligen Agenten, wobei nur wichtige Simulationsschritte dargestellt werden. In den Simulationsschritten sind die wichtigen Vorgänge der Funktionen der Psyche dargestellt. Alle folgenden Punkte (1-x) referenzieren auf die in Kapitel 5.2.1 definierten Punkte (Annahmen).

Zu Punkt 1: <ADAM> hat Erinnerungen an seinen Bruder <CARL>. In den Erinnerungen isst <ADAM> das ganze Objekt <MEAT> allein in Anwesenheit von <CARL>. Da <CARL> <ADAM> das Objekt <MEAT> überlässt, hat <ADAM> durch die Befriedigung des Hungers positive Erinnerungen an die Situation abgelegt. <ADAM> hat auch gelernt zu teilen. Die Erinnerung ist mit weniger Lust abgelegt, da <ADAM> nur die Hälfte des Objektes <MEAT> bekommt und seinen Hunger nicht so stark befriedigen kann, wie wenn er das ganze Objekt <MEAT> isst. Dann hat <ADAM> noch eine Erinnerung, in der er satt ist und das Objekt <MEAT> an <CARL> überreicht. <ADAM> hat auch noch weitere Erinnerungen an Kämpfe mit seinem Bruder, in denen er <CARL> schlägt, beißt oder er flüchtet.

<BODO> hat Erinnerungen an seinen Bruder <DOUG>. In den Erinnerungen isst <BODO> das ganze Objekt <MEAT> in Anwesenheit von <DOUG> und wird dafür von <DOUG> geschlagen. Da <DOUG> seinen Bruder <BODO> immer schlägt, wenn er das ganze Objekt <MEAT> essen will, hat <BODO> vor allem negative Erinnerungen an die Situation abgelegt. Durch den Umstand, dass <BODO> das Objekt <MEAT> in Anwesenheit von <DOUG> nicht ganz essen kann, ohne geschlagen zu werden, hat er gelernt, immer zu teilen. Die Erinnerung verspricht die meiste Lust und die kleinste Unlust, wenn <BODO> das Objekt <MEAT> in Anwesenheit von <DOUG> essen will. Dann hat <BODO> noch eine Erinnerung, in der er satt ist und das Objekt <MEAT> an <DOUG> überreicht. <BODO> hat auch noch weitere Erinnerungen an Kämpfe mit seinem Bruder, in denen er <DOUG> schlägt, beißt oder er flüchtet. Neben den Erinnerungen hat <BODO> auch eine Über-Ich Regel, die besagt, dass er immer teilen muss.

Die Startpositionen der Agenten und der Nahrungsquelle ist so gewählt, dass sie sich gleich zu Beginn wahrnehmen und nicht erst eine Suche stattfinden muss. Das minimiert die Vielfalt der Änderungen der Einflussfaktoren und deren Abhängigkeiten. Als Beispiel sei hier die Übertragung von Emotionen anderer Agenten auf die eigene Emotion eines Agenten angeführt. Diese Übertragung findet nur statt, wenn sich der andere Agent im Sichtfeld befindet. Sobald dieser aus dem Sichtfeld verschwindet, werden keine Emotionen mehr übertragen, was zu abrupten Änderungen in den Emotionen und

zu Problemen (starke Schwankung der internen Zustände und Handlungsentscheidungen) bei der Simulation führte.

Zu Punkt 2: Die Aufteilung in Triebanteile der Agenten <ADAM> und <BODO> erfolgt zu 60% auf aggressive Triebanteile und zu 40% auf libidinöse Triebanteile für den Hungertrieb. Alle anderen Triebe wurden gegen 0 gestellt, daher erfolgt keine detaillierte Darstellung der Aufteilung dieser Triebe.

Zu Punkt 3: Der Magen von <ADAM> ist nur zu 21% gefüllt. Der Magen von <BODO> ist zu 43% gefüllt. Dadurch sollen beide Agenten Hunger haben. Alle anderen Triebe³⁴ sind zu Beginn der Simulation nahe dem Idealzustand und sollten keinen Einfluss auf die Entscheidungen des Agenten haben.

Beginnend mit Punkt 4 wird die Simulation gestartet und es erfolgt eine Auswertung der Abläufe aller Funktionen der Psyche. Das soll, wie es in Kapitel 5.2 gezeigt wurde, zuerst nur für den Agenten <ADAM>, dem Hauptprotagonisten im Simulationsexperiment 1, erfolgen. Von <BODO> werden nur herausstechende Veränderungen beschrieben. Nach Simulationsschritt 1 sollen nur wichtige Simulationsschritte und wichtige Abläufe in den Funktionen der Psyche dargestellt werden.

Simulationsschritt 1 (Agent <ADAM>):

Zu Punkt 4: Alle Sexualtriebe (anal, oral, phallisch und genital) werden in F64 erstellt und in aggressive und libidinöse Triebanteile aufgeteilt. In Abbildung 6.3 links haben alle Sexualtriebe einen Affektbetrag von 0,013 bis 0,014 (die bunten Punkte in der Abbildung überdecken sich), was im Wertebereich von 0 bis 1 sehr nahe bei 0 ist. (Die Parametrierung dafür wurde aus dem Fallbeispiel von Samer Schaat [Sch16b] übernommen.) Rechts in der Abbildung sind alle in F64 gebildeten Repräsentanzen der Sexualtriebe dargestellt. Die aktivierten Triebe sowie deren Zustände werden im Kurzzeitgedächtnis abgelegt. Damit können sie in der Funktion SF90 weiterverarbeitet und bei entsprechend hohem Affektbetrag (verknüpft mit anderen Elementen) ins Langzeitgedächtnis übertragen

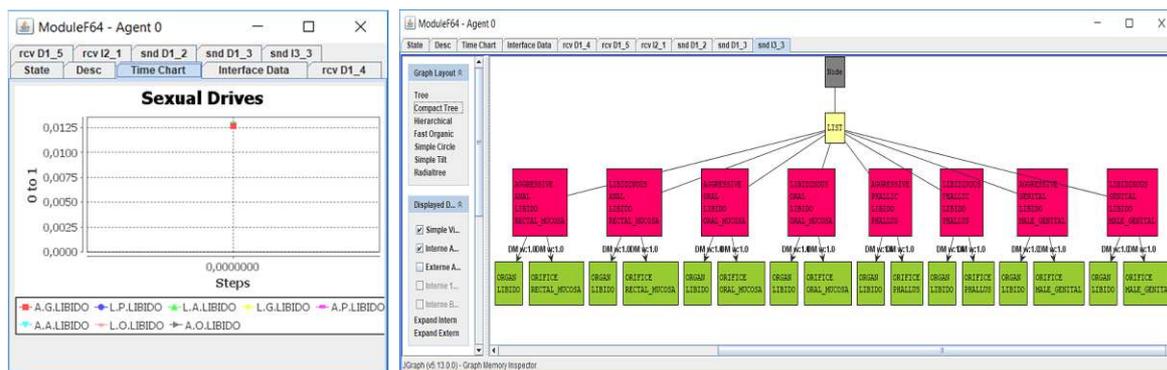


Abbildung 6.3: Inspektoren der Funktion F64

³⁴ Zur besseren Lesbarkeit werden im Folgenden Triebrepräsentanzen als Triebe bezeichnet. Da es in SiMA hauptsächlich um die Schicht 3 geht und hier nur aus Trieben erzeugte Triebrepräsentanzen verarbeitet werden. Es handelt sich im Folgenden also immer um Triebrepräsentanzen.

werden. Aufgrund der kleinen Affektbeträge werden aber keine Befriedigungserinnerungen, die auf Sexualtrieben basieren, ins Langzeitgedächtnis übertragen.

Zu Punkt 5: In F65 werden alle Selbsterhaltungstriebe erstellt. Sie sind in Abbildung 6.4 dargestellt, wobei oben die aus Schicht 2 kommenden Symbole <BLOODSUGAR>, <RECTUM>, <ADRENALIN>, <STAMINA> und <STOMACH> mit ihrem jeweiligen Wert dargestellt sind. Dabei ist ersichtlich, dass die Parameter für Magen <STOMACH>, Blutzucker <BLOODSUGAR> und Stuhldrang <RECTUM> erhöht sind. In der aktuellen Implementierung wird jedoch nur der Wert <STOMACH> und der Wert <RECTUM> weiterverarbeitet, wobei <STOMACH> den Hungertrieb darstellt. Mit <STOMACH> wird der Magenfüllzustand abgebildet, der in [LL07, S. 155] als Auslöser für das Hungergefühl genannt wird. Ein weiterer Auslöser, der Blutzucker (<BLOODSUGAR>), wird aktuell nicht weiterverarbeitet, könnte aber in weiteren Entwicklungen als zusätzlicher Parameter für den Hungertrieb herangezogen

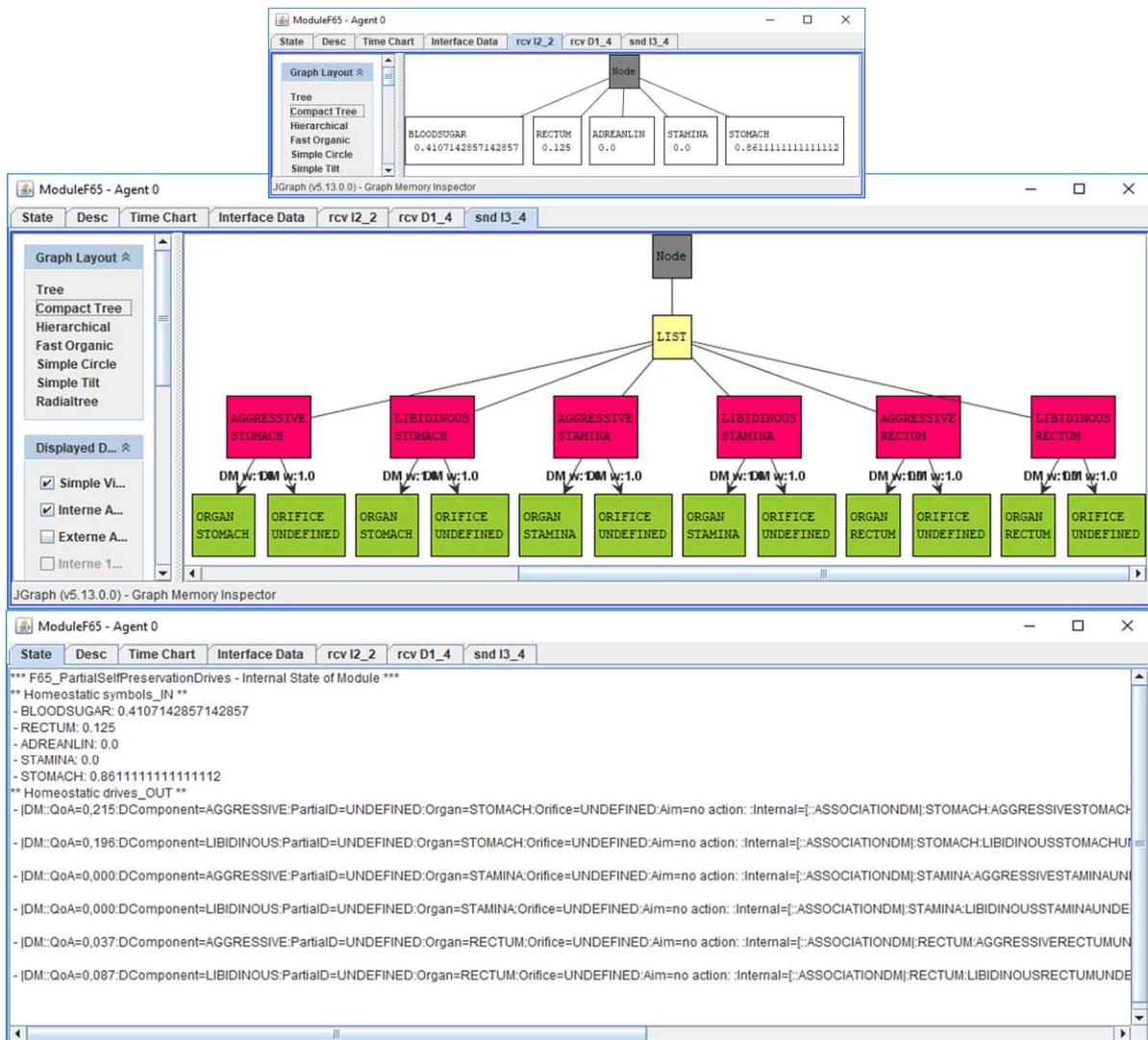


Abbildung 6.4: Selbsterhaltungstriebe in F65: oben Eingangssymbole, in der Mitte Ausgangsrepräsentanzen der Triebe und im untersten Bild aktuelle Affektbeträge (QoA)

gen werden. In der Mitte der Abbildung sind die erzeugten Selbsterhaltungstriebe mit einer Verknüpfung zum körperlichen Organ oder zu einer Körperöffnung (ist bei Selbsterhaltungstrieben nicht vorhanden) dargestellt. Das untere Bild zeigt die erstellten Triebe mit Affektbetrag (<QoA>), Triebkomponente (<DComponent>), Partialtrieb (<PartialID>) (nur bei Sexualtrieben vorhanden), Organ (<Organ>) und Körperöffnung (<Orifice>) (nur bei Sexualtrieben vorhanden). Triebziel und Triebobjekt werden erst später im Funktionsmodell mit dem Trieb verknüpft. Die Hauptaufgabe von SiMA liegt aber im Erzeugen eines Funktionsmodells der menschlichen Psyche. Daher werden die Anbindungen an Körper und Umwelt nur grob implementiert, um der Psyche entsprechende Werte liefern zu können. Aus dem Wert 0,86 von <STOMACH> wird in der Funktion F65 die Triebspannung erzeugt. Die Triebspannung wird dann als Affektbetrag der Repräsentanz des Hungertriebes quantifiziert. Dabei wird der Trieb aufgeteilt in aggressive und libidinöse Triebanteile. Der aggressive Triebanteil des Hungertriebes (Affektbetrag = 0,215) ist entsprechend der Parametrierung größer als der libidinöse Triebanteil (Affektbetrag = 0,196). Der Stuhlndrang von <ADAM> ist aufgrund des aktuellen Wertes (0,125) gering. Daraus entstehen kleine Affektbeträge, die keinen signifikanten Einfluss auf die Auswahl von Triebzielen haben. Daher wird im weiteren Verlauf nur der Hungertrieb (<STOMACH>) betrachtet.

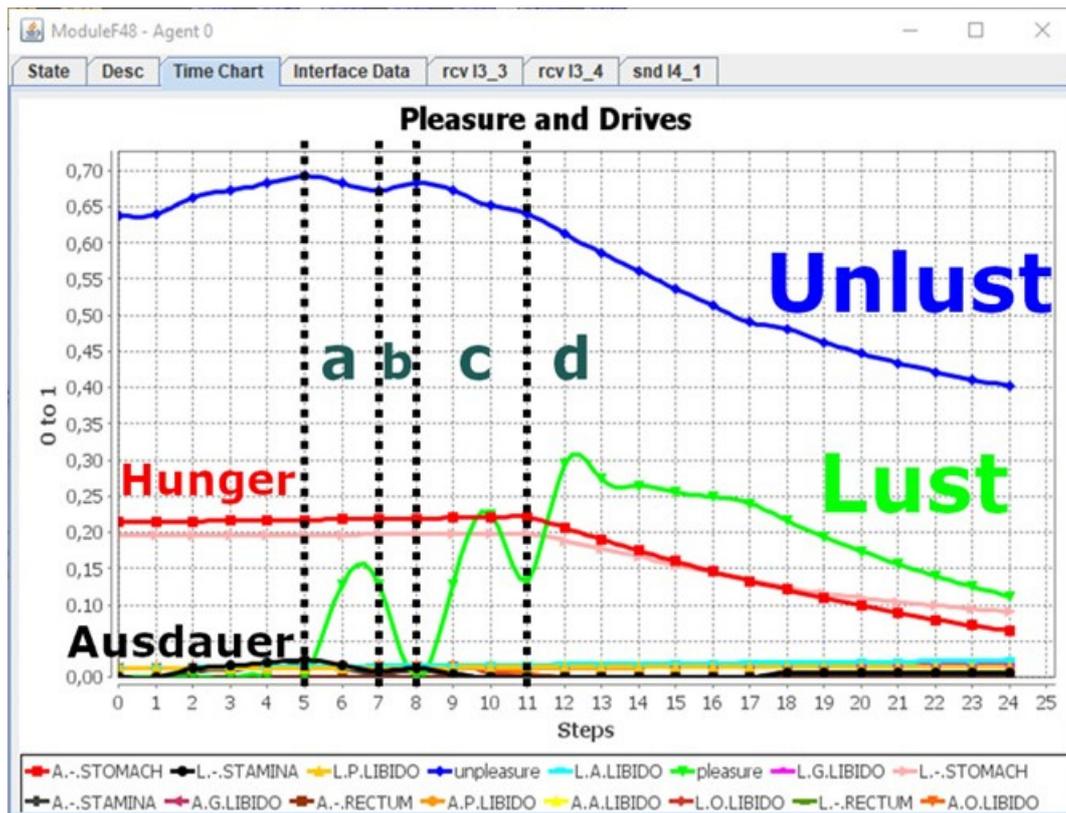


Abbildung 6.5: Triebentwicklung in F48 über den kompletten Simulationsverlauf von SE 1 (1 Step = 10 Simulationsschritte; Simulationsschritte dazwischen sind nicht dargestellt)

Zu Punkt 6: In der Funktion F48 werden alle Triebe zusammengefasst. Dabei werden auch Lust und Unlust bei einer entsprechenden Änderung der Triebe erstellt. In Abbildung 6.5 ist der gesamte Verlauf des Simulationsdurchgangs dargestellt. Daher wollen wir hier als kurzen Einschub alle Simulationsschritte (den gesamten Simulationsverlauf) in Bezug auf die Triebe betrachten. Der libidinöse (<L.-.STOMACH> in rosa dargestellt) und der aggressive Hungertrieb (<A.-.STOMACH> in rot dargestellt) starten zu Beginn der Simulation auf einem hohen Niveau und steigen bis Simulationsschritt 110³⁵ (Step 11 in Abbildung 6.5). Danach fallen beide Hungertriebe, da <ADAM> diese durch das Essen des Objekts <MEAT_N> befriedigen kann. Alle anderen Triebe, bis auf den Ausdauertrieb (schwarze Linie), haben während der gesamten Simulation einen geringen Affektbetrag. Der Ausdauertrieb steigt zwischen Simulationsschritt 10 bis 50, fällt dann bis 70, steigt bei Simulationsschritt 80 nochmal und fällt dann bis Simulationsschritt 100. Das Steigen und Fallen des Ausdauertriebes spiegelt die Bewegungs- und Ruhephasen (z. B. wenn sich der Agent dreht) des Agenten wider. In den Bereichen a und c entsteht hauptsächlich durch das Fallen des Ausdauertriebes Lust (hellgrüne Linie). In Abschnitt d (ab Simulationsschritt 120) wird die Lust hauptsächlich aus dem fallenden libidinösen und dem fallenden aggressiven Hungertrieb erzeugt. Die Unlust (dunkelblaue Linie) hingegen steigt immer, wenn Triebe steigen und fällt, wenn Triebe sinken. Es zeigt sich jedoch, dass die Lust im Gegensatz zu Unlust eine Art Gewöhnungsfaktor hat. Das wird durch den Einfluss des Gefälles der Affektbeträge auf die Produktion von Lust erreicht. Je stärker der Unterschied zum Vorwert, desto größer der Lustanstieg. Das erklärt, warum zwischen den Simulationsschritten 70-80, 100-110 und 120-240 Lust und Unlust gleichzeitig mit den Trieben fallen (kein großes Abfallen der Affektbeträge – Lust sinkt, obwohl die Affektbeträge kleiner werden).

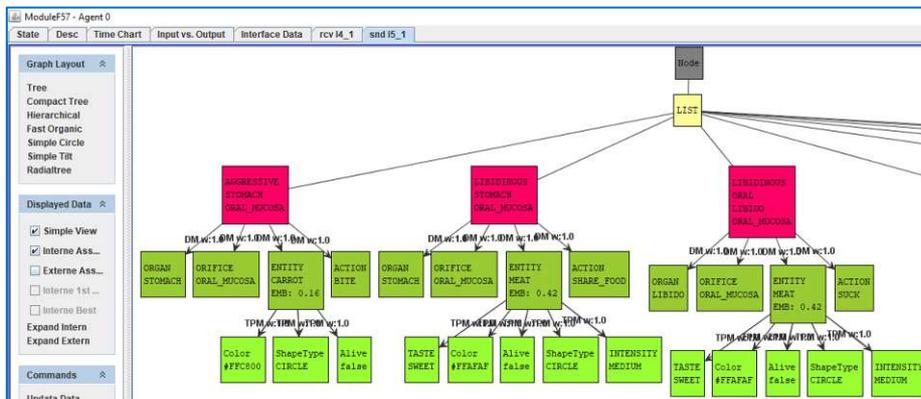


Abbildung 6.6: Aktivierung von Erinnerungen an Objekte durch die aktuelle Triebelage in Simulationsschritt 1 in SE 1.1 (durch den Inspektor von Modul F57)

Zu Punkt 7: Kehren wir wieder zurück zu Simulationsschritt 1. In Abbildung 6.6 ist ein Teil der Aktivierung von erinnerten Objekten (nicht durch die Wahrnehmung aktiviert) durch die Triebelage in der

³⁵ Es benötigt immer 10 Simulationsschritte für eine komplette Veränderung im Modell. Der Zustand von Simulationsschritt 10 bleibt damit bis Simulationsschritt 20 aufrecht. Alle Änderungen zwischen 10 und 20 erfolgen erst mit Simulationsschritt 20.

Funktion F57 dargestellt. Die in der Abbildung mit <EMB> (Embodiment Aktivation) angegebene Aktivierungsstärke spiegelt die Triebbefriedigungsmöglichkeit der Objekte über alle Triebe wider [SWB13, S. 4]. Das Objekt <MEAT_N> wird als <MEAT> erkannt und hat einen höheren <EMB> Wert als das Objekt <CARROT> und wäre somit die optimale Wahl, wenn nur die Triebbefriedigungseigenschaften bewertet würden. Das Objekt <CARROT> sollte jedoch aufgrund der Erinnerungen den aggressiven Hungertrieb besser befriedigen als das Objekt <MEAT>. Dadurch ist es in der Abbildung mit dem aggressiven Hungertrieb verknüpft. Alle anderen in der Abbildung nicht ersichtlichen Aktivierungen sind deutlich kleiner und aufgrund der hohen Triebspannung des Hungertriebes auch weniger wichtig in Simulationsschritt 1.

Zu Punkt 8: Die Funktionen verändern die Informationen im Simulationsmodell nicht.

Zu Punkt 9: Die Körperwahrnehmungsschiene liefert folgende Symbole: <MUSCLE_TENSION_ARMS_INTENSITY>, <HEART_BEAT>, <HEALTH>, <CRYING_INTENSITY>, <SWEAT_INTENSITY> und <MUSCLE_TENSION_LEGS_INTENSITY>. Die aus Schicht 2 kommenden Symbole der Körperwahrnehmungsschiene sind in Abbildung 6.7 oben dargestellt. Die Umgebungswahrnehmungsschiene liefert Symbole wie <SHAPE>, <COLOR> und <Alive> und noch weitere Symbole wie <DISTANCE> und <POSITION> der Objekte aus der visuellen Wahrnehmung des Agenten. In Abbildung 6.7 (unteres Bild) sind nur die Symbole, die zur Aktivierung von Erinnerungen an Objekte benötigt werden, dargestellt. Position und Distanz sind Symbole, die nicht direkt mit dem Objekt verknüpft sind. Sie werden erst bei der Verknüpfung als Image benötigt. Alle ankommenden Symbole werden von der Psyche verarbeitet und die daraus errechneten Steuersymbole werden wieder an die Schicht 2 zurückgegeben.

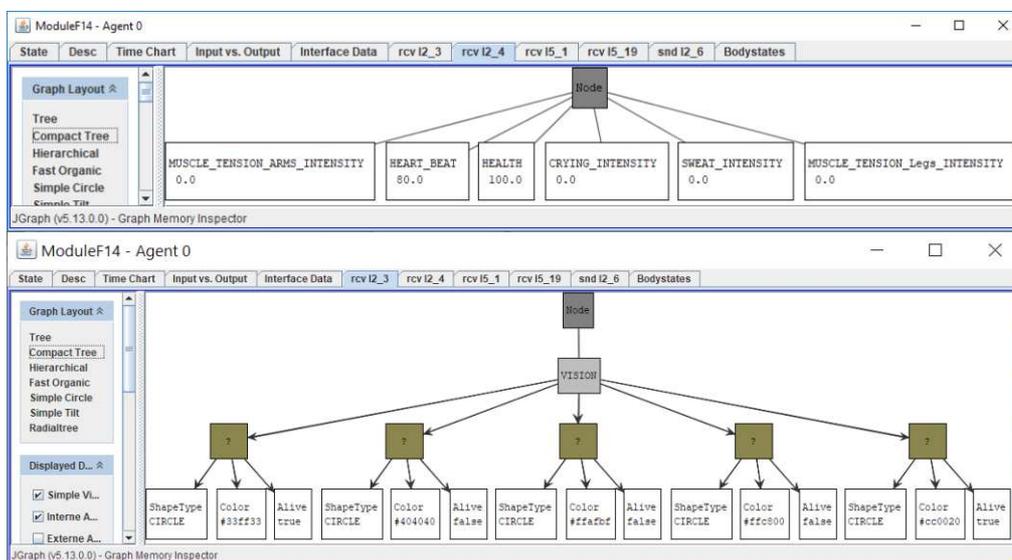


Abbildung 6.7: Oberes Bild: Symbole aus der Körperwahrnehmungsschiene, unteres Bild Symbole aus der Umgebungswahrnehmungsschiene

Zu Punkt 10: In F14 kommen alle Symbole aus der Körperwahrnehmungsschiene und der Umgebungswahrnehmungsschiene an. Die Funktion F14 formt aus den Symbolen dann Sachvorstellungen, die zu Sachvorstellungnetzen zusammengefügt werden. Die Verbindungen von Sachvorstellungen

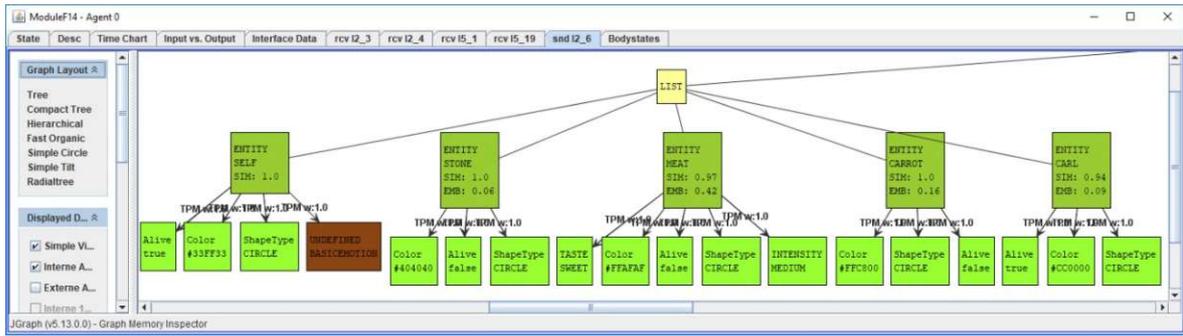


Abbildung 6.8: Erkannte Objekte in Simulationsschritt 1 (in der Funktion F14)

repräsentieren Objekte. In Abbildung 6.8 werden die resultierenden Objektrepräsentanzen dargestellt. Das Objekt <MEAT_N> wird erkannt und mit zusätzlichen erinnerten Eigenschaften von dem Objekt <MEAT> verknüpft. (In Abbildung 6.8 sind nur die assoziierten Erinnerungen dargestellt, da bis jetzt nur diese im Funktionsmodell weiterverarbeitet wurden.) Das wahrgenommene Objekt wird damit als <MEAT>, aber mit unterschiedlicher Farbe, identifiziert. Folgende weitere Erinnerungen sind mit der Wahrnehmung (den Symbolen aus Schicht 2) verknüpft: <STONE>, <SELF>, <CARROT> und <CARL>. <SELF> ist dabei die Selbstwahrnehmung des Agenten. Neben dem <EMB>-Wert (der schon zuvor erläutert wurde) ist in der Abbildung auch ein <SIM>-Wert enthalten. Dieser gibt die Ähnlichkeit zwischen Erinnerung und Wahrnehmung an. Der Agent <BODO> wird damit mit einer Ähnlichkeit von 0.94 mit <CARL> assoziiert und das <MEAT_N> mit 0.97 mit <MEAT>. Alle anderen Objekte werden mit einem Wert von 1.0 erkannt. In F14 wird auch aus einer Verringerung des Symbols Gesundheit <HEALTH> ein Schmerz und eine daraus resultierende Unlust erzeugt. Die Unlust ist 0 zum Simulationsschritt 1. Eine detaillierte Abbildung der erzeugten Unlust folgt unter einem später dargestellten Punkt.

Zu Punkt 11: Die in der Funktion F14 erzeugten Objekte werden zu einem Wahrnehmungs-Image in der Funktion F46 zusammengefügt. Dabei werden auch erinnerte Images assoziiert und durch das ‚PI match‘³⁶ erhalten die Images einen Wert, der die Ähnlichkeit der Images zum Wahrnehmungs-Image darstellt. Je größer der ‚PI match‘-Wert desto größer die Ähnlichkeit. Die aktivierten erinnerten Images sind in Abbildung 6.9 dargestellt. Für die aktuelle Wahrnehmung in Simulationsschritt 1 sind die Images aus den Akten Essen <A12_EAT_MEAT_L01_I01>, Teilen <A10_DIVIDE_MEAT_L01_

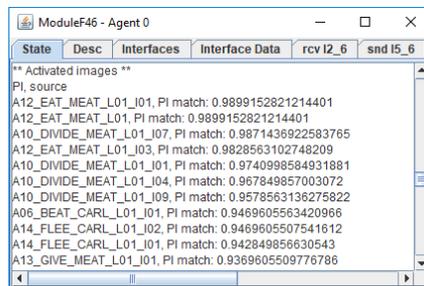


Abbildung 6.9: Aktivierte Images in F46 (inklusive der Ähnlichkeit (PI match) zum Wahrnehmungs-Image)

³⁶ PI match = perceived image match – Übereinstimmungswert mit dem Wahrnehmungs-Image

I01>, Schlagen <A06_BEAT_CARL_L01_I01>, Flüchten <A14_FLEE_CARL_L01_I01> und Schenken <A13_GIVE_MEAT_L01_I01> mit einer Ähnlichkeit (<PI match>) zwischen 0,99–0,94 angegeben und damit sehr stark mit dem Wahrnehmungs-Image assoziiert. Eine eindeutige Handlungsempfehlung, wie es weiter geht, kann daher aus der erkannten Situation nicht abgeleitet werden.

Zu Punkt 12: Die Funktionen F37 und F35 beeinflussen die Informationen der Simulation nicht.

Zu Punkt 13: In F45 wird keine Lust durch erkannte Handlungen produziert.

Zu Punkt 14: In F18 werden keine Veränderungen an den Informationen vorgenommen.

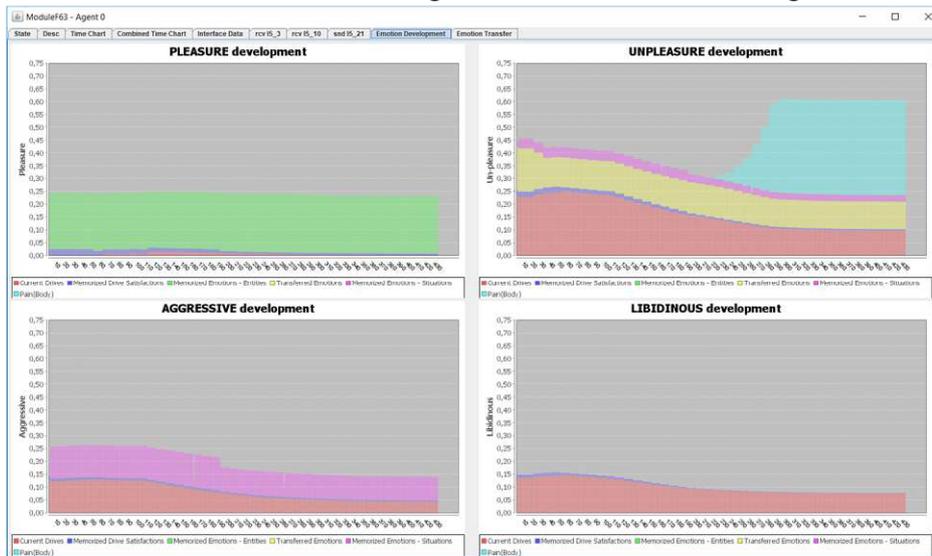


Abbildung 6.10: Erstellung der Emotion (in der Funktion F63)

Zu Punkt 15: In der Funktion F63 wird aus den Informationen der Wahrnehmungsschiene und der Triebsschiene die Emotion erzeugt. In Abbildung 6.10 werden alle Einflussfaktoren auf die vier Vektoren der Emotion über den gesamten Simulationsverlauf dargestellt, wobei die Hüllkurve den Gesamtwert des Vektors wiedergibt. Die Unlust (<UNPLEASURE development>) und die Triebkomponenten (<AGGRESSIVE development> und <LIBIDINOUS development>) vor allem durch die Triebelage (in Rot dargestellt) bestimmt werden. Die Unlust hat vor allem zu Beginn und am Ende der Simulation eine dominante Rolle (den größten Wert) auf die Bildung der Emotion. Nur die Entwicklung der Lust ergibt sich hauptsächlich aus bewerteten Erinnerungen (in Grün dargestellt). Der zweitgrößte Einflussfaktor auf die Unlust ist neben den aktuellen Trieben die Emotionsübertragung von anderen Agenten (in Geld dargestellt). Der Anstieg der Unlust zum Ende der Simulation wird noch näher unter Punkt 51 erläutert. Der aggressive Triebanteil wird neben der aktuellen Triebelage zusätzlich aus mit Emotionen bewerteten erinnerten Situationen (in Lila dargestellt) gebildet. Abbildung 6.11 zeigt, welche Basisemotionen aus dem Emotionsvektor abgeleitet werden. Die Emotion Angst (<ANXIETY>) ist die dominante Basisemotion zu Beginn und am Ende der Simulation. Die Wut <ANGER> sinkt bis zum Ende der Simulation. Weil die Unlust zum Ende der Simulation (Step 35) einen sehr hohen Wert gegenüber den anderen Faktoren erreicht, fallen Sättigungsglücklichkeit <SATURATION> und Hochgefühlsglücklichkeit <ELATION> auf 0. Die Freude <JOY> bleibt während der Simulation weitgehend konstant, da

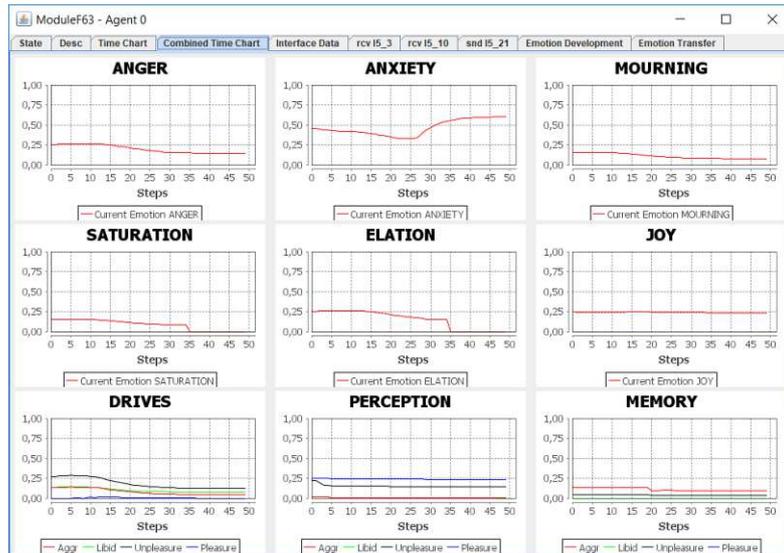


Abbildung 6.11: Basisemotionen in F63 (Angst (<ANXIETY>) ist zu Beginn der Simulation dominant) (1 Step = 10 Simulationsschritte)

sie sich hauptsächlich aus der Lust ableitet und diese von einer bestimmten freudigen Erwartung (aus den Erinnerungen) dominant in der Emotion besetzt wurde.

Zu Punkt 16: Die Funktion F56 wandelt die Affektbeträge der Triebe in neutralisierte Intensität um. Abbildung 6.12 zeigt, dass entsprechend der eingestellten Persönlichkeit von <ADAM> ein Teil der Affektbeträge (<input values>) in neutralisierte Intensität (<output values>) umgewandelt werden kann. Vor allem aus den Trieben <STOMACH> und <RECTUM> wird neutralisierte Intensität erzeugt. Sie steht dann Funktionen im Sekundärprozess zur Verfügung.

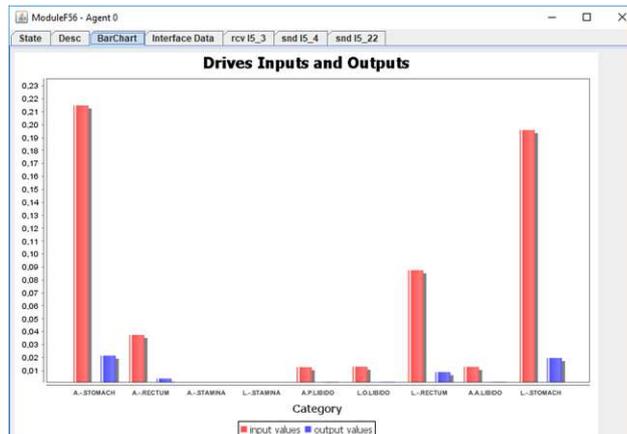


Abbildung 6.12: Affektbeträge und umgewandelte neutralisierte Intensität

Zu Punkt 17: Da der Agent <ADAM> keine proaktiven Über-Ich-Regeln parametrisiert hat, sind Eingangsinformationen und Ausgangsinformationen in der Funktion F55 gleich.

Zu Punkt 18: Bei dem Agenten <ADAM> wurde in F07 die reaktive Über-Ich-Regel ‚Du sollst nicht wütend sein!‘ parametrisiert. In Abbildung 6.13 wird gezeigt, dass die Über-Ich-Regel aktiv wird und

dadurch ein Konflikt, der die Ausgabe der Funktion darstellt, erzeugt wird. Eingehende, aus der Emotion (<moEmotions_Input> in Abbildung 6.13) gebildete Wut (Intensität: 0,24, siehe Abbildung 6.15) verursacht beim Überschreiten der Schwelle von 0,1 einen Konflikt. Aufgrund der parametrisierten Stärke der Über-Ich Regel von 0,8 wird eine Konfliktintensität von 0,08 (letzte Zeile in Abbildung 6.13) erzeugt. Das Ergebnis wird später von F71 weiterverarbeitet.



Abbildung 6.13: Inspektor der Funktion F7 mit aktiver Über-Ich-Regel

Zu Punkt 19: In F6 werden aufgrund der eingestellten Persönlichkeit von <ADAM> die aggressiven Triebteile nur minimal reduziert. Der reduzierte Anteil wird den libidinösen Triebteilen zugeführt. Libidinöse Triebwünsche, wie Essen, werden gering aufgewertet und aggressive Triebwünsche, wie Schlagen oder Beißen, werden geringfügig abgewertet.

Zu Punkt 20: Die Funktion F19 vollzieht alle Über-Ich-Regeln in Bezug auf die Wahrnehmung. Der Abwehrmechanismus führt eine ‚Umkehr von Affektbeträgen‘ aus. Dabei wird, wie in Abbildung 6.14 ersichtlich, ein Teil der aggressiven Triebteile zu den libidinösen Triebteilen verschoben.

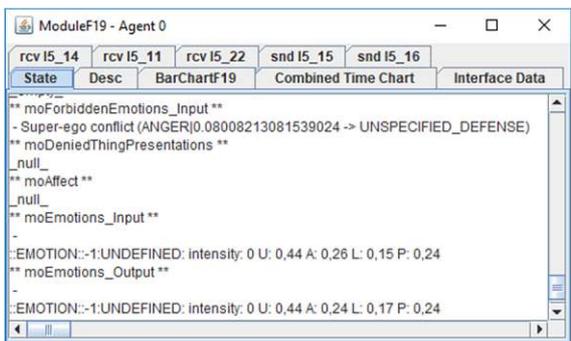


Abbildung 6.14: Inspektor der Funktion F19 mit Über-Ich Konflikt und Verschiebung von aggressiven Triebteilen zu libidinösen Triebteilen

Zu Punkt 21: In F71 werden neben den Basisemotionen, durch die in der Abwehr aufgetretenen Konflikte, erweiterte Emotionen erzeugt. Durch den Konflikt mit der Wut entsteht die erweiterte Emotion ‚Schuld‘ (<GUILT>) mit einer Intensität von 0,05, was in Abbildung 6.15 durch das assoziierte Gefühl (die Emotion und das assoziierte Gefühl haben aktuell dieselbe Intensität im Modell) ersichtlich ist.

Zu Punkt 22: In der Funktion F21 werden Wortvorstellungen durch Sachvorstellungen aktiviert und mit ihnen verknüpft. Neben den Wortvorstellungen für das Objekt <MEAT> und das Objekt <BODO> werden auch Wortvorstellungen vom Agenten <ADAM> selbst erstellt. Das Selbstbild des Agenten beinhaltet die Emotionen und Gefühle des Agenten.

Zu Punkt 23: In der Funktion F20 werden Emotionen mit Gefühlen assoziiert. Dabei ist in Abbildung 6.15 die Dominanz (größter Intensitätswert) der Angst (<ANXIET>) erkennbar. Die Wut (<ANGER>) ist gemeinsam mit Glücklichkeit (Hochgefühl) (<ELATION>) und Freude (<JOY>) das zweitstärkste Gefühl.

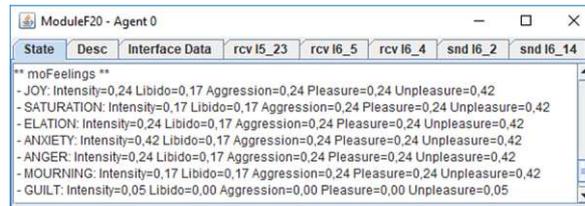


Abbildung 6.15: Erzeugte Gefühle visualisiert durch den Inspektor der Funktion F20 (Intensity stellt die Stärke des Gefühls dar, danach folgt der Emotionsvektor)

Zu Punkt 24: In F8 werden unbewusste Triebwünsche aus dem Primärprozess mit bewussteinfähigen Wortvorstellungen assoziiert und an den Sekundärprozess übergeben. Dabei werden neben dem Triebwunsch, das ganze Objekt <MEAT_N> zu essen, noch weitere Triebwünsche durch die aktuelle Triebblage aktiviert. Alle in F8 assoziierten Triebwünsche sind im Folgenden, ohne Bewertung oder spezieller Reihenfolge, aufgelistet:

- das ganze Objekt <MEAT> essen
- das Objekt <MEAT> teilen
- in das Objekt <CARROT> beißen
- auf die Toilette gehen
- am Objekt <MEAT> lutschen
- den anderen Agenten schlagen
- sich ausruhen
- schlafen

Dabei erfolgt in der Funktion aber keine Auswertung der Triebwünsche, sondern nur eine Vorselektion der auswählbaren Ziele (Triebwünsche) für die weitere Planung.

Zu Punkt 25: In F69 werden Images aus den Erinnerungen mit deren Wortvorstellungen, und damit auch eventuell vorhandenen Verknüpfungen zu Akten, mit dem Wahrnehmungs-Image aus F21 assoziiert. Die folgenden Akte <A12_EAT_MEAT_L01>, <A10_DIVIDE_MEAT_L01>, <A06_BEAT_CARL_L01>, <A14_FLEE_CARL_L01> und <A13_GIVE_MEAT_L01> werden dabei aktiviert und stehen somit für die weitere Planung im Sekundärprozess zur Verfügung. Der Akt <A12_EAT_MEAT_L01> enthält alle notwendigen Aktionen, die <ADAM> benötigt, um das wahrgenommene Objekt <MEAT_N> zu erreichen und es zu essen.

Zu Punkt 26: Das Objekt <MEAT_N> wird in der Funktion F23 als Objekt für die Fokussierung ausgewählt. Die Fokussierung eines Objekts wird auch im Kurzzeitgedächtnis zur Weiterverarbeitung in der Funktion SF90 abgelegt.

Zu Punkt 27: In der Dummy-Funktion F61 werden keine Informationen verändert.

Zu Punkt 28: Die möglichen Ziele des Agenten <ADAM> werden in der Funktion F51 auf ihre Durchführbarkeit geprüft. Es werden keine Ziele von der Funktion ausgeschlossen, damit auch Ziele erreicht werden können, die im Moment nicht erreichbar sind. Somit gelangen alle möglichen Ziele, auch das Ziel, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, zur Funktion F26.

Zu Punkt 29: In der Funktion F26 werden die Bewertungen der ausführbaren Ziele zusammengefasst und gereiht. Das Ziel, das ganze Objekt <MEAT> zu essen, erhält die größte Bewertung und wird somit auf den ersten Platz gereiht. Die Einflussfaktoren werden unter Punkt 32 im Detail dargelegt.

Zu Punkt 30: Aus den möglichen Zielen werden in der Funktion F52 imaginäre Handlungen erzeugt, mit denen sich die Ziele erreichen lassen sollten. Die imaginären Handlungen sind <A12_EAT_MEAT_L01>, <A10_DEVIDE_MEAT_L01>, <A06_BEAT_CARL_L01> und <A14_FLEE_CARL_L01>.

Zu Punkt 31: Die imaginierten Handlungen werden in der Funktion F53 auf den zu erwartenden Aufwand und die Machbarkeit überprüft. Es wird keine Handlung als nicht durchführbar ausgeschlossen. Die erwartbaren Aufwände werden an die Funktion F29 weitergeleitet.

Zu Punkt 32: Abbildung 6.16 zeigt alle Einflussfaktoren in der Funktion F29 auf die Handlungsentscheidung des Agenten <ADAM>. Die erwartete Gefühlsänderung (<Feelings Expectation Importance>) durch die Ausführung des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> ist größer als bei allen anderen Akten. Der Aufwand (<Effort Impact Importance>) ist bei allen Akten gleich bewertet, da in der simulierten Welt keine zusätzlichen Hindernisse eingebaut wurden, die den Aufwand (z. B. um einen

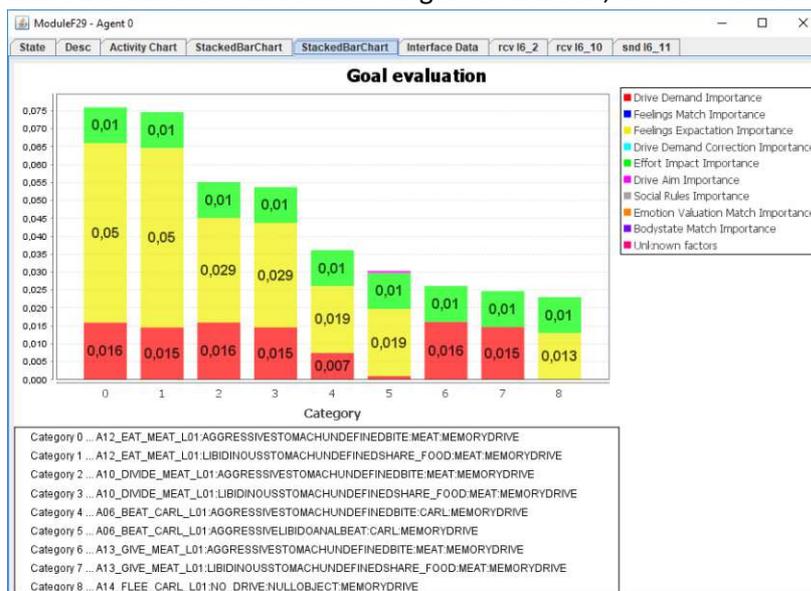


Abbildung 6.16: Gesamtbewertung für Handlungsentscheidung von <ADAM>

Stein herum gehen) für die Ausführung von Handlungen erhöhen. Der Einfluss der Triebe (<Drive Demand Importance>) ist bei den Handlungen <A12_EAT_MEAT_L01> und <A10_DEVIDE_MEAT_L01> auch identisch (alle anderen Akte ab <Category> 4 (auf der x-Achse der Abbildung) werden nicht besprochen, da sie im Weiteren keinen Einfluss auf das Verhalten und die Bildung von Erinnerungen durch Lernen nehmen). Die ausschlaggebende Größe für die Reihung der Akte ist damit die erwartete Gefühlsänderung. Die Handlung mit der höchsten Bewertung, <A12_EAT_MEAT_L01>, wird ausgeführt und als erste Handlung wird die Aktion <GOTO> <MEAT> aus den Erinnerungen des Aktes aktiviert. Die Aktion wird auch im Kurzzeitgedächtnis abgelegt und später in SF90 weiterverarbeitet.

Zu Punkt 33: In F47 werden die Handlungen <A12_EAT_MEAT_L01>, <A10_DEVIDE_MEAT_L01>, <A06_BEAT_CARL_L01> und <A14_FLEE_CARL_L01> von den Wortvorstellungen entkoppelt und nur die Sachvorstellungen an die Wahrnehmung – F14 – übergeben. Die Handlung <A13_GIVE_MEAT_L01> ist nicht in der Liste der bestbewerteten Handlungen und wird somit nicht – entgegen der Annahme aus Kapitel 5.2.1 – an die Funktion F14 übertragen. Die Abweichung ist durch die Parametereinstellung der Befriedigungserinnerungen erklärbar und könnte durch eine Parameteränderung oder die Vergrößerung der Liste so verändert werden, dass die Handlung <A13_GIVE_MEAT_L01> auch an die Funktion F14 übertragen wird. Da die Abweichung für weitere Tests und Ergebnisse nicht relevant ist, wurde keine Änderung durchgeführt.

Zu Punkt 34: Aus der Handlungsentscheidung werden in der Funktion F30 konkrete abstrakte Handlungssymbole erstellt, die an die Neurosymbolisierungsschicht weitergeleitet werden. Für <ADAM> ist das aus der Handlungsentscheidung <A12_EAT_MEAT_L01> die konkrete Aktion <FOCUS_ON>. Damit soll das Objekt <MEAT_N> fokussiert werden.

Zu Punkt 35: Die Funktion SF90 wird am Ende eines kompletten Durchlaufs durch das Funktionsmodell ausgeführt. Dabei werden alle gespeicherten Einträge im Kurzzeitgedächtnis weiterverarbeitet und bei entsprechend hoher Lernintensität werden Einträge für das Langzeitgedächtnis erstellt. Im ersten Simulationsschritt sind im Kurzzeitgedächtnis die Triebe, das Objekt <MEAT_N>, <ADAM> selbst (<SELF>) mit seinen Emotionen und Körperausdrücken und die abstrakte Aktion von <ADAM>, gehe zu (<GOTO>), abgelegt. Durch die geringe Gesamtaktivierung der Einträge im Kurzzeitgedächtnis findet im ersten Simulationsschritt kein Übertrag ins Langzeitgedächtnis statt. Um stabile Werte in der Simulation zu erreichen, wird das Simulationsmodell 10x mit denselben Eingangswerten aus Schicht 2 durchlaufen. Am Ende von Simulationsschritt 10 ergeben sich keine nennenswerten Änderungen zu den eben aufgelisteten aus Simulationsschritt 1.

Simulationsschritt 1 (<BODO>):

Zu Punkt 36: Die Abbildung 6.17 zeigt, dass <BODO> sich ebenfalls dazu entscheidet, das Objekt <MEAT_N> essen zu wollen (höchste Gesamtbewertung für <A12_EAT_MEAT_L01>). Da <ADAM> im Fokus der Simulation steht, wird die Abbildung nicht weiter erläutert. Wichtig ist das Verhalten von <BODO>, das aus seinen Entscheidungen entsteht, um eine entsprechende Situation für <ADAM> zu erzeugen. Das Gefühl Wut ist mit einer Intensität von 0,6 sehr stark. Der Einfluss der Wut zeigt sich erst später im weiteren Verlauf der Simulation.



Abbildung 6.17: Gesamtbewertung für Handlungsentscheidung von <BODO>

Simulationsschritt n (<ADAM>):

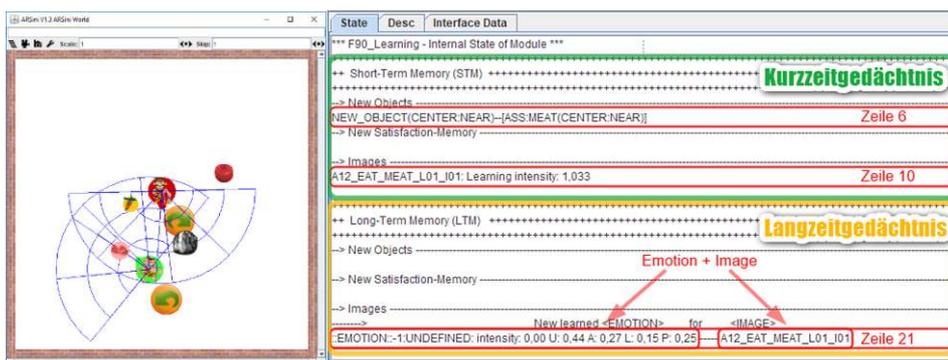


Abbildung 6.18: Links: Simulationsdarstellung zum Simulationsschritt 60; rechts Inspektor der Funktion SF90

Zu Punkt 37: Im Simulationsschritt 60 (Abbildung 6.18 links) ist <ADAM> gerade auf dem Weg zum Objekt <MEAT_N>. In Abbildung 6.18 rechts (Zeile 10) ist der Inspektor der Funktion SF90 dargestellt. Er unterteilt sich in eine Anzeige der Elemente im Kurzzeitgedächtnis oben und eine Anzeige der Elemente im Langzeitgedächtnis unten. Im Kurzzeitgedächtnis wurde durch den aktuellen Moment das Image <A12_EAT_MEAT_L01_I01> aktiviert. Durch die ausreichend hohe Lernintensität – größer als die Lernschwelle, die mit $1,0^{37}$ im Zuge dieser Arbeit festgelegt wurde – wird im Langzeitgedächtnis eine neue Emotion erzeugt und mit der Erinnerung an den assoziierten Moment verknüpft (Abbildung 6.18, Zeile 21). Die aktuelle Implementierung erzeugt hier immer eine neue Emotion (ein neues Element mit Werten im Langzeitgedächtnis). Eine Umsetzung, wie sie in Kapitel 3.7 angedacht wurde, nämlich, dass diese Emotion aus Verknüpfungen zu vorhanden Emotionen erstellt wird, ist

³⁷ Der Wert der Lernschwelle wurde durch zahlreiche Versuche mit der Simulation ermittelt. Dabei wurden die Werte 0,2; 0,6; 0,8; 0,9; 1,0 und 1,1 getestet. 1,0 lieferte dabei die plausibelsten Ergebnisse.

nicht erfolgt. Der String <:EMOTION::-1:UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,43 A: 0,27 L: 0,15 P: 0,25> enthält verschiedene Elemente, wobei das erste Element ‚EMOTION‘ anzeigt, dass es sich um die Bewertung Emotion handelt. Das nächste Element des Strings ‚-1‘ ist die Identifikationsnummer des Objekts im Langzeitgedächtnis. Da es sich um ein neues Element handelt, das noch keine Identifikationsnummer im Langzeitgedächtnis hat, ist hier ‚-1‘ eingetragen. Das nächste Element ‚UNDEFINED‘ gibt eine zugewiesene Basisemotion bzw. erweiterte Emotion an. Diese Zuweisung ist noch nicht vollständig implementiert. Da sich Basis Emotionen und erweiterte Emotionen, sowie Gefühle direkt aus dem Emotionsvektor ableiten, wurde nur der Emotionsvektor in Bezug auf Lernen betrachtet. Es erfolgte nur eine oberflächliche Analyse, da die Implementierung von Basisemotionen, erweiterten Emotionen und Gefühlen aktuell eine direkte Ableitung vom Emotionsvektor sind und sich z. B. auch die Größe <Feelings Expectation Importance> nur auf die Elemente Unlust und Lust aus dem Emotionsvektor berechnet (siehe auch Kapitel 4.2.3). Eine detaillierte tiefe Analyse, ob Basisemotion, erweiterte Emotionen und Gefühle auch für Lernen verwendet werden können, muss somit zusammen mit einer Erweiterung der Funktionalität rund um diese Bewertungsgrößen erfolgen. Die nachfolgende ‚intensity‘ sowie der Wert ‚0,00‘ geben die Intensität der zugewiesenen Basisemotion bzw. erweiterten Emotion wieder. Da keine Zuweisung erfolgt, ist die Intensität 0. Die letzten Elemente im String sind die Elemente des Emotionsvektors. Diese sind Unlust (U), aggressive Triebkomponenten (A), libidinöse Triebkomponenten (L) und Lust (P für Pleasure). Der Wert nach dem Buchstaben gibt die Intensität der jeweiligen Dimension des Emotionsvektors wieder. Solange die Lernintensität für das Image größer als die Lernschwelle ist, kann sich die verknüpfte Emotion ändern. Dabei wird die mit dem Image verknüpfte Emotion mit der aktuellen Emotion des Agenten entsprechend der Formel (3.2) zusammengeführt. Ebenfalls in Abbildung 6.18 rechts ist die Aktivierung eines neuen Objekts <NEW_OBJECT> (Abbildung 6.18, Zeile 6) im Kurzzeitgedächtnis (Short-Term Memory), das mit den Erinnerungen an ein Objekt <MEAT> assoziiert ist. Es handelt sich dabei um das Objekt <MEAT_N>, das aufgrund seiner Abweichung zu <MEAT> als neues Objekt erkannt wird. Die aktuelle Implementierung kann nur ein neues Objekt pro Simulationsexperiment verarbeiten. Eine Erweiterung der Funktionalität ist aber möglich.

Simulationsschritt n+10 (<ADAM>):

Zu Punkt 38: Im Simulationsschritt 70 nimmt <ADAM> noch zwei weitere Objekte neben dem Objekt <MEAT_N> und sich selbst wahr.

Zu Punkt 39: Die Informationen aus der Umgebungswahrnehmungsschiene werden dann in der Funktion F14 verarbeitet und mit den Erinnerungen an <CARROT>, <MEAT>, <SELF> und <CARL> assoziiert. <BODO> wird als Agent erkannt und mit den Erinnerungen an <CARL> assoziiert. Das <MEAT_N> wird als <MEAT>, <ADAM> selbst wird als <SELF> und das Objekt <CARROT> wird als <CARROT> wahrgenommen.

Zu Punkt 40: Da keine Erinnerungen an <BODO> existieren, werden die Erinnerungen von <CARL> in der Funktion F14 mit dem Objekt <BODO> assoziiert. In Abbildung 6.19 sind alle mit den wahrgenommenen Objekten assoziierten Erinnerungen dargestellt. In F14 werden auch die emotionalen Ausdrücke des Agenten <BODO> wahrgenommen.

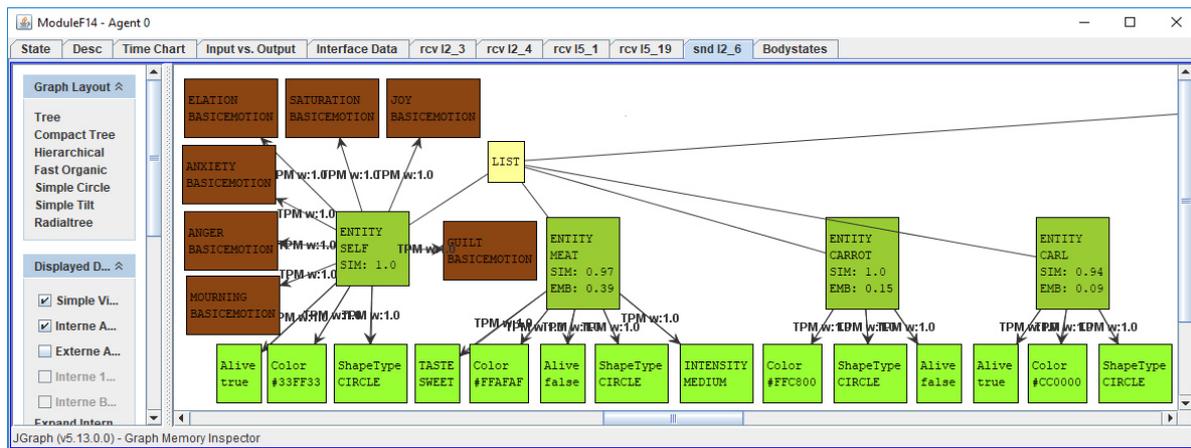


Abbildung 6.19: wahrgenommenen Objekte assoziiert mit <CARROT>, <MEAT>, <SELF> und <CARL>

Abbildung 6.20 zeigt die Emotion, die aus der Wahrnehmung der emotionalen Ausdrücke von <BODO> entsteht und wie diese die Emotion von <ADAM> beeinflusst. Es wird große Unlust wahrgenommen (<Associated Emotion> in Abbildung 6.20). Die wahrgenommene Unlust wird positiv bewertet (<(weighted) Valuation>) und daher wird ein Teil dieser Unlust auf den Agenten <ADAM> übertragen. Diese Übertragung ist auch der Grund, warum sich die Agenten nie aus den Augen (aus dem visuellen Feld) verlieren dürfen, da dann die Übertragung sofort auf 0 geht und sich die Emotionen des Agenten ändern. Diese Änderung führte meist zu veränderten Handlungsentscheidungen, was die Nachvollziehbarkeit der Einflüsse auf die Entscheidung erschwerte. Da aber darauf Wert gelegt wurde, so viel Funktionalität des SiMA-Modells wie möglich in die Simulationsfälle miteinzubeziehen, wurde die emotionale Übertragung nicht deaktiviert und deren Parameter aus der Vorarbeit von Samer Schaat [Sch16b] übernommen. Um dem Effekt der schnellen Änderung der emotionalen Übertragung entgegenzuwirken, wurden die Agenten so positioniert, dass diese während eines kompletten Simulationsexperiments nicht aus dem Sichtfeld des anderen verschwinden.

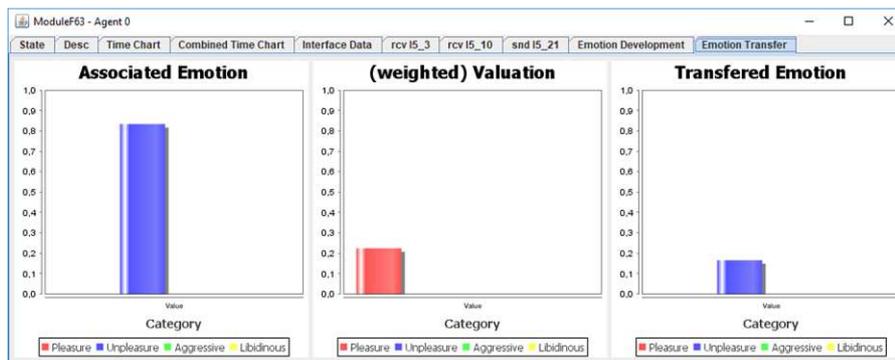


Abbildung 6.20: Emotion, die <ADAM> dem Agenten <BODO> zuschreibt (im Inspektor von F63)

Zu Punkt 41: In F21 werden Wortvorstellungen von Erinnerungen an den Körperausdruck von <CARL> und <ADAM> mit dem Agenten <BODO> assoziiert. <BODO> hat Ähnlichkeit mit <CARL>, wodurch die Erinnerungen von <CARL> assoziiert werden.

Zu Punkt 42: Aus dem Körperausdruck von <BODO> ermittelt <ADAM> dessen angenommenen emotionalen Zustand. Dazu werden Erinnerungen an <CARL> und Erinnerungen an eigene Erfahrungen

mit Emotionen verwendet. Dadurch wird die Emotion Angst dem Agenten <BODO> zugeschrieben (Diese ist in Abbildung 6.20 links unter <Associated Emotion> indirekt durch die große Unlust erkennbar.). Dadurch werden weitere Erinnerungen aktiviert, die aus Situationen entstanden sind, in denen <CARL> Angst vor <ADAM> hatte.

Zu Punkt 43: Die Bewertungen in der Funktion F26 ergeben das Ziel, das Objekt <MEAT_N> zu essen. Details finden sich unter Punkt 44, da in F29 alle Bewertungen zusammengefasst werden.

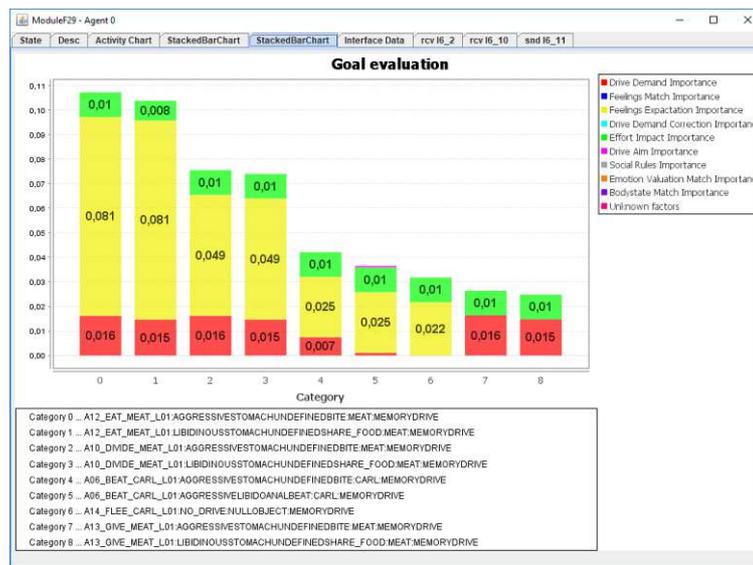


Abbildung 6.21: Handlungsbewertung des Agenten <ADAM> (Inspektor der Funktion F29)

Zu Punkt 44: Die Bewertungen zeigen nur minimale Abweichungen von den Bewertungen aus Punkt 29. Lediglich der Fluchtgedanke (A14_FLEE_CARL_L01) hat sich durch die leicht gestiegene Angst zwei Positionen vorgereiht. Die Gesamtbewertung von <A12_EAT_MEAT_L01> ist auf den Wert 0,107 gestiegen, was sich aus der veränderten Emotion von <ADAM> ergibt. Da sich die aktuelle Emotion verschlechtert hat (durch gestiegene Unlust und gefallene Lust), lässt sie eine stärkere Verbesserung der Gefühlslage³⁸ (<Feelings Expectation Importance>) von <ADAM> erwarten. Alle Werte sind in Abbildung 6.21 dargestellt.

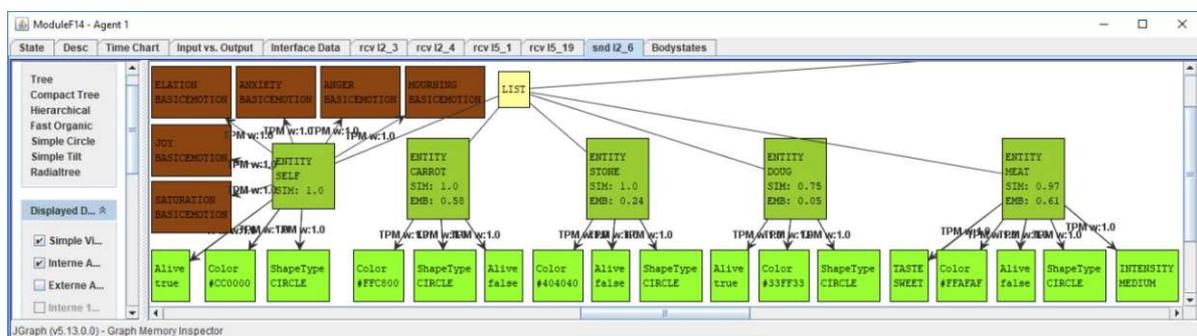


Abbildung 6.22: Wahrgenommenen Objekte des Agenten <BODO> (im Inspektor von der Funktion F14)

³⁸ Diese basiert auf den aktuellen Emotionen des Agenten.

Simulationsschritt n+10 (<BODO>):

Zu Punkt 45: Da <BODO> den Agenten <ADAM> zum ersten Mal wahrnimmt und keine Erinnerungen an ihn hat, assoziiert <BODO> Erinnerungen an seinen Bruder <DOUG>, was in Abbildung 6.22 dargestellt wird. Des Weiteren leitet <BODO> aus den wahrgenommenen Aktionen von <ADAM> ab, dass dessen Intention es ist, das ganze Objekt <MEAT> zu essen und nicht zu teilen. Das führt zu einem Konflikt mit der sozialen Regel von <BODO>: ‚Du musst immer teilen.‘

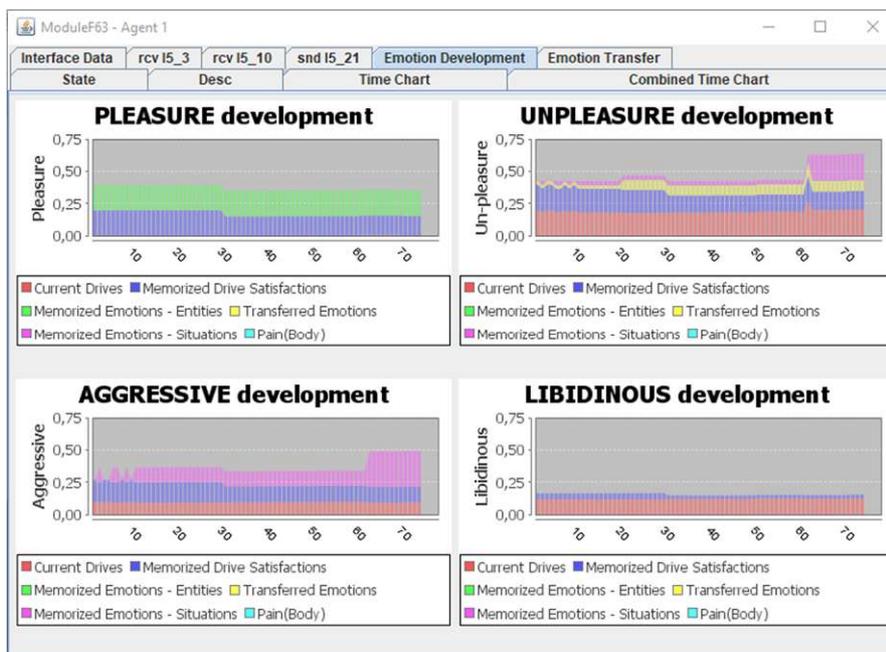


Abbildung 6.23: Entwicklung der Emotion von <BODO> (in der Funktion F63)

Zu Punkt 46: In Abbildung 6.23 wird die Entwicklung der Emotion von <BODO> dargestellt. Dabei ist die Steigung der Unlust und der Aggression durch assoziierte Emotionen aus erinnerten Situationen bis zum aktuellen Simulationsschritt 80 erkennbar. Dadurch steigt die Emotion Wut in <BODO>, die er im Sekundärprozess als Gefühl wahrnimmt.

Zu Punkt 47: Der Konflikt mit der sozialen Regel führt zu einem Anstieg der aggressiven Triebspannungen und erhöht die Bewertung von aggressiven Handlungszielen. Das ist in Abbildung 6.24 dargestellt. Durch die Änderung der Bewertungen wird ein neues Ziel von <BODO> gewählt. Der Agent wählt den am höchsten bewerteten Akt <A06_BEAT_DOUG_L01> und führt ihn aus. Die Bewertung des Aktes wird maßgeblich von der erwarteten Verbesserung der Gefühlslage <Feelings Expectation Importance> und sozialen Regeln <Social Rule Importance> beeinflusst. Der Einfluss der sozialen Regeln wurde hier nur als Mittel zum Zweck parametrisiert, um <BODO> dazu zu bewegen, <ADAM> zu schlagen. Eine detaillierte Analyse des Einflusses der sozialen Regeln wurde nicht erarbeitet.

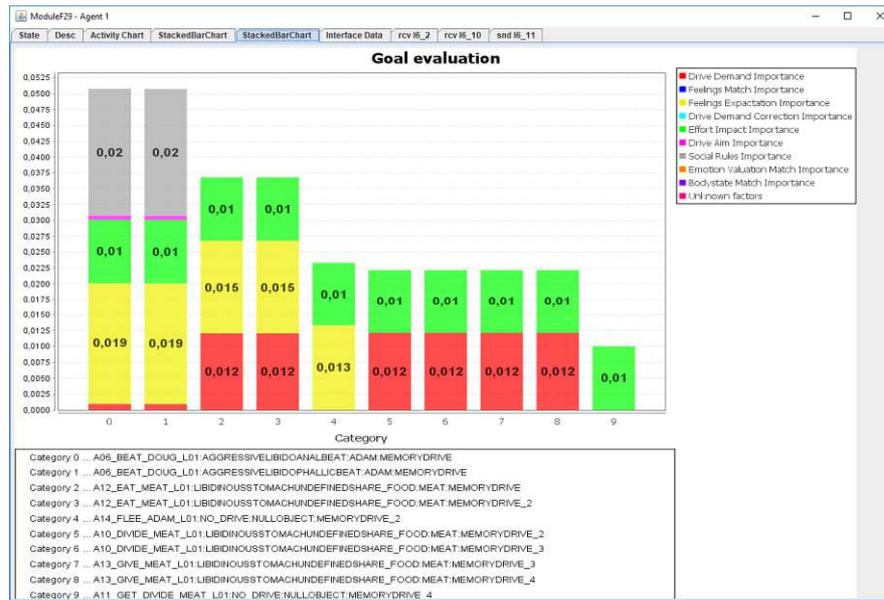


Abbildung 6.24: Handlungsbewertungen des Agenten <BODO> (in der Funktion F29)

Simulationsschritt i (<ADAM>):

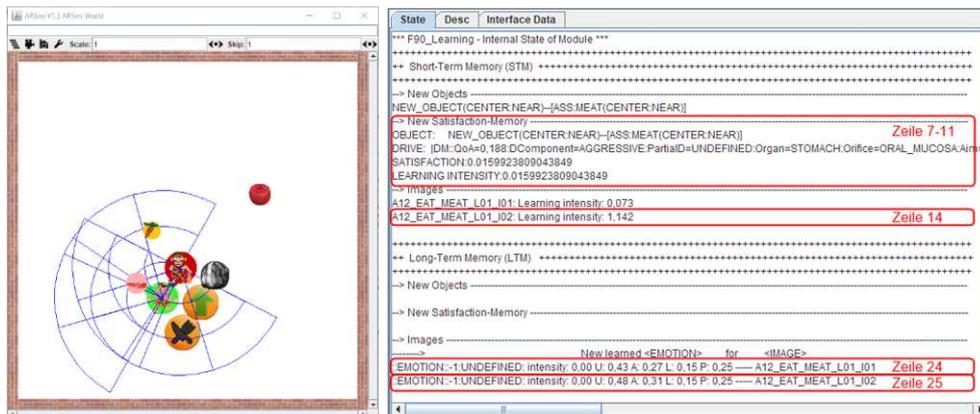


Abbildung 6.25: Links: Simulationsdarstellung zum Simulationsschritt 110, rechts Inspektor der Funktion SF90

Zu Punkt 48: Im Simulationsschritt 110 (Abbildung 6.25 links) ist <ADAM> gerade beim Essen. In Abbildung 6.25 rechts ist ersichtlich, dass die Lernintensität sich im Kurzzeitgedächtnis auf Image <A12_EAT_MEAT_L01_I02> verlagert hat (Abbildung 6.25, Zeile 14). Auch eine neue Befriedigungserinnerung (<New Satisfaction-Memory>, Zeile 7-11) wurde aufgrund der Befriedigung des Hungertriebs durch das Objekt <MEAT_N>, das als <NEW_OBJECT> im Kurzzeitgedächtnis gespeichert wurde, im Kurzzeitgedächtnis aktiviert. Eine neue Befriedigungserinnerung entsteht, wenn die Lernintensität die Lernschwelle überschreitet. Das ist zum Simulationsschritt 110 noch nicht der Fall. Aktuell wird immer nur eine Befriedigungserinnerung (die mit der höchsten Lernintensität) im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Sollen bei einem Simulationsexperiment mehrere Triebbefriedigungen gleichzeitig erlernt werden, so muss diese Funktionalität erweitert werden. Im Langzeitgedächtnis wurde eine Emotion erzeugt und mit dem Image <A12_EAT_MEAT_L01_I02> verknüpft (Abbildung 6.25, Zeile 25). Solange die Lernintensität größer als die Lernschwelle (1,0) ist, wird die zum Image

erzeugte Emotion an die aktuelle Emotion von <ADAM> angepasst. Ein Vergleich von Abbildung 6.18 (Zeile 21) und Abbildung 6.25 (Zeile 25) zeigt, dass sich die mit dem Image <A12_EAT_MEAT_L01_I01> verknüpfte Emotion verändert hat.

Simulationsschritt i+10 (<BODO>):

Zu Punkt 49: <BODO> hat den Standort von <ADAM> erreicht und beginnt die Aktion ‚Schlagen‘ auszuführen.

Simulationsschritt j (<ADAM>):

Zu Punkt 50: <ADAM> wird von <BODO> geschlagen. Die Darstellung der Körperzustände von <ADAM> in Abbildung 6.26 links zeigt eine Abnahme des körperlichen Gesundheitszustands <Health>, der unter seinen Startwert von 10 gesunken ist. Einhergehend mit der Abnahme steigt der körperliche Schmerz an und erzeugt in der Funktion F14 Unlust (Abbildung 6.26, rechts). Der körperliche Schmerz entsteht aus der Aktion <BEAT>, die der Agent <BODO> am Agenten <ADAM> ausführt. Das führt zu einem kontinuierlichen Sinken des Gesundheitszustandes. Dadurch baut sich der körperliche Schmerz auch kontinuierlich auf. Der körperliche Schmerz wurde auf ein Maximum be-

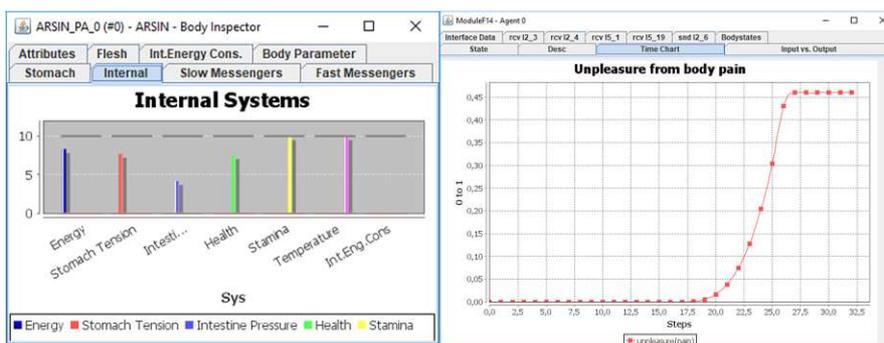


Abbildung 6.26: Körperinterne Zustände von <ADAM> und in F14 gebildete Unlust durch körperlichen Schmerz im Agenten <ADAM>

grenzt, um hohe, aber nicht zu hohe Schmerzen im Agenten <ADAM> zu simulieren. Die durch körperlichen Schmerz produzierte Unlust ist damit ebenfalls begrenzt. Bei zu hohen Schmerzen bzw. zu hoher Unlust würde der Agent Erinnerungen bilden, die ihn nur mehr zur Flucht vor anderen Agenten in weiteren Simulationsexperimenten veranlassen würde. Um das zu unterbinden, wurde eine Begrenzung des körperlichen Schmerzes implementiert. Diese Begrenzung muss gegebenenfalls in weiteren Arbeiten geändert werden. In dieser Arbeit lieferte die Funktionalität plausible Werte für die Simulationsexperimente.

Zu Punkt 51: Die Abnahme des Gesundheitszustandes führt zu einem raschen Anstieg der Unlust durch körperliche Schmerzen, was in Abbildung 6.10 in <UNPLEASURE development> ab Simulationsschritt 210 bis zum Ende der Simulation in türkis (<Pain(Body)>) dargestellt wird. Der körperliche Schmerz beeinflusst damit zum Ende der Simulation die Unlust signifikant, was direkt Einfluss auf die Emotionen und Gefühle nimmt. Das führt zu einer Dominanz von Unlust zum Ende der Simulation und beeinflusst in weiterer Folge die Entscheidungen und die erlernten Erinnerungen des Agenten.

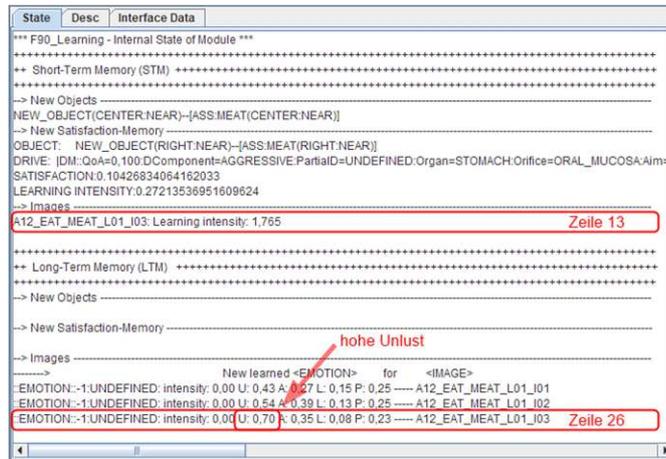


Abbildung 6.27: Inspektor der Funktion SF90 zum Simulationsschritt 350

Zu Punkt 52: Im Kurzzeitgedächtnis (Abbildung 6.27) zeigt sich, dass <ADAM> das Image <A12_EAT_MEAT_L01_I03> mit hoher Unlust verknüpft (Zeile 26) und die Lernintensität durch die hohe Unlust ebenfalls ein hohes Level erreicht hat (Zeile 13).

Simulationsschritt j+10 (<ADAM>):

Zu Punkt 53: <ADAM> flüchtet vor <BODO> (Abbildung 6.28 links), weil <BODO> ihn schlägt. In Abbildung 6.28 rechts wird die Entscheidung zur Flucht mit allen Einflussfaktoren dargestellt. Die Bewertung <Feelings Expactation Importance> ist hier ausschlaggebend. <ADAM> erhofft sich mit der Flucht die größte Verbesserung der aktuellen Gefühlslage, was in der größten Gesamtbewertung resultiert. Im Langzeitgedächtnis haben sich die in Abbildung 6.29 dargestellten Erinnerungen gebildet, die <ADAM> für die nächste Simulation zur Verfügung stehen. <ADAM> hat in seinem Langzeitgedächtnis neue, emotional bewertete, Erinnerungen an den Akt <A12_EAT_MEAT_L01>, sowie eine neue Befriedigungserinnerung und ein, mit der Befriedigungserinnerung verknüpftes, neues Objekt.

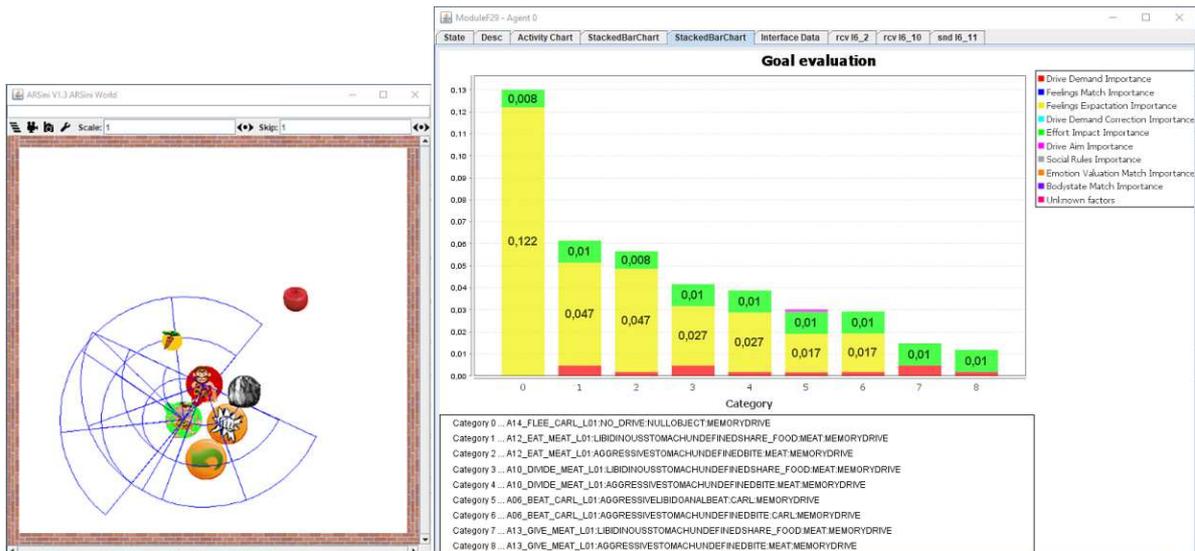


Abbildung 6.28: <ADAM> flüchtet vor <BODO> und Handlungsbewertung von <ADAM> in F29

Die Befriedigungserinnerung wird ins Langzeitgedächtnis übertragen, da die Lernintensität die Lernschwelle überschritten hat (Abbildung 6.29, Zeile 21-24). Das neue Objekt ist in Abbildung 6.29 (Zeile 20 und 22) dargestellt. Es wird als Teil der Befriedigungserinnerung ebenfalls ins Langzeitgedächtnis übertragen. Neue Objekte können damit erlernt werden. Das geschieht aber nicht aufgrund der Tatsache, dass sie als neu erkannt werden, sondern nur im Zusammenhang mit einer Bewertung (in diesem Fall durch den Affektbetrag der Befriedigungserinnerung).

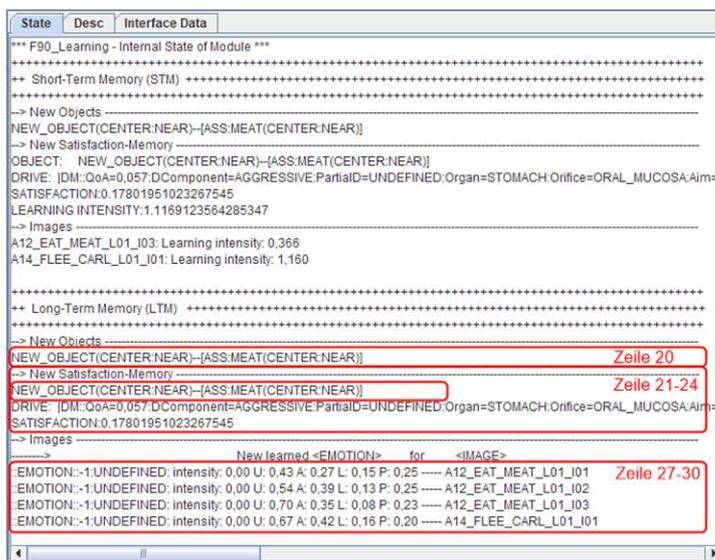


Abbildung 6.29: Inspektor der Funktion F90 zum Simulationsschritt 360

Wie das Erlernen einer neuen Befriedigungserinnerung zu einer Veränderung der Handlungsentcheidung führt, kann in einer Publikation des Autors dieser Arbeit [FB18] nachgelesen werden.

In Abbildung 6.29 (Zeile 27-30) sind die ins Langzeitgedächtnis übertragenen neuen Bewertungen der Images aufgelistet. Alle drei Images des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> sowie das Image <A14_FLEE_CARL_L01_I01> erfahren dabei eine neue Bewertung im Langzeitgedächtnis. Das Image <A14_FLEE_CARL_L01_I01> erhält aufgrund der hohen Unlust während der Flucht von <ADAM> vor <BODO> eine neue Bewertung im Langzeitgedächtnis. Damit erlernt <ADAM> auch, dass er bei großer Unlust flüchten kann und wie das seine Gefühlslage verändert. Da die Erinnerung an eine Flucht aber bereits vorhanden ist, ergeben sich durch die neu erlernten Bewertungen keine wesentlichen Veränderungen für den Akt <A14_FLEE_CARL_L01>.

6.1.2 Simulationsexperiment 1.2– SE 1.2

Das Ziel von Simulationsexperiment 1 ist, eine Änderung des Verhaltens des Agenten herbeizuführen, und das nur mit Hilfe von neu erlernten Erinnerungen. Der zweite Simulationsdurchlauf von Simulationsexperiment 1 (SE 1.2) soll die Auswirkungen der neu erlernten Erinnerungen auf Wahrnehmung, Emotionen, Entscheidungen, Verhalten und die Bildung von weiteren neuen Erinnerungen zeigen.

Zunächst soll ein Überblick über den Simulationsverlauf gegeben werden. Danach erfolgt die Auswertung des Simulationsverlaufs im Detail. Hier sollen Abhängigkeiten und Einflussfaktoren genau beleuchtet werden.

6.1.2.1 Überblick

Die in Simulationsexperiment 1.1 gebildeten Erinnerungen aus Tabelle 6.3 führen in Simulationsexperiment 1.2 zur Abwertung des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01>, wodurch sich der Simulationsverlauf verändert. Abbildung 6.30 (1) zeigt dieselbe Ausgangsposition wie Simulationsexperiment 1.1. Danach bewegen sich beide Agenten in Richtung <MEAT_N> (2). Unter (3) teilt <ADAM> das Fleisch, was durch das Aktionssymbol im orangenen Kreis unterhalb von <ADAM> angezeigt wird. Alle Aktionssymbole werden in Abbildung 4.3 dargestellt. Unter (4) nimmt <ADAM> einen Teil des Fleisches auf und begibt sich damit zu <BODO> (5). Er übergibt es <BODO> (6). Schließlich bewegt sich <ADAM> wieder zurück zu seinem Teil des Fleischstücks (7) und beide Agenten essen (8) ihr Fleisch auf (9).

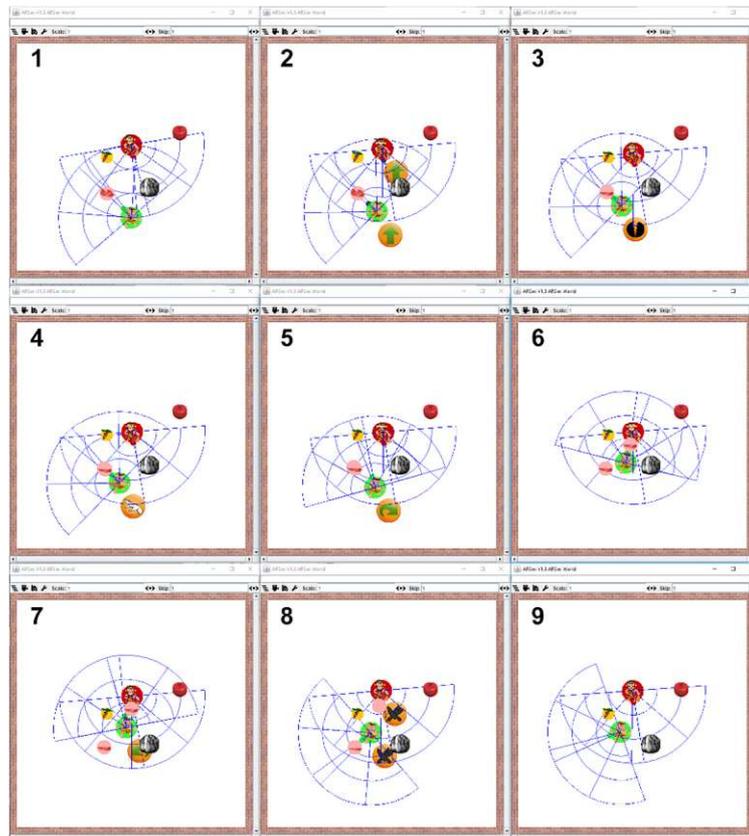


Abbildung 6.30: Simulationsablauf von Simulationsexperiment 1.2

Abbildung 6.31 zeigt, wie sich die Bewertungen in der Handlungsentscheidung von <ADAM> verändern. Der Plan <A12_EAT_MEAT_L01> erhält nun eine Bewertung für die <Feelings Expectation Importance> von 0. Dadurch fällt der Plan <A12_EAT_MEAT_L01> auf die Plätze (<Category>) 5 und 7 und liegt damit ex aequo mit dem Plan, das Fleisch herzuschenken <A13_GIVE_MEAT_L01>. Aufgrund dieser Abwertung von <A12_EAT_MEAT_L01> ist der Plan <A10_DIVIDE_MEAT_L01> auf Platz eins gereiht. Da <BODO> im weiteren Verlauf der Simulation erkennt, dass <ADAM> das Objekt



Abbildung 6.31: Inspektor von F29 mit Einflussfaktoren für die Entscheidung des Agenten <ADAM>

<MEAT> teilt, wandelt sich seine Wut in freudige Erwartung um und er entscheidet sich gegen das Schlagen von <ADAM> und für die Handlung, das Objekt <MEAT> zu teilen. Durch das geänderte Verhalten von <ADAM> wird auch die Entscheidung von <BODO> und somit sein Verhalten beeinflusst. Das geänderte Verhalten von <BODO> ändert wiederum ebenfalls die Wahrnehmung von <ADAM> und somit auch die Bildung neuer erlernter Erinnerungen.

6.1.2.2 Detaillierter Ablauf von Simulationsexperiment 1.2

Die Ablaufpunkte 1-39 sind identisch zwischen Simulationsexperiment 1.1 und Simulationsexperiment 1.2. Erst mit <ADAM>s Wahrnehmung von <BODO> verändert sich der Simulationsdurchlauf. Alle folgenden Punkte referenzieren auf die in Kapitel 5.2.2 definierten Punkte (Annahmen).

Simulationsschritt n+10 (<ADAM>):

Zu Punkt 40: <ADAM> assoziiert mit der Wahrnehmung eines anderen Agenten die Erinnerungen an seinen Bruder <CARL>. Eine Implementierung bezüglich des Lernens von emotionalen Ausdrücken fand im Zuge dieser Arbeit nicht statt. Zum Zeitpunkt von Simulationsexperiment 1 fehlte auch noch die Funktionalität, um Erinnerungen zu erzeugen, die verschiedene Agenten differenzieren können. Diese Funktionalität ist erst bei Simulationsexperiment 2 verfügbar.

Zu Punkt 41: In F46 wird die Intention von <BODO> errechnet. <ADAM> kann den Körperausdruck und die Fortbewegung von <BODO> wahrnehmen. Es konnte zwar ein Schalter in der Software implementiert werden, der <ADAM> anzeigt, dass <BODO> ihn schlagen will, jedoch ließ sich bis jetzt keine allgemeine Umsetzung für das psychoanalytische Modell finden. Daher wurde diese Umset-

zung wieder aus dem Modell entfernt. <ADAM> kann somit nicht ermitteln, dass <BODO> ihn schlagen will und aktiviert auch nicht die unter Punkt 41 angenommenen Erinnerungen. Dadurch ergibt sich kein zusätzlicher Einfluss auf die Bildung der Emotion des Agenten <ADAM>.

Zu Punkt 42: In F63 wird die Emotion Wut dem Agenten <BODO> zugeschrieben. Es erfolgt kein zusätzlicher Einfluss auf die Bildung der Emotion des Agenten <ADAM>. Die Ableitung einer Intention aus der zugeschriebenen Emotion des anderen Agenten durch die eigenen Erinnerungen und Intentionen von <ADAM> wurde nicht umgesetzt. Die Implementierungen aus den Vorarbeiten von [Sch16b] konnten dahingehend nicht erweitert werden, da auf viele Fragen dieser Implementierung keine Antworten gefunden werden konnten.

Zu Punkt 43: Die Erinnerung an das Essen von Objekt <MEAT> in Anwesenheit eines anderen Agenten wird in F69 aktiviert (<A12_EAT_MEAT_L01>). Die Erinnerung des Aktes enthält Images. Das letzte Image ist mit großer Unlust bewertet.

Zu Punkt 44: Die Bewertung des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> fällt, durch die neuen Erinnerungen (aus Simulationsexperiment 1.1), in F26 geringer aus als in Simulationsexperiment 1.1.

Zu Punkt 45: <ADAM> bewertet in F29, aufgrund seiner neu erlernten Erinnerungen, den Akt <A12_EAT_MEAT_L01> viel geringer als in Simulationsexperiment 1.1 (Abbildung 6.31). Die ausschlaggebende Bewertung dafür ist die <Feelings Expectation Importance> von 0. Die <Feelings Expectation Importance> ergibt sich aus einem Vergleich des ersten Images des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> mit dem letzten Image des Aktes. Der Vergleich zeigt einen erwarteten geringen Anstieg der Lust und einen erwarteten starken Anstieg der Unlust. Die Vergleichsfunktion im Modell liefert eine negative <Feelings Expectation Importance>, die auf 0 begrenzt wird. Dadurch fällt die Wahl auf den jetzt am höchsten bewerteten Akt <A10_DEVIDE_MEAT_L01>. Der Agent <ADAM> führt weiter die Aktion ‚gehe zu‘ (<GOTO>) aus, da das Image 1 von <A12_EAT_MEAT_L01> und <A10_DEVIDE_MEAT_L01> beide die Anweisung <GOTO> beinhalten. Dadurch sieht man von außen keine Änderung im Verhalten des Agenten <ADAM>. Durch die Inspektoren kann man aber seine Planänderung erkennen.

Simulationsschritt i (<ADAM>):

Zu Punkt 46: Mit Simulationsschritt 850 hat <ADAM> das Objekt <MEAT> erreicht. Er beginnt die Aktion ‚Teilen‘ (<DEVIDE>) auszuführen.

Simulationsschritt i+10 (<BODO>):

Zu Punkt 47: <BODO> nimmt in F14 die Aktion <DEVIDE> von <ADAM> an dem Objekt <MEAT> wahr.

Zu Punkt 48: <BODO> erkennt in F46, dass <ADAM> das Objekt <MEAT> teilt und kommt, aufgrund seiner eigenen Erinnerungen an Handlungen, bei denen er das Objekt <MEAT> selbst teilt. Dadurch assoziiert <BODO>, dass <ADAM> ihm einen Teil von Objekt <MEAT> überreichen wird. Diese Funktionalität wurde nur rudimentär implementiert, um ein entsprechendes Verhalten durch <BODO> zu erzeugen.

Zu Punkt 49: Das führt in F29 zu einer Neubewertung der Handlungsplanung und <BODO> entscheidet sich für den am höchsten bewerteten Akt <A11_GET_DIVIDED_MEAT_L01>, der <BODO> mehr Lust und weniger Unlust erwarten lässt als <A06_BEAT_DOUG_L01>.

Simulationsschritt j (<ADAM>):

Zu Punkt 50: Während und nachdem <ADAM> das Objekt <MEAT> geteilt und seinen Teil gegessen hat, überwiegt die Lust gegenüber der Unlust und das Gefühl Freude (<JOY>) hat die größte Intensität (siehe Abbildung 6.32).

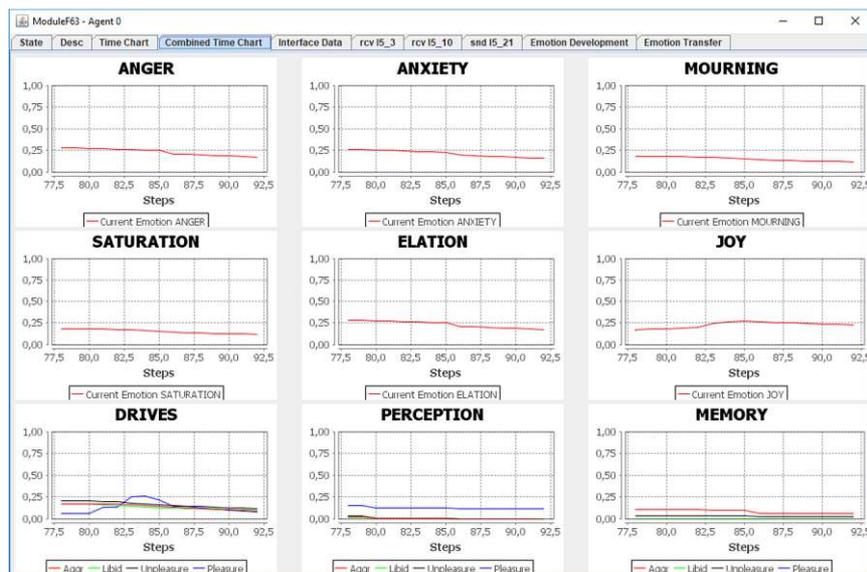


Abbildung 6.32: Inspektor der Funktion F63 mit dem Status der Emotionen im Agenten <ADAM>

Simulationsschritt j (<BODO>):

Zu Punkt 51: Während und nachdem <BODO> das von <ADAM> überreichte Stück von Objekt <MEAT> gegessen hat, überwiegt die Lust gegenüber der Unlust und das Gefühl Freude (<JOY>) hat die größte Intensität zum Ende der Simulation.

Am Ende von Simulationsexperiment 1.2 haben sich im Langzeitgedächtnis von <ADAM> die in Abbildung 6.33 unter <Long-Term Memory (LTM)> dargestellten Erinnerungen gebildet, die <ADAM> für die nächste Simulation zur Verfügung stehen. Die neue Triebbefriedigungserinnerung im Kurzzeitgedächtnis (Zeile 7-11) enthält bereits das in SE 1.1 erzeugte neue Objekt <MEAT_N> (Zeile 8). Daher erlernt der Agent in SE 1.2 kein neues Objekt, da ihm alle Objekte bekannt (ähnlich genug zu bestehenden Erinnerungen) sind (Zeile 6 und Zeile 21). Die Bezeichnung von <NEW_OBJECT> aus SE 1.1 wurde vor Beginn von SE 1.2 manuell auf <MEAT_N> in den Erinnerungen geändert, um das Objekt leichter identifizieren zu können. Die Befriedigungserinnerung aus SE 1.2 ist der aus SE 1.1 sehr ähnlich. Hier wurde eine zusätzliche Funktionalität eingebaut, die bei hoher Ähnlichkeit eine Veränderung im Langzeitgedächtnis verhindert (Zeile 21). Dabei handelt es sich aber nur um eine vorläufige Implementierung und Parametrierung. Die hierbei festgelegten Grenzwerte müssen voraussichtlich in weiteren Arbeiten bei Bedarf angepasst werden.

```

State Desc Interface Data
*** F90_Learning - Internal State of Module ***
Short-Term Memory (STM)
--> New Objects
--> New Satisfaction-Memory ----- Zeile 6
OBJECT: MEAT_N(CENTER:NEAR)-[ASS:MEAT(CENTER:NEAR)] Zeile 7-11
DRIVE: |DM::QoA=0,057:DComponent=AGGRESSIVE:PartialID=UNDEFINED:Organ=STOMACH:Orifice=ORAL_MUCOSA:Alim=
SATISFACTION:0.17523584532547645
LEARNING INTENSITY:1.2159829544384355
--> Images
A10_DIVIDE_MEAT_L01_I09: Learning intensity: 0,416
Long-Term Memory (LTM)
--> New Objects ----- Zeile 19
--> New Satisfaction-Memory ----- Zeile 21
--> Images -----
New learned <EMOTION> for <IMAGE>
:EMOTION:-1:UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,38 A: 0,26 L: 0,17 P: 0,28 ----- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I01 Zeile 24-28
:EMOTION:-1:UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,41 A: 0,29 L: 0,17 P: 0,32 ----- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I04
:EMOTION:-1:UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,40 A: 0,29 L: 0,16 P: 0,26 ----- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I06
:EMOTION:-1:UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,34 A: 0,25 L: 0,19 P: 0,40 ----- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I08
:EMOTION:-1:UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,20 A: 0,19 L: 0,13 P: 0,40 ----- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I09

```

Abbildung 6.33: Inspektor der Funktion SF90 von Agent <ADAM> mit allen in SE 1.2 erstellten Erinnerungen im Langzeitgedächtnis

<ADAM> hat zwar zu Beginn der Simulation den Plan, <A12_EAT_MEAT_L01> auszuführen. Dieser scheint aber in Abbildung 6.33 (Zeile 24-28) nicht auf, da er nicht genügend Lernintensität erhält, bevor die Entscheidung auf den Plan <A10_DIVIDE_MEAT_L01> geändert wird. Da <ADAM> in SE 1.2 hauptsächlich den Plan <A10_DIVIDE_MEAT_L01> verfolgt, bilden sich auch nur Erinnerungen, die neue Bewertungen dieses Aktes darstellen. Der Akt <A10_DIVIDE_MEAT_L01> besteht aus neun Images, die mit der Erweiterung am Ende des Aktbezeichners mit I01-I09 bezeichnet sind. Die Images sind entsprechend ihrer chronologischen Reihenfolge nummeriert. In Zeile 24-28 sind jedoch nur die Images A10_DIVIDE_MEAT_L01_I01, -I04, -I06, -I08 und -I09 vorhanden. Die restlichen Images haben aufgrund ihrer kurzen Aktivierungsdauer nicht genügend Lernintensität aufbauen können, um die Lernschwelle zu überschreiten. Das ergibt sich aus der zeitlichen Abhängigkeit aus Formel (3.2), in der die letzten 5 Einträge aus jeweils einem vollständigen Durchlauf (10 Simulationsschritte) berücksichtigt werden. Ist das Image nur 1-4 Durchläufe aktiv, so können nur 1-4 Bewertungen in die Gesamtbewertung einfließen, was eine geringere Lernintensität ergibt, als wenn 5 Bewertungen berücksichtigt werden.

6.1.3 Simulationsexperiment 1.3 – 1.x (SE 1.13 – 1.x)

In Simulationsexperiment 1.3 – 1.x wird <ADAM> erneut immer in dieselbe Situation gebracht, wie schon in Simulationsexperiment 1.1 und 1.2. Der einzige Unterschied sind die neuen Erinnerungen aus Simulationsexperiment 1.1 und Simulationsexperiment 1.2. Da die erzeugten Erinnerungen in Simulationsexperiment 1.2 keine wesentliche Änderung bzw. Abweichungen beinhalten, verändern

sich auch die Entscheidungen und somit das Verhalten des Agenten nicht. Das Ergebnis in Simulationsexperiment 1.3 ist sehr nahe an dem von Simulationsexperiment 1.2. Auch weitere Simulationen durchläufe, inklusive der darin neu erzeugten Erinnerungen, können <ADAM> nicht von seinem Verhalten abbringen. Es scheint, als wäre <ADAM> in seinen Möglichkeiten festgefahren. Selbst ein Austausch der optischen Erscheinung von <BODO> bringt keine Veränderung, wenn <BODO> sich gleich verhält, da Adam die Bewertungen der Akte <A12_EAT_MEAT_L01> und <A10_DIVIDE_MEAT_L01> unabhängig von dem wahrgenommenen Agenten trifft. Das ist auf die in [Wen16, s. 73 f.] eingeführten Template Images zurückzuführen, die in den Akten einen beliebigen Agenten erwarten und nicht speziell <BODO> oder <CARL>. Die für die Speicherung ins Langzeitgedächtnis vorgesehenen Erinnerungen sind für Simulationsexperiment 1.3 in Abbildung 6.34 links und für Simulationsexperiment 1.4 in Abbildung 6.34 rechts dargestellt. Dabei fällt auf, dass die Ergebnisse im Bereich des Langzeit-

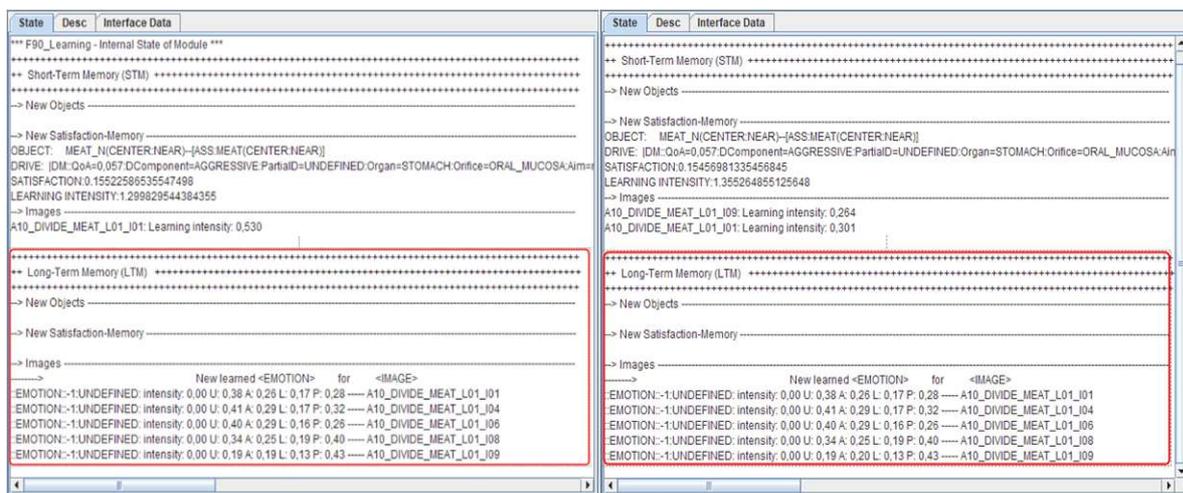


Abbildung 6.34: Inspektor der Funktion SF90 zum Ende von Simulationsexperiment 1.3 (links) und 1.4 (rechts)

gedächtnisses (rot umrandet) bei beiden Simulationen identisch sind. Bei beiden Simulationen gibt es (aus Gründen, die schon bei SE 1.2 erläutert wurden) keine neu erlernten Objekte oder Befriedigungserinnerungen. Die erlernten Bewertungen der Images von Akt <A10_DIVIDE_MEAT_L01> sind identisch. Um die Werte überprüfen zu können, werden sie in dem Inspektor von SF90 angezeigt, auch wenn sie später nicht ins Langzeitgedächtnis übertragen werden, da sie bereits vorhanden sind. Damit ergeben sich stabile Erinnerungen ab dem 2. Simulationendurchlauf, wobei die Unterschiede zwischen den erzeugten Erinnerungen von Simulationsexperiment 1.2 und Simulationsexperiment 1.3 gering sind. Diese rasche Anpassung der Erinnerungen an die Wahrnehmung wird maßgeblich durch die Formeln (3.1) und (3.2) beeinflusst, sowie durch die parametrisierte Lernschwelle. Für die Simulationsexperimente dieser Arbeit erzeugten die Formeln und die parametrisierte Lernschwelle plausible Ergebnisse.

6.2 Simulationsexperiment 2

Simulationsexperiment 2 soll ausgehend von den Ergebnissen aus Simulationsexperiment 1 (Simulation 1 wurde dabei mit der erweiterten Funktionalität, um Agenten unterscheiden zu können, nochmals durchgeführt.) den weiteren Nutzen von neu erlernten Erinnerungen zeigen. Dabei soll auch die Funktionalität zum Erstellen von Erinnerungen, die mit spezifischen Agenten verknüpft sind, geprüft werden. Die Anwendung dieser Erinnerungen wird ebenfalls in Simulationsexperiment 2 überprüft. Die von <ADAM> aus Simulationsexperiment 1 erlernten Erfahrungen mit <BODO> sind jetzt im Langzeitgedächtnis von <ADAM> spezifisch mit <BODO> verknüpft. Um den Nutzen von diesen neu erlernten Erinnerungen zu zeigen, wird der Agent <BODO> durch die Agenten <CARL>, <DOUG> und <EMIR> ersetzt. Die Ausgangssituation von Simulationsexperiment 1 und Simulationsexperiment 2 sind, bis auf den Austausch der Agenten und die neuen Erinnerungen, die <ADAM> in Simulationsexperiment 1 erlernt, identisch; alle Objekte und Subjekte haben dieselbe Startposition. Die Agenten unterscheiden sich in ihrem äußeren Erscheinungsbild durch Unterschiede in der Farbe und in ihrem Charakter, der entweder aggressiv oder gutmütig ist. Die Parameter für gutmütig wurden von Agent <CARL> übernommen, die Parameter für aggressiv wurden von Agent <BODO> übernommen. Die Farben der Agenten, die in Simulationsexperiment 2 zum Einsatz kommen, sind in Tabelle 6.4 dargestellt. Sie werden über eine hexadezimale Zahl im RGB-Format dargestellt (siehe Kapitel 6.1). Dadurch soll gezeigt werden, dass <ADAM> seine neu erlernten Erinnerungen auch in Situationen mit anderen Agenten verwenden kann und wie die durch Lernen neu gebildeten Erinnerungen in diesen Fällen aussehen.

Agent	Farbe	Charakter
<BODO>	0xCC0020	aggressiv
<CARL>	0xCC0000	gutmütig
<DOUG>	0xCC0030	aggressiv
<EMIR>	0xCC0011	gutmütig

Tabelle 6.4: Farbwerte und Charaktereinstellungen der Agenten

Im Unterschied zu Simulationsexperiment 1 erfolgt in Simulationsexperiment 2 nur mehr die Darstellung von erlernten Erinnerungen und deren Einfluss auf den Simulationsverlauf. Der Agent <ADAM> trifft in Simulationsexperiment 2.1 auf den Agenten <CARL>. In Simulationsexperiment 2.2 trifft <ADAM> auf den Agenten <DOUG> und in Simulationsexperiment 2.3 trifft <ADAM> auf den Agenten <EMIR>. Die Unterscheidung der Agenten erfolgt im Funktionsmodell des Agenten <ADAM> aufgrund ihrer Farbe. Auf Basis der erkannten Agenten sollen dann Erinnerungen assoziiert werden, die mit dem jeweiligen Agenten verknüpft sind.

6.2.1 Simulationsexperiment 2.1 – SE 2.1

In SE 2.1 wird der Agent <BODO> durch den Agenten <CARL> ersetzt.

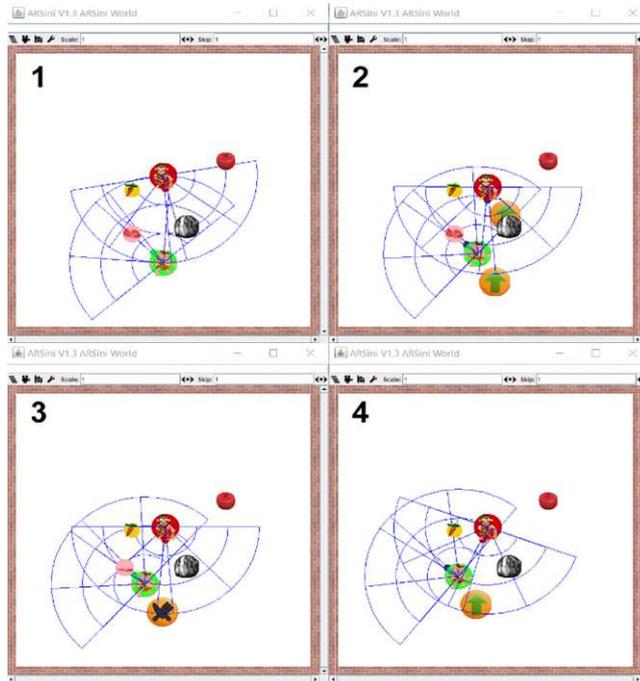


Abbildung 6.35: Simulationsverlauf von SE 2.1

In Abbildung 6.35 zeigt sich, dass <ADAM> sich dazu entscheidet, das Objekt <MEAT> zu essen. Da der Agent <CARL>, wie von <ADAM> erwartet, nicht in das Geschehen eingreift, kann <ADAM> aus der Situation das Maximum an Lust und ein Minimum an Unlust gewinnen. <ADAM> aktiviert dabei die Erinnerungen mit <CARL> stärker als die Erinnerungen mit <BODO> und erwartet daher für die Ausführung des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> geringe Unlust und große Lust. Die in Simulationsexperiment 1 neu erlernten Erinnerungen mit <BODO> fließen in diese Bewertung nur gering ein. Das zeigt sich auch bei den Erinnerungen des Agenten <ADAM>. In Abbildung 6.36 zeigt der Inspektor

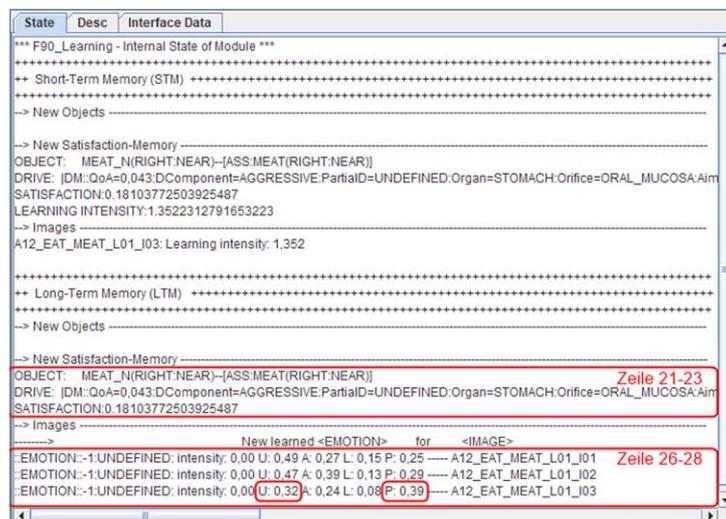


Abbildung 6.36: Inspektor der Funktion SF90 am Ende der Simulation

der Funktion SF90 neue Erinnerungen. Eine neue Befriedigungserinnerung wird im Langzeitgedächtnis erstellt (Zeile 21-23) und die Images des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> erhalten eine zusätzliche neue Bewertung (Zeile 26-28). Die Bewertung des letzten Images (<A12_EAT_MEAT_L01_I03>) des Aktes durch den Emotionsvektor ergibt eine gestiegene Lust und eine verringerte Unlust im Vergleich zum ersten Image (<A12_EAT_MEAT_L01_I01>) des Aktes. Damit verknüpft <ADAM> eine positive Bewertung mit dem letzten Image (Abbildung 6.36, Zeile 28) des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01>. Die Unlust ist mit einem Wert von 0,32 aber immer noch hoch. Der Wert konnte auch nicht durch die mehrfache Anpassung der Parametrierung der Verarbeitung von Emotionen im Modell verringert werden bzw. führten die Parameter dann zu Fehlern wie unvollständigen Handlungsausführungen oder dem Nichtwiedererkennen von Momenten in Akten. Die Analyse in diese Richtung wurde beendet, da mit der gefundenen Parametrierung genügend gute Ergebnisse erzielt werden konnten, wenngleich eine höhere Lust-zu-Unlust-Differenz erwartet wurde. Hier stehen auch nicht die konkreten internen Abläufe in Bezug auf die Bildung von Lust, Unlust oder Emotionen im Fokus, sondern die Bildung neuer Erinnerungen und deren Auswirkung auf den Agenten <ADAM>.

6.2.2 Simulationsexperiment 2.2 – SE 2.2

In SE 2.2 wird der Agent <CARL> durch den Agenten <DOUG> ersetzt.

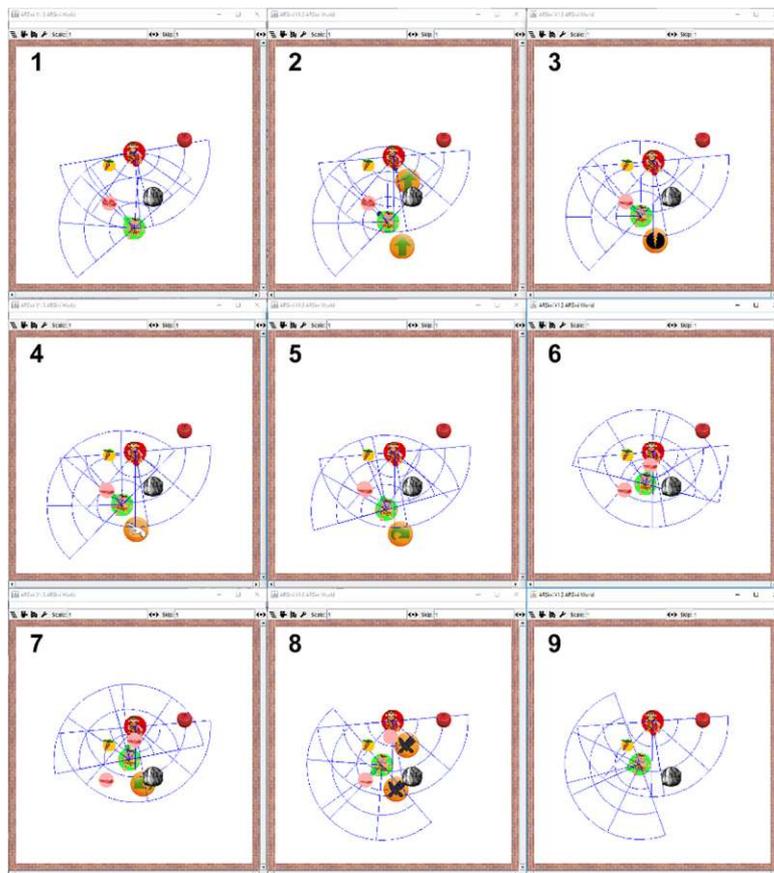


Abbildung 6.37: Simulationsverlauf von SE 2.2

In Abbildung 6.37 zeigt sich, dass <ADAM> sich dafür entscheidet, das Objekt <MEAT> zu teilen. Dieser Ablauf ist schon aus Simulationsexperiment 1.2 bekannt. Die internen Entscheidungseinflüsse sind von der Auswertung des wahrgenommenen Agenten abhängig. Der Agent <DOUG> ist dem Agenten <BODO> in Bezug auf die Farbe am ähnlichsten. Bei der Auswahl des am nächsten gelegenen Agenten wurde die Farbintensität des Blauanteils verglichen. Dabei werden zwei Bereiche gegenübergestellt. Ein Bereich, in dem ähnliche Agenten mehr Blauanteil aufweisen, und ein Bereich, in dem ähnliche Agenten weniger Blauanteil aufweisen. <BODO> hat den kleinsten Abstand im Bereich von weniger Blauanteil in der Farbe. Es gibt keinen Agenten in den Erinnerungen mit mehr Blauanteil in der Farbe, daher werden nur die Erinnerungen an den Agenten <BODO> mit der Wahrnehmung

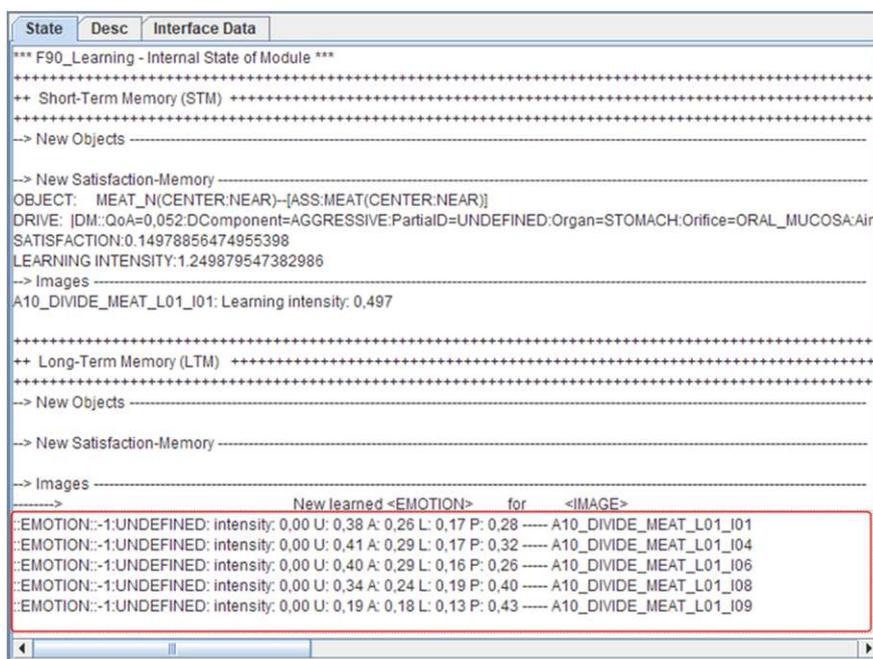


Abbildung 6.38: Inspektor der Funktion SF90 am Ende der Simulation

des Agenten <DOUG> assoziiert. Da sich der Agent <DOUG>, wie von <ADAM> erwartet, wie der Agent <BODO> verhält, ist der Simulationsverlauf mit SE 1.2 nahezu identisch. Das zeigt sich auch bei den Erinnerungen des Agenten <ADAM>, die in Abbildung 6.38 durch den Inspektor der Funktion SF90 gezeigt werden. Es bilden sich neue Bewertungen des Aktes <A10_DIVIDE_MEAT_L01>, die sich aber nur marginal von den in Simulationsexperiment 1.3 und 1.4 gebildeten Bewertungen unterscheiden. Dass diese Erinnerungen nun mit dem Agenten <DOUG> verknüpft sind, kann man aus der Darstellung im Inspektor nicht erkennen, da hier nur die mit den Images verknüpften Bewertungen dargestellt werden und keine weiteren verknüpften Elemente.

6.2.3 Simulationsexperiment 2.3 – SE 2.3

In SE 2.3 wird der Agent <DOUG> durch den Agenten <EMIR> ersetzt. <EMIR> ist von seinen Parametereinstellungen identisch mit dem Agenten <CARL>. Einzig die Farbe unterscheidet die beiden

Agenten. Der Farbunterschied wurde dabei so gewählt, dass er zwischen dem Agenten <BODO> und <CARL> liegt, wobei der Abstand zum Agenten <CARL> größer ist als zum Agenten <BODO>.

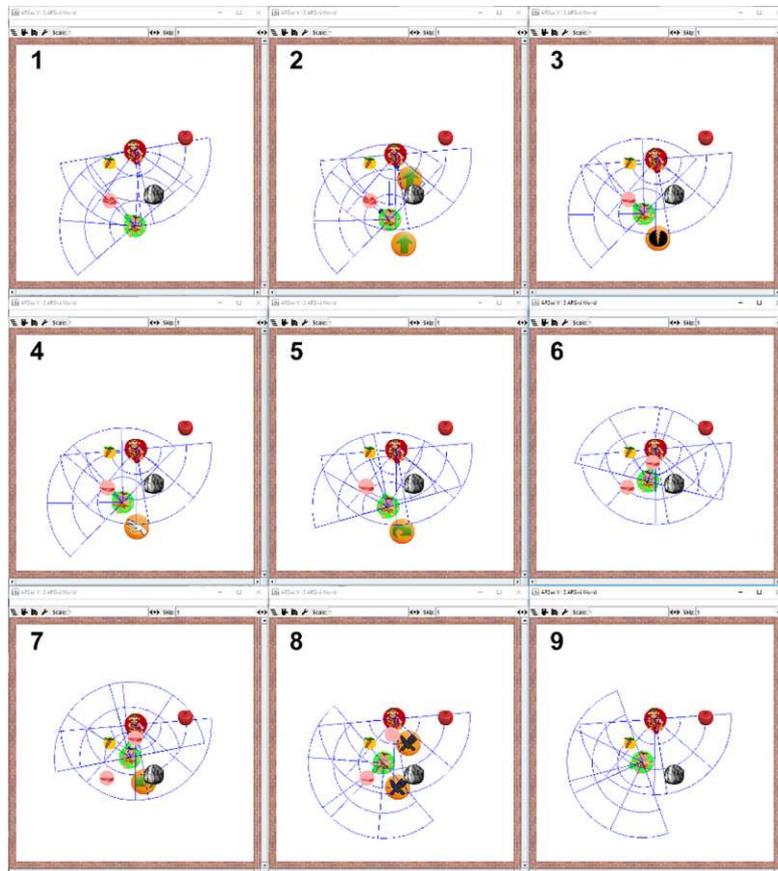


Abbildung 6.39: Simulationsverlauf von SE 2.3

In Abbildung 6.39 zeigt sich dasselbe Bild wie in Simulationsexperiment 2.2. Der Agent <ADAM> entscheidet sich dafür, das Objekt <MEAT> zu teilen. Die internen Entscheidungseinflüsse sind von der Auswertung des wahrgenommenen Agenten abhängig. Der Agent <EMIR> ist dem Agenten <BODO> und dem Agenten <CARL> am nächsten. <BODO> hat den kleinsten Abstand im Bereich von mehr Blauanteil in der Farbe und <CARL> hat den kleinsten Abstand im Bereich von weniger Blauanteil in der Farbe. Der Abstand zu <BODO> ist kleiner als der Abstand zum Agenten <CARL>. Daher werden die Erinnerungen an den Agenten <BODO> mit einer größeren Assoziationsstärke mit der Wahrnehmung des Agenten <EMIR> assoziiert als die Erinnerungen des Agenten <CARL>. Deshalb nimmt <ADAM> an, dass sich <EMIR> genauso aggressiv verhält, wie es <BODO> getan hat. Er wählt eine Lösung, die ihm zwar wenig Lust bringen wird, dafür aber größere Unlust vermeiden sollte. Da sich der Agent <EMIR> ähnlich wie der Agent <BODO> verhält, ist der Simulationsverlauf mit SE 1.2 nahezu identisch. Das zeigt sich auch bei den Erinnerungen des Agenten <ADAM>, die in Abbildung 6.40 durch den Inspektor der Funktion SF90 gezeigt werden. Es bilden sich neue Bewertungen des Aktes <A10_DIVIDE_MEAT_L01>, die mit <EMIR> verknüpft sind und sich nur marginal von den in Simulationsexperiment 2.2 gebildeten Bewertungen unterscheiden. <ADAM> schätzt hier den Agenten

<EMIR> falsch ein. Er hätte mit <EMIR> genauso verfahren können wie mit <CARL>. Aufgrund fehlender weiterer Informationen über den Agenten <EMIR> kann er aber nur den Farbunterschied in

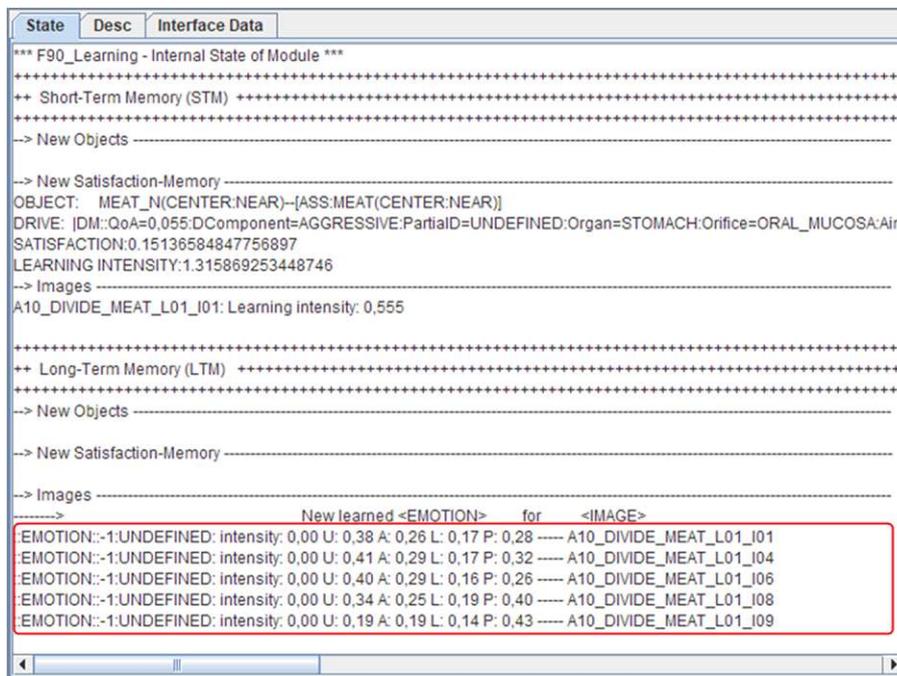


Abbildung 6.40: Inspektor der Funktion SF90 am Ende der Simulation

seine Lösungsfindung mit einbeziehen und keine bessere Lösung finden. Eine reine Unterscheidung von Agenten aufgrund der Farbe ist zwar eine Lösungsmöglichkeit, die in einigen Situationen passt, in anderen aber wiederum nicht. Der Agent benötigt somit weitere Funktionalitäten, mit denen er andere Agenten besser unterscheiden kann, um sich besser an diese Agenten anpassen zu können. Diese konnte leider im Zuge dieser Arbeit nicht mehr funktionsfähig implementiert werden.

6.3 Simulationsexperiment 3

Im Wesentlichen geht es bei Simulationsexperiment 3 um Unterschiede im Simulationsergebnis basierend auf einer geänderten Reihenfolge der Agenten, die auf <ADAM> treffen. Wichtig ist ebenfalls, dass die neu erlernten Erinnerungen aus Simulationsexperiment 1 und 2 gelöscht wurden. Damit beginnt <ADAM> wieder nur mit Erinnerungen an seinen Bruder <CARL>. Die Parameter der Agenten finden sich in Tabelle 6.4. Der Agent <ADAM> trifft zunächst in Simulationsexperiment 3.1 auf den Agenten <EMIR>. Danach trifft er auf den Agenten <BODO> in Simulationsexperiment 3.2. In Simulationsexperiment 3.3 trifft <ADAM> erneut auf <EMIR>, um die neu erlernten Erinnerungen aus Simulationsexperiment 3.1 zu testen. Schlussendlich trifft <ADAM> auf den Agenten <DOUG> in Simulationsexperiment 3.4.

6.3.1 Simulationsexperiment 3.1 – SE 3.1

SE 2.1 startet mit den Agenten <ADAM> und <EMIR>. Der Simulationsverlauf ist ähnlich wie der von Simulationsexperiment 2.1 (Abbildung 6.35). <ADAM> entscheidet sich, aufgrund seiner positiven Erfahrungen (Erinnerungen), die er im Akt <A12_EAT_MEAT> mit seinem Bruder <CARL> gemacht hat, das Objekt <MEAT> zu essen. Da der Agent <EMIR>, wie von <ADAM> erwartet, nicht in das Geschehen eingreift, und <ADAM> keine negativen Effekte wahrnimmt, kann er aus der Situation

```

State Desc Interface Data
*** F90_Learning - Internal State of Module ***
Short-Term Memory (STM)
--> New Objects
NEW_OBJECT(CENTER:NEAR)-[ASS:MEAT(CENTER:NEAR)]
--> New Satisfaction-Memory
OBJECT: NEW_OBJECT(CENTER:NEAR)-[ASS:MEAT(CENTER:NEAR)]
DRIVE: |DM:|QoA=0,041|DComponent=AGGRESSIVE|PartialID=UNDEFINED|Organ=STOMACH|Orifice=ORAL_MUCOSA|Aim=no action: |Internal=[ASS:
SATISFACTION:0.17984973612358695
LEARNING INTENSITY:1.1895689585425312
--> Images
A12_EAT_MEAT_L01_I03: Learning intensity: 1,189

Long-Term Memory (LTM)
--> New Objects
NEW_OBJECT(CENTER:NEAR)-[ASS:MEAT(CENTER:NEAR)] Zeile 19
--> New Satisfaction-Memory
OBJECT: NEW_OBJECT(CENTER:NEAR)-[ASS:MEAT(CENTER:NEAR)] Zeile 21- 23
DRIVE: |DM:|QoA=0,041|DComponent=AGGRESSIVE|PartialID=UNDEFINED|Organ=STOMACH|Orifice=ORAL_MUCOSA|Aim=no action: |Internal=[ASS:
SATISFACTION:0.17984973612358695
--> Images
New learned <EMOTION> for <IMAGE>
EMOTION:-1|UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,47 A: 0,26 L: 0,16 P: 0,26 ---- A12_EAT_MEAT_L01_I01
EMOTION:-1|UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,45 A: 0,38 L: 0,14 P: 0,31 ---- A12_EAT_MEAT_L01_I02
EMOTION:-1|UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,30 A: 0,23 L: 0,09 P: 0,40 ---- A12_EAT_MEAT_L01_I03 Zeile 24- 26

```

Abbildung 6.41: Inspektor der Funktion SF90 am Ende von Simulationsexperiment 3.1

das Maximum an Lust und ein Minimum an Unlust gewinnen. Das zeigt sich auch bei den Erinnerungen des Agenten <ADAM>. In Abbildung 6.41 weist der Inspektor der Funktion SF90 neue Erinnerungen auf. Das Objekt <MEAT_N> wird wieder als <NEW_OBJECT> erlernt (Abbildung 6.41, Zeile 19), da alle Erinnerungen aus Simulationsexperiment 1 und 2 gelöscht wurden. In Zeile 21-23 wird eine neue Triebbefriedigung für den aggressiven Hungertrieb erlernt. Zeile 24-26 stellt die neu erlernten Bewertungen aller Images des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> dar. Im letzten Image <A12_EAT_MEAT_L01_I03> ist die Lust höher als die Unlust, wodurch eine positive Bewertung über den Ausgang von Akt <A12_EAT_MEAT_L01> entsteht. Diese Erinnerung ist auch mit dem wahrgenommenen Agenten <EMIR> verknüpft. Dadurch erlernt <ADAM>, dass er sich gegenüber <EMIR> genauso wie bei <CARL> verhalten kann.

6.3.2 Simulationsexperiment 3.2 – SE 3.2

In Simulationsexperiment 3.2 wird der Agent <EMIR> durch den Agenten <BODO> ersetzt. <ADAM> hat keine Erinnerungen an <BODO> und trifft ihn in Simulationsexperiment 3.2 zum ersten Mal. Die Parametereinstellungen von <BODO> sind identisch zu Simulationsexperiment 1 und 2. Da <BODO> <ADAM> unbekannt ist, kann er nur Erinnerungen an <CARL> und <EMIR> assoziieren. Das führt dazu, dass <ADAM> sich gleich verhält wie in Simulationsexperiment 1.1 und dadurch von <BODO> geschlagen wird. Die Simulationsergebnisse und die neu erzeugten Erinnerungen sind nahezu identisch mit denen von Simulationsexperiment 1.1. Abbildung 6.42 zeigt die neu erlernten Erinnerungen

durch den Inspektor der Funktion SF90. In Zeile 21-23 wird die neu erlernte Befriedigungserinnerung gezeigt. Zeile 26-28 zeigt die neuen Bewertungen der Images des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01>, wobei in Zeile 28 die große Unlust und die kleine Lust zu einer zukünftigen negativen Bewertung des erwarteten Ausgangs des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> führen werden. Diese Erinnerung ist wieder an den wahrgenommenen Agenten <BODO> geknüpft.

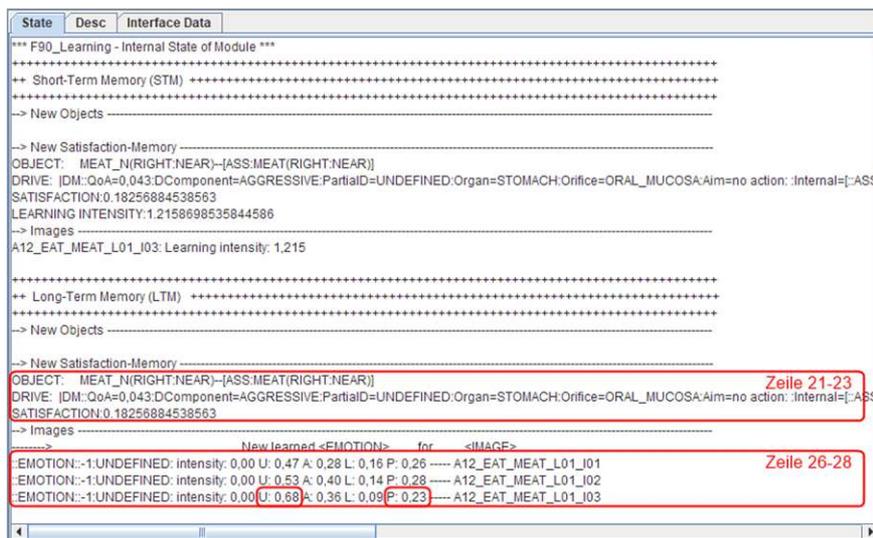


Abbildung 6.42: Inspektor der Funktion SF90 am Ende von Simulationsexperiment 3.3

6.3.3 Simulationsexperiment 3.3 – SE 3.3

In Simulationsexperiment 3.3 wird der Agent <BODO> durch den Agenten <EMIR> ersetzt. Die Simulationsergebnisse (Abbildung 6.43) zeigen, dass <ADAM> die neu erlernten Erinnerungen aus Simulationsexperiment 3.1 anwendet. Ein Vergleich der Ausgabe der Funktion SF90 aus Simulationsexperiment 3.1 (Abbildung 6.41) und Simulationsexperiment 3.3 (Abbildung 6.43) zeigt nur geringfügige Abweichungen, die sich aus den seit Simulationsexperiment 3.1 neu erlernten Erinnerungen und deren Assoziation in Simulationsexperiment 3.3 ergeben. <ADAM> aktiviert die Erinnerungen, die er in

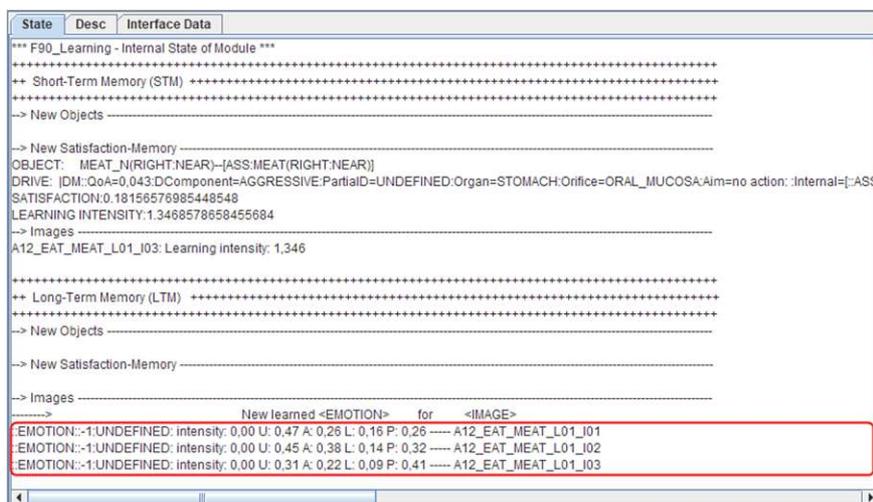


Abbildung 6.43: Inspektor der Funktion SF90 am Ende von Simulationsexperiment 3.3

Simulationsexperiment 3.1 erlernt hat. Dadurch wird das mit <EMIR> verknüpfte letzte Image des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01>, und somit ein positiv bewerteter Ausgang des Aktes, aktiviert. Eine Befriedigungserinnerung wird nicht erlernt, da sich im Langzeitgedächtnis bereits eine Befriedigungserinnerung befindet und die Differenz der beiden die voreingestellte Schwelle zum Erzeugen neuer Erinnerungen nicht überschreitet.

6.3.4 Simulationsexperiment 3.4 – SE 3.4

In Simulationsexperiment 3.4 wird der Agent <EMIR> durch den Agenten <DOUG> ersetzt. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass <ADAM> immer noch <DOUG> mehr mit <BODO> assoziiert und damit ergibt sich auch eine größere Assoziationsstärke für alle mit <BODO> assoziierten Erinnerungen. <ADAM> entscheidet sich daher, das Fleisch zu teilen. Das zeigt auch der Inspektor der Funktion SF90 (Abbildung 6.44). Die Erinnerungen an den Akt <A10_DIVIDE_MEAT_L01> erhalten neu erlernte Bewertungen. <ADAM> ist es mit seinen Erinnerungen nun möglich, <DOUG> von <EMIR> und <CARL> zu unterscheiden. Dadurch kann er unterschiedliche Handlungen setzen, die beim jeweiligen Agenten zu mehr Lust bzw. weniger Unlust führen.

```

State Desc Interface Data
*** F90_Learning - Internal State of Module ***
-----
++ Short-Term Memory (STM) +-----
-----
-> New Objects -----
-----
-> New Satisfaction-Memory -----
OBJECT: MEAT_N(CENTER:NEAR)-[ASS:MEAT(CENTER:NEAR)]
DRIVE: [DM:QoA=0,057;DComponent=AGGRESSIVE;PartialID=UNDEFINED;Organ=STOMACH;Orifice=ORAL_MUCOSA;Aim=
SATISFACTION:0.17523584532547645
LEARNING INTENSITY:1.2159829544384355
-----
-> Images -----
A10_DIVIDE_MEAT_L01_I09: Learning intensity: 0,416
-----
++ Long-Term Memory (LTM) +-----
-----
-> New Objects -----
-----
-> New Satisfaction-Memory -----
-----
-> Images -----
-----
New learned <EMOTION> for <IMAGE>
-----
EMOTION:-1.UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,38 A: 0,26 L: 0,17 P: 0,28 --- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I01
EMOTION:-1.UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,41 A: 0,29 L: 0,17 P: 0,32 --- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I04
EMOTION:-1.UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,40 A: 0,29 L: 0,16 P: 0,26 --- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I06
EMOTION:-1.UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,34 A: 0,25 L: 0,19 P: 0,40 --- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I08
EMOTION:-1.UNDEFINED: intensity: 0,00 U: 0,20 A: 0,19 L: 0,13 P: 0,40 --- A10_DIVIDE_MEAT_L01_I09

```

Abbildung 6.44: Inspektor der Funktion SF90 am Ende von Simulationsexperiment 3.4

6.4 Zusammenfassung

Simulationsexperiment 1 ist ein kurzer Ablauf im simulierten ‚Leben‘ des Agenten <ADAM>. Das Erreichen einer Verhaltensänderung nur durch selbst erlernte Erinnerungen in Simulationsexperiment 1 zeigt im ersten Schritt im Detail, wie die Verhaltensänderung möglich ist und welche Funktionen und Informationen dazu führen. In Simulationsexperiment 1 hat der Agent aber keine Möglichkeit mit den aktuellen Funktionen und Erinnerungen sich wieder in die Lage zu bringen, das Objekt <MEAT_N> in Anwesenheit eines anderen Agenten zu essen wie in Simulationsexperiment 1.1. Dadurch verliert er die Möglichkeit, sich gegen andere Agenten, die nicht aggressiv sind und <ADAM> daher nicht schlagen, durchzusetzen und das Essen für sich allein zu beanspruchen. Dieser Umstand

ist auf die Generalisierung durch Template Images zurückzuführen, aus denen Akte gebildet wurden. Akte sind damit stark generalisierte Handlungen. Diese Generalisierung ermöglicht es dem Agenten mittels eines Aktes auf verschiedene Änderungen im Simulationsverlauf zu reagieren.

Ein Abkommen von der Fixierung auf die Handlung Teilen kann nur durch Änderung des Simulationssettings erfolgen. Wenn der Agent ständig das Gleiche macht, lernt er nur sehr wenig dazu. Bei zusammenhangslosen Situationen hingegen kann er seine Erfahrungen nicht auf weitere Situationen anwenden und somit auch keine neuen Strukturen, Hierarchien oder Konzepte erlernen. Um optimal zu lernen, müssen die Situationen einen Bezug zueinander haben, die es dem Agenten ermöglichen, sein Wissen zu erweitern und zu vertiefen.

Aus der Erarbeitung und den ersten Ergebnissen von Simulationsexperiment 1 konnten laufend neue Anforderungen an Lernfunktionen abgeleitet und somit die Lernmöglichkeiten schrittweise erweitert werden. Die Simulationsergebnisse wurden im interdisziplinären Diskurs mit den Erwartungen von Psychoanalytikern abgeglichen und von ihnen als plausibel bestätigt.

Um dem Problem der Generalisierung aus Simulationsexperiment 1 entgegenzuwirken, wurde für Simulationsexperiment 2 eine neue Funktionalität eingeführt, die es ermöglichen soll, Akte um alternative Images zu erweitern. So kann dann z. B. das Ende eines Aktes zwei unterschiedliche Ausgänge haben, die mit unterschiedlichen Agenten verknüpft sind. Simulationsexperiment 2 erweitert Simulationsexperiment 1, wobei die Agenten ausgetauscht werden. Dabei zeigt sich, dass der Agent sein erlerntes Wissen auch auf andere unbekannte Agenten anwenden kann. Jedoch lassen sich auch Defizite feststellen. Der Agent traf seine Entscheidungen nur aufgrund von Ähnlichkeiten in der Farbe der anderen Agenten. Dadurch sind die Entscheidungen nicht immer optimal, da dem Agenten zusätzliche Informationen fehlen.

Simulationsexperiment 3 zeigt den Einfluss der Reihenfolge, mit der Agent <ADAM> auf die anderen Agenten trifft. Eine Änderung dieser Reihenfolge verändert auch die erlernten Erfahrungen von <ADAM> und schlussendlich auch das Verhalten gegenüber dieser Agenten. Die Erfahrungen mit <EMIR> verändern sich im Gegensatz zu den Erfahrungen aus Simulationsexperiment 2, da <ADAM> zu Beginn von Simulationsexperiment 3 keine negativen Erfahrungen mit anderen Agenten gemacht hat. Die Grenzauslotung³⁹ von <ADAM> ist damit in Simulationsexperiment 3 besser als in Simulationsexperiment 2. Das ist aber der Reihenfolge (Simulationsreihenfolge) des Eintreffens von Wahrnehmungen zu verdanken, die <ADAM> nicht beeinflussen kann. Es ist somit dem Zufall zuzuschreiben, dass <ADAM> aus Simulationsexperiment 3 besser mit <EMIR> umgehen kann als <ADAM> aus Simulationsexperiment 2.

³⁹ Mit Grenzauslotung wird hier die Abwägung von <ADAM> verstanden, in der er bewertet, wie stark die positiven und negativen Effekte bei der Umsetzung von entsprechenden Handlungen sind. Die Funktionen in der Psyche liefern <ADAM> damit eine Einschätzung, wie weit er gehen kann, um seine Bedürfnisse zu befriedigen, ohne allzu große negative Effekte in Kauf nehmen zu müssen.

In Abbildung 6.45 sind nochmals die Assoziationen und die Aktivierung der entsprechenden Images in Akt <A12_EAT_MEAT_L01> aus Simulationsexperiment 3 dargestellt. Die violett strichlierte Umrandung trennt Lang- und Kurzzeitgedächtnis. In Simulationsexperiment 3.1 (SE 3.1) aktiviert die Wahrnehmung von <EMIR> das positiv bewertete letzte Image des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01>. <ADAM> erkennt, dass es sich um einen anderen Agenten als <CARL> handelt. Da die Lernintensität größer als die Lernschwelle ist, wird dem Image <A12_EAT_MEAT_L01_I03> eine Verknüpfung zum Agenten <EMIR> im Langzeitgedächtnis hinzugefügt. In Simulationsexperiment 3.2 (SE 3.2) wird eine negative Erfahrung mit <BODO> aus dem Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis übertragen. Dabei wird ein alternatives Image (<A12_EAT_MEAT_L01_I03_V02>) angelegt, da sich sowohl der verknüpfte Agent als auch die verknüpfte Bewertung durch die Emotion von dem vorhandenen Image unterscheiden. In Simulationsexperiment 3.3 (SE 3.3) assoziiert <ADAM> den wahrgenommenen Agenten mit den Images <A12_EAT_MEAT_L01_I03_V02> und <A12_EAT_MEAT_L01_I03>. Die Aktivierung von <A12_EAT_MEAT_L01_I03> ist dabei wesentlich höher, da dieses Image mit einer Repräsentanz von <EMIR> verknüpft ist. Daher wird der Ausgang des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01> als positiv bewertet und der Akt erhält die höchste Gesamtbewertung. Simulationsexperiment 3.4 (SE 3.4) zeigt dann nochmal, dass der Agent <DOUG> aufgrund seiner Farbe stärker mit dem Agenten <BODO> assoziiert wird als mit anderen Agenten. Sobald <ADAM> negative Erfahrungen mit <BODO> in seinen Erinnerungen abgelegt hat werden alle folgenden ähnlichen (bis jetzt nur durch eine Unterscheidung der Farbe der Agenten) Agenten ebenfalls mit der negativen Erfahrung assoziiert.

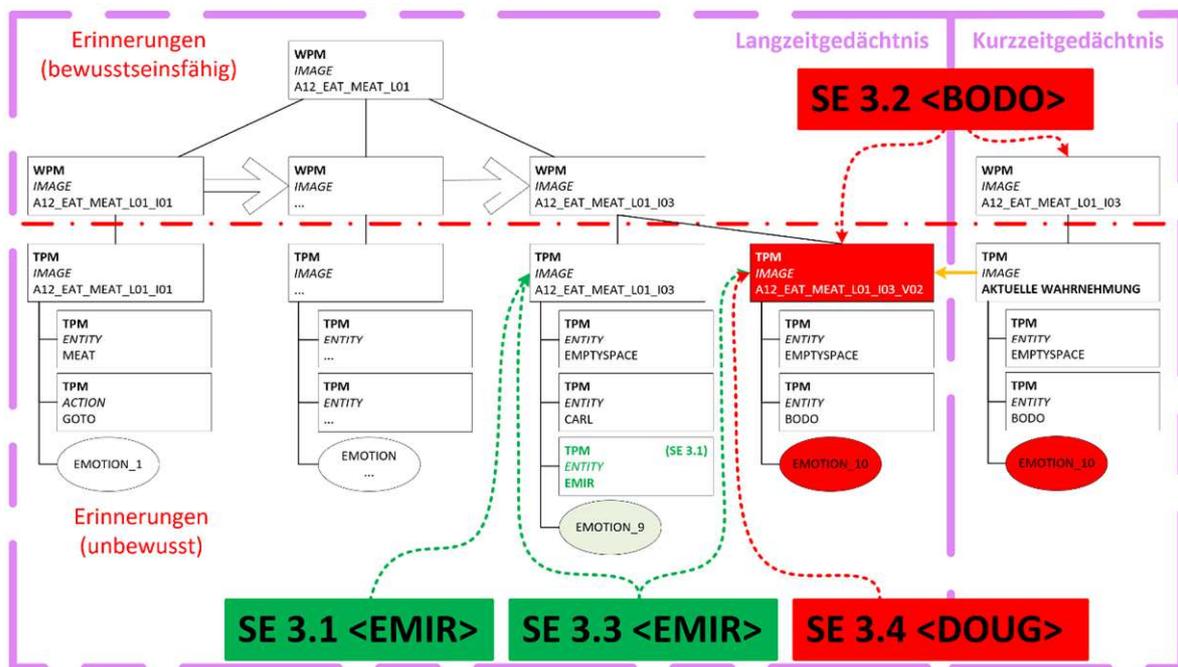


Abbildung 6.45: Assoziationen der Images in Bezug auf die Agenten in Simulationsexperiment 3

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

„Talente finden Lösungen, Genies entdecken Probleme.“

[Hans Krailsheimer]

Bei der Auswahl und dem Übersetzen von Theorien aus Psychoanalyse, Neuropsychanalyse und Neurologie in ein ganzheitliches Modell der menschlichen Psyche tauchen viele Fragen und Probleme auf, die im interdisziplinären Diskurs erörtert werden müssen. Das Modell geht von den Grundlagen der menschlichen Informationsmanipulation aus und baut auf dieser Basis seine Entscheidungsfindungseinheit auf. Im letzten Kapitel soll die Retrospektive zeigen, wie gut die Herausforderungen, das Modell um die Funktionalität von menschlichem Lernen zu erweitern, gemeistert wurden. Im Speziellen soll gezeigt werden, ob die Hypothesen und der gezeigte Lösungsansatz als eine Grundstruktur von menschlichem Lernen dienen kann und in das SiMA Modell integrierbar ist. Um das Ziel der Entwicklung eines ganzheitlichen Funktionsmodells der menschlichen Psyche zu erreichen, müssen einige Zwischenziele erreicht werden. Zunächst muss gezeigt werden, dass das Modell als flexibles und leistungsstarkes Forschungswerkzeug für psychologische Fragen verwendet werden kann. Im Speziellen waren es die Fragen, wie Lernen im Modell umgesetzt und dargestellt werden kann und wie die einzelnen Funktionen und schlussendlich das ganze Modell davon profitieren. Ein weiteres Ziel war es, den Transfer von Theorien anderer wissenschaftlicher Disziplinen in ein Computermodell zu zeigen.

7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie erfolgreich war die Zielerreichung und wie unterstützen die Ergebnisse das Gesamtziel des Forschungsprojekts SiMA: die Nachkonstruktion der menschlichen Psyche in Verbindung eines Körpers zur Erforschung der Funktion? Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte nochmals angesprochen. Dabei wird die angewandte Methode zusammengefasst und wichtige Erfahrungswerte mit der Methode werden besprochen sowie die am Lösungsweg aufgetretenen Probleme. Die Herausforderungen mit dem Modell werden dargestellt und es wird gezeigt, wie gut das Modell die Theorien der Psychoanalyse, Neuropsychanalyse und Neurologie umsetzen konnte. Schlussendlich wird gezeigt, wie die Simulationen die Funktionen im Modell erläutern und interne Abläufe zeigen, wie Informationen im Kurzzeitgedächtnis erzeugt werden und mit welchem Mechanismus sie ins Langzeitgedächtnis übertragen werden. Die Herausforderungen bei der Ablaufferstellung der Simulation sowie bei

der Findung der richtigen Erweiterung zur Darstellung und Überprüfung neu erlernter Dinge und deren Auswirkungen auf den Simulationsverlauf sollen dargelegt werden.

7.1.1 Ergebnisse des Modells

Die Definition von Lernen war ein wichtiger Schritt, um ein konkretes Modell zu erarbeiten. Die Summe an Lernfunktionen sollte dem Agenten zu Erinnerungen verhelfen, die dann zu besseren Entscheidungen (mehr Lust und weniger Unlust), und damit besserem Verhalten, führen soll. Um das zu erreichen, musste eine detaillierte Analyse der bereits erarbeiteten Konzepte von SiMA und deren Implementierungsfortschritt erhoben werden. Dabei zeigten sich Lücken in der Implementierung von Modellen, die vor allem das Zusammenspiel von einzelnen Konzepten betraf. Fehler konnten so geschlossen werden.

Dass SiMA ein valides Modell für die Generierung und Erforschung von menschlichem Verhalten in einem sozialen Kontext ist, wurde in [Sch16b, S. 182] gezeigt. Die folgende Analyse soll darstellen, ob mit der vorliegenden Arbeit auch Grundzüge von menschenähnlichem Lernen gezeigt werden konnte. Die Erkenntnisse aus der Entwicklung und Simulation des Modells wurde verwendet, um die Kernfunktion von Lernen zu extrahieren. Das unterstützte nicht nur bei der Erzeugung eines Modells für menschliches Lernen, sondern führte auch zu einem einheitlichen Basismodell.

Die in [Sch16b, S. 182] als Grundlagen der menschlichen Informationsverarbeitung identifizierten Funktionen – Aktivierung und Bewertung – mussten bei der Erstellung eines ganzheitlichen Lernkonzeptes berücksichtigt werden, genauso wie die neu eingeführten Bewertungsmechanismen durch Emotionen, die erfahrungsbasierte Entscheidungsfindung [Wen16, S 81-84] und die Wahrnehmung.

Eine Schwierigkeit bei der Erstellung des Modells war die ganzheitliche Betrachtungsweise. Jede Veränderung musste immer konsistent zu allen vorangegangenen implementierten Konzepten sein. Da die Funktionen primär Informationsmanipulationen für die Entscheidungsfindung durchführen, konnte man nicht einfach Funktionen ändern, nur weil dadurch besser oder schneller Lerninformationen gewonnen werden können. Eine weitere Herausforderung war der Umgang mit den assoziativen Elementen des Gedächtnisses. Um ein verknüpftes Element zu finden, müssen viele Suchvorgänge gestartet werden, da in SiMA kein assoziativer Speicher verwendet wird und die Funktionalitäten nur verhaltensgemäß nachgebaut wurden. Durch die hohe Anzahl von verschiedenartigen Elementen und Assoziationstypen ist die Informationsverarbeitung im Modell meist sehr spezifisch und selten allgemein gehalten.

Ein wichtiger Punkt ist die Erkenntnis, dass Lernen nicht von einer einzelnen Funktion erfüllt werden kann. Vielmehr ist ein automatischer Prozess außerhalb des Funktionsmodells für die Übertragung von Informationen aus dem Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis dafür verantwortlich. Der Prozess baut aber auf verschiedenen Funktionen auf, die Informationen aktivieren und mit Bewertungen verknüpfen und im Kurzzeitgedächtnis ablegen. Damit ist es für alle aktivierten Informationen möglich, verändert zu werden und sie können dann ins Langzeitgedächtnis übertragen werden. Lernen wird damit zu einem ganzheitlichen Konzept, an dem viele Funktionen beteiligt sind. Die Funktionen

produzieren bzw. aktivieren und manipulieren Informationen im Kurzzeitgedächtnis, um ihre Ergebnisse für eine Handlungsentscheidung zu produzieren. Die Ablage der wichtigsten Informationen im Langzeitgedächtnis ist somit keine direkte Funktionsaufgabe. Die interne Struktur, die Erinnerungen verarbeitet, lässt aber eine Verwendung von solchen abgelegten Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zu.

Damit sind die Informationen im Kurzzeitgedächtnis nicht ausschließlich für das Lernen erstellt, sondern vielmehr für die Funktionsergebnisse. In den gleichen Funktionen kommen aber auch die Informationen von wahrgenommenen Ergebnissen von Aktionen (Handlungsentscheidungen) an. Dabei handelt es sich auch meist um Veränderungen in der emotionalen Bewertung oder bzw. um eine Änderung von Triebspannungen. Genau diese Veränderungen können jetzt mit dem Ende der Handlung (Ende des Aktes) verknüpft werden, oder im Fall von Triebspannungsänderungen mit einem entsprechend fokussierten und damit aktivierten Objekt und der momentan ausgeführten Aktion.

Dadurch kann abgeleitet werden, warum Lernen durch den Lernenden nicht bewusst wahrnehmbar ist. Die Übertragung von Informationen aus dem Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis wird nicht durch die Psyche (Schicht 3) beeinflusst. Es findet in den Schichten 1 und 2 des Informationsspeichers-Schichtenmodell statt. Damit kann nur das Lernergebnis von Schicht 3 (Psyche) abgefragt werden, nicht jedoch der Lernvorgang an sich.

Weiters zeigt sich, dass die ermittelten Bewertungen für Objekte, Handlungen oder Situationen gespeichert und damit wiederverwendet werden können. Die Bewertung gibt die Wichtigkeit im aktuellen Moment aber auch für die Zukunft an, da Erlebnisse, die als wichtiger bewertet werden, mit höherer Wahrscheinlichkeit auch in der Zukunft wichtiger sein werden als Elemente, die gerade weniger hoch bewertet werden.

Die Implementierung von körperlichem Schmerz eröffnete eine zusätzliche Wahrnehmung für den Agenten, die für soziale Interaktionen mit anderen Agenten den Schutz des eigenen Körpers ermöglicht. Lernen kann im Wesentlichen als Erzeugung von Erinnerungen an Wahrnehmungen dargestellt werden. Die Erweiterung der Wahrnehmung des Agenten bringt somit auch die Möglichkeit mit sich, zusätzliche Erinnerungen anzulegen. Die Erinnerungen verhelfen dann dem Agenten zu mehr Lust und weniger Unlust. Die dadurch gewonnenen Erinnerungen führen zu Handlungen wie ‚Flucht‘ und stellen eine Schutzfunktion für den Körper dar. Schmerzreize lassen sich sehr gut als Trigger für das Lernen verwenden, da hier eine Verknüpfung mit hoher Angst besteht und diese Emotion sehr stark auf die Auswahl der zu lernenden Informationen einwirkt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Aufgabe Lernen im SiMA-Modell zu integrieren erfolgreich ausgeführt wurde. Die wichtigsten Funktionen in SiMA wurden mit der Möglichkeit, Erinnerungen im Kurzzeitgedächtnis abzulegen, erweitert. Bei einem Übertrag ins Langzeitgedächtnis können die Funktionen dann in Zukunft bei ihrer Funktionsausführung durch die neuen Erinnerungen unterstützt werden. Für zukünftige Erweiterungen wie ‚Logisches Denken‘ [JDF+15] wurden Schnitt-

stellen geschaffen, um eine schnelle Erweiterung neuer Funktionen zu gewährleisten. Bei der Entwicklung von neuen Funktionen im Funktionsmodell können, durch das vorhandene Lernkonzept, die Schnittstellen gleich miteinbezogen werden und so optimal für Lernen vorbereitet werden.

7.1.2 Ergebnisse von Simulationsexperiment 1

Wieder einmal zeigt sich ein Vorteil von SiMA durch die Möglichkeit, Einblicke in die internen Abläufe und die Informationen im Modell zu bekommen. Das von außen betrachtete Verhalten aus Simulationsexperiment 1.1 lässt den Agenten <ADAM> egoistisch erscheinen. In Simulationsexperiment 1.2 ist er auf einmal deutlich weniger egoistisch. Sieht man sich die internen Abläufe und Informationen an, so zeigt sich ein deutlich anderes Bild. Die scheinbare charakterliche Veränderung wird nur aufgrund der Neubildung einiger weniger neuer Verknüpfungen im Langzeitgedächtnis erreicht. Alle Persönlichkeitsparameter des Agenten bleiben gleich. Sein egoistisches Verhalten an sich unterliegt damit keinen Änderungen. Die Entscheidung in Simulationsexperiment 1.2, das Objekt <MEAT> zu teilen, ist genauso egoistisch wie die Entscheidung in Simulationsexperiment 1.1, das Objekt <MEAT> für sich zu beanspruchen. Lediglich die gespeicherte Wahrnehmung eines mit hoher Unlust behafteten Situationsausgangs lässt den Agenten diese Entscheidung treffen.

All die eben dargelegten Änderungen zeigen, dass die neuen Lernfunktionen eine Bereicherung für das Projekt SiMA sind. Mit den Lernfunktionen können nicht nur korrekte Wahrnehmungserinnerungen erzeugt werden. Das Modell ist auch in der Lage, neue Objekte zu erlernen und kann durch deren Bewertungen selbstständig den subjektiven Nutzen speichern. Vor allem die Möglichkeit der Neubewertung von Abläufen ermöglicht es dem Agenten, seine Handlungsentscheidungen zu verbessern.

Großer Einfluss auf Lernen und damit die Bildung neuer Erinnerungen haben bestehende Erinnerungen, Triebe und Emotionen im Augenblick des Lernvorgangs. Durch den Einfluss von bestehenden Erinnerungen wird die Vorgeschichte wichtig, da daran neue Erinnerungen angeknüpft werden. Im Primärprozess ist vor allem Gleichzeitigkeit das Kriterium für die Verknüpfung von Erinnerungen. Die daraus entstehenden neuen Verknüpfungen sind oft zufällig und müssen nicht immer passen. Unpassende Zusammenhänge können wieder durch neue Lernerfahrungen verändert werden.

Eine Trennung der Lernfunktionen in überwachtes und unüberwachtes Lernen kann in dem entwickelten Modell nicht getroffen werden, da die Funktionen bei überwachtem und unüberwachtem Lernen tätig werden. Auch das Fallbeispiel kann in beide Richtungen interpretiert werden. Sollte <BODO> die Absicht haben, seine soziale Regel ‚Du musst immer teilen‘ auch <ADAM> beizubringen, so würde es sich um überwachtes Lernen handeln. Reagiert <BODO> jedoch nur, um seine eigenen Ziele durchzusetzen, ohne die Absicht, <ADAM> etwas beibringen zu wollen, so würde <ADAM> aus der Situation eigenständig lernen.

Obwohl der Agent über nur eingeschränkte Erinnerungen verfügt, sind es doch viele Elemente und Assoziationen, die im Langzeitgedächtnis gespeichert sind. In Simulationsexperiment 1 war einzig ein weiteres Element (eine neue Verknüpfung) für eine Verhaltensänderung des Agenten ausschlagge-

bend. Eine wichtige Erkenntnis ergibt sich hier aus der Analyse der Informationsmenge in Simulationsexperiment 1, die der Agent erlernt. In Bezug auf die eine neue Verknüpfung, die im Langzeitgedächtnis erstellt wird, erhöht sich die Informationsmenge um zwei Elemente. Die Elemente sind eine neue Emotion und eine Verknüpfung zwischen dieser Emotion und dem letzten Image des Aktes <A12_EAT_MEAT_L01>. Wäre die Emotion bereits in den Erinnerungen (ähnlich genug) vorhanden, dann würde nur ein Element, die Verknüpfung, erlernt werden. Diese neuen Elemente konnten die Entscheidung des Agenten in einer bestimmten Situation ändern. Das neue Verhalten ermöglicht es dem Agenten, mehr Lust und weniger Unlust aus der Situation zu gewinnen.

Für weitere Arbeiten mit der Simulation von SiMA bieten die Lernfunktionen den Vorteil, dass viele Parameter nicht mehr von Hand eingegeben werden müssen, sondern von Agenten selbstständig erlernt werden können. Das erleichtert die Parametrierung der Simulation und ermöglicht vor allem Resultate, die sich näher an menschlichem Vorbild orientieren.

Simulationsexperiment 1 ist so konzipiert, dass der Agent immer eine identische Situation vorfindet. Jede Veränderung des Verhaltens des Agenten <ADAM> geht damit von den Lernfunktionen und somit von der autonomen Änderung von Erinnerungen aus. Das zeigt nochmals sehr deutlich, welchen Einfluss neu erlernte Erinnerungen auf weitere Simulationen haben. Des Weiteren wird die Einflussnahme von neu erlernten Erinnerungen auf alle weiteren Lernvorgänge, und damit auch alle folgenden Erinnerungen, gezeigt. Zwar war die Einflussnahme der weiteren Simulationen durch die immer identischen Situationen sehr gering, so konnten sie dennoch über die Inspektoren dargestellt werden. Damit konnte auch gezeigt werden, dass sich die Erinnerungen schnell einschwingen und schon nach 2-3 Wiederholungen keine Änderungen mehr ersichtlich sind.

Die aktuelle Implementierung der Wahrnehmung von körperlichem Schmerz (Gesundheitszustand) ist noch unvollständig, genügt aber, um die Auswirkung von körperlichem Schmerz auf den Agenten zu zeigen. Vor allem für die Erweiterung von simulierbaren Szenarien von sozialen Interaktionen ist die Wahrnehmung von körperlichem Schmerz hilfreich. Für die Konditionierung des Agenten ist Schmerz eine sehr gute Methode, da sie sehr schnell hohe negative Emotionen erzeugen kann und sie sehr stark auf die Entscheidungsfindung Einfluss nimmt.

Der zeitliche Ablauf ist beim Lernen von entscheidender Bedeutung. Wenn Zusammenhänge nicht deutlich erkennbar sind oder das Wissen dazu fehlt, ist die Zuordnung von z. B. Aktion und Reaktion nicht gegeben. Aufgrund fehlender Funktionen wie z. B. das Rekapitulieren von Situationen oder logisches Denken, mussten die Zusammenhänge in einer zeitlichen Korrelation stehen, damit sie vom Agenten als zusammenhängend (gleichzeitig aktiviert) wahrgenommen wurden. Durch den Einsatz von Template-Images konnte die Zeitspanne der gleichzeitigen Aktivierung in der Situation ausgedehnt werden. Ein langsamer Abbau der Aktivierungsstärke im Kurzzeitgedächtnis verhalf ebenfalls Dinge zu verknüpfen, die vom Agenten nicht exakt gleichzeitig wahrgenommen wurden.

7.1.3 Ergebnisse von Simulationsexperiment 2

Das Simulationsexperiment 2 zeigt deutlich, wie der Agent sein erlerntes Wissen auf neue unbekannte Agenten anwenden kann. Die Unterscheidung der Agenten aufgrund ihrer Farbe ist für die ersten Versuche ausreichend. Es zeigt sich jedoch, dass dem Agenten wichtige Informationen fehlen, durch die er zu besseren Entscheidungen kommen könnte. In Simulationsexperiment 2.3 könnte der Agent <ADAM> das Objekt <MEAT> ganz essen, ohne es zu teilen. Die oberflächliche Einteilung des Agenten <EMIR> zur Gruppe der aggressiveren Agenten <BODO> und <DOUG> verhindern das jedoch. Hier müssen im Modell weitere Funktionen entwickelt werden, die zusätzliche Informationen zur Verfügung stellen, wie z. B., dass die Farbe nur geringen Einfluss auf die Persönlichkeit eines Agenten hat.

Durch die Erweiterung der Funktionalität von Lernen kann der Agent <ADAM> unterschiedliche Handlungsausgänge an verschiedene Agenten knüpfen. Daher verlernt der Agent <ADAM> seine Erinnerungen an seinen Bruder <CARL> nicht. Da die Erinnerungen nicht verändert werden, kann <ADAM> auch nach den erlernten Erfahrungen mit <BODO> mehr Lust aus der Situation mit <CARL> gewinnen. Dadurch erhöht sich die Menge an Änderungen in den Erinnerungen jedoch signifikant. <ADAM> verändert nicht nur die emotionale Bewertung eines Images, er verknüpft wahrgenommene Objekte zu einem neuen Image und verknüpft dieses mit einer emotionalen Bewertung. Hier zeigt sich, dass die Lernintensität eine gute Größe ist, um die Menge an neuen Veränderungen im Langzeitgedächtnis zu begrenzen.

7.1.4 Ergebnisse von Simulationsexperiment 3

Die Intention von Simulationsexperiment 3 war, den Einfluss der Reihenfolge der unterschiedlichen Erfahrungen mit verschiedenen Agenten zu zeigen. Da in Simulationsexperiment 3 die Reihenfolge der Simulationsdurchläufe (Reihenfolge der Agenten) optimiert wurde, konnte der Agent <ADAM> andere Erfahrungen mit dem Agenten <EMIR> machen. Dadurch konnte der Agent <ADAM> mehr Lust aus den Situationen mit <EMIR> gewinnen. Da die Reihenfolge aber nicht von <ADAM> beeinflusst werden kann, sind die besseren Ergebnisse der Lernfunktionen in Simulationsexperiment 3 den Simulationsbedingungen zuzuschreiben. Damit können die erlernten Erinnerungen durch die Beeinflussung der Umwelt des Agenten <ADAM> optimiert werden.

Es zeigt sich auch, dass der Zeitpunkt und die Art der Erinnerungen des Agenten <ADAM> starken Einfluss auf das Erlernte haben. Eine entsprechende Vorparametrierung von Erinnerungen des Agenten <ADAM> muss daher immer erfolgen und kann mit den hier entwickelten Lernfunktionen nicht entfallen. Das Modell muss immer eine Basis enthalten, an die dann neue Erinnerungen andocken können und der Agent etwas Neues erlernt, das ihm in der simulierten Welt bessere Entscheidungen bei zukünftigen Ereignissen ermöglicht.

7.1.5 Gemeinsame Ergebnisse aus den Simulationsexperimenten 1-3

Die Simulationsexperimente 1-3 konnten damit gemeinsam darstellen, dass der Agent selbstständig neue Erfahrungen erlernt, sie sinnvoll anwenden und einsetzen kann, bessere Entscheidungen dadurch trifft und sie auch auf Situationen mit anderen Agenten anwenden kann.

Verbesserungspotential gibt es bei der Simulationsumgebung, die etwas in die Jahre gekommen ist. Das Simulationsmodell der Psyche wurde durch mehr als 20 Programmierer mit unterschiedlichen Programmierkenntnissen über zehn Jahre lang vorangetrieben. Dadurch sanken Benutzerfreundlichkeit und Geschwindigkeit in Modell und Simulation. Wartungsaufwand und vor allem die Anforderung an spezifisches SiMA-Modell-Wissen stiegen an, sodass es immer schwerer wird, Änderungen am Modell vorzunehmen.

Bei der Simulation zeigte sich auch die Schwierigkeit der richtigen Parametrierung des Modells. Viele Parameter haben Abhängigkeit und führen oft zu unvorhergesehenem Verhalten des Agenten. Vor allem die korrekte Abarbeitung eines kompletten Aktes führte zu Fehlern in der Simulation. Z. B. beendete der Agent einen bereits begonnenen Akt, weil er die Ähnlichkeit des nächsten Images in dem Akt nicht feststellen konnte. Aus dem Ablauf dann Erinnerungen zu erzeugen, die einen identischen weiteren Ablauf beeinflussen sollen, erforderte viel Zeit, Wissensaufbau und eine häufige Änderung der Parametrierung.

Ein Vergleich mit aktuellen Modellen von Maschine Learning ist aufgrund der unterschiedlichen Ziele nicht möglich. In SiMA geht es nicht um die Erzeugung eines spezifischen effizienten Verhaltens, sondern um die Modellierung der menschlichen Psyche und ihrer Simulation. Dennoch konnte mit dem SiMA-Modell gezeigt werden, dass sich beliebige Symbole aus der Wahrnehmung miteinander bzw. mit bestehenden Erinnerungen verknüpfen lassen. Dadurch ist das System bereit, um Änderungen der Umwelt zu erlernen und sich so ständig anpassen zu können, um die eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.

Die Parameter, welche auf die Lernintensität Einfluss haben sind bis jetzt nur auf die Simulationsexperimente 1-3 angepasst. Sie müssen bei Erweiterung der Lernfunktionen ebenfalls erweitert bzw. angepasst werden. Eine genaue Parametrierung war aufgrund der drei Simulationsexperimente nicht möglich, jedoch war es zum Zeigen der korrekten Funktion nicht notwendig. Das entspricht auch dem Status von anderen Funktionen im Projekt SiMA. Wenn das SiMA-Funktionsmodell erweitert wird, müssen Abhängigkeiten zu anderen Funktionen immer berücksichtigt werden. Dadurch erfahren Funktionen im SiMA-Modell laufend Änderungen, um deren Funktionalität in Detailbereichen zu erweitern.

In den Simulationsexperimenten konnte gezeigt werden, dass die Unlust einen wesentlichen Einfluss auf das Erlernen von neuen Erinnerungen hat. Durch die Unlust konnte der Agent erlernen, bestimmte Handlungen in bestimmten Situationen zu vermeiden. Die Lust spielte bei allen Simulationsergebnissen eine untergeordnete Rolle. Die Erarbeitung, wie Lernen mit positiven Wahrnehmungen erfolgt, konnte leider nach den Experimenten mit negativen Wahrnehmungen nicht mehr ausgear-

beitet werden. Eine erste Analyse ergab wie schon bei den Experimenten mit Unlust (Schmerzwahrnehmung) fehlende Funktionalität, die die Simulation von Lernen mit positiven Wahrnehmungen in einem Fallbeispiel ermöglichen. Die Aufarbeitung in diese Richtung bleibt weiteren Arbeiten im Projekt SiMA vorbehalten

Sexualtriebe haben im Fallbeispiel dieser Arbeit keinen Einfluss auf die Entscheidungen und das Lernen eines Agenten. Da alle vollständigen Triebrepräsenzen ab F48 gleich verarbeitet werden, sollte bei entsprechend hoher Parametrierung der Sexualtriebe auch Lernen durch den Einfluss dieser möglich sein. Die technische Funktionalität konnte hierbei geprüft werden. Jedoch fand keine Validierung mittels Fallbeispiel, Simulationsexperiment und interdisziplinärem Review statt.

7.2 Anwendung von SiMA

Das Ziel von SiMA ist ein naturwissenschaftliches Modell der menschlichen Psyche mithilfe der Psychoanalyse zu erarbeiten. Das Ziel dieser Arbeit war die Weiterentwicklung und Validierung dieses Modells. Damit ist die primäre Anwendung von SiMA die Erarbeitung eines ganzheitlichen Modells der menschlichen Psyche. Dieses Modell kann dann zur Validierung von psychoanalytischen Fallbeispielen verwendet werden. Die Funktionalität des Modells ist jedoch noch sehr begrenzt, sodass sich aktuell nur wenige unterschiedliche Fallbeispiele abbilden lassen. Für weitere Fallbeispiele muss das Modell meist erweitert werden. Daher ist die Erstellung eines Fallbeispiels sehr aufwendig. Das aktuelle System steht damit auf dem Scheideweg zwischen dem Neustart des Softwareprojekts (viel Aufwand), um den Aufwand für neue Fallbeispiele zu reduzieren oder viel Aufwand in die Entwicklung neuer Fallbeispiel zu investieren. Bei einer neuen Implementierung sollte vor allem auf Wartbarkeit und Anwenderfreundlichkeit besonderer Wert gelegt werden, damit das Projekt auch von projektfremden Personen schnell verwendet und eingesetzt werden kann.

Eine weitere Anwendung, die sich erst zum Schluss dieser Arbeit ankündigte, ist die Erforschung von unbewussten Entscheidungen und Handlungen, die Menschen treffen bzw. setzen. Unbewusste Handlungen werden von Menschen in Bruchteilen einer Sekunde getroffen und können Menschenleben retten. Die Lebensretter wissen oft gar nicht, auf welcher Grundlage sie diese Entscheidungen getroffen haben. Die Darstellung unbewusster Informationsverarbeitung kann im SiMA-Modell sichtbar gemacht werden. Die Simulation ermöglicht Psychoanalytikern auch die identische Wiederholung von psychischen Abläufen. Psychoanalyse kann damit naturwissenschaftlich nachgeprüft werden. Die Beobachtung von unbewussten Handlungen am Menschen machen Psychoanalytiker klar zu Experten auf dem Gebiet. Ein Wissenstransfer zu Naturwissenschaftlern ist damit die Voraussetzung, um das psychoanalytische Modell nachzubauen und simulieren zu können. Dafür wurde in SiMA eine spezielle Methodik entwickelt, um den Wissenstransfer bestmöglich, widerspruchsfrei und konsistent zu gewährleisten.

Technische Anwendungen sind vorerst nicht das Ziel von SiMA. Dennoch sollte es mit dem SiMA-Modell (nach weiteren Entwicklungen und technischen Optimierungen) möglich sein, Aufgaben zu

lösen, die bis jetzt nur vom Menschen gelöst werden können. Die Simulation menschlichen Verhaltens sollte dieses Ziel möglich machen, wenngleich es für das SiMA-Projekt nicht in naher Zukunft realisiert werden kann. Vor allem die unbewussten Entscheidungen von Menschen sind hier ein Themengebiet, das viel Potential für neue Systeme und Wege ermöglichen könnte. Gerade in der Automobilbranche finden immer mehr und mehr Innovationen im Bereich der KI ihre Anwendung. Schlagworte wie Big-Data oder autonomes Fahren sind hier große Vertreter, die enorme Ressourcen erforderlich machen. Dabei steht in Fahrzeugen aber zumeist nur sehr begrenzt Hardware zur Verfügung, die in Richtung Energieverbrauch und Bauelemente-Verbrauch stark optimiert ist. In modernen Steuergeräten wird Flash-Technologie zur Speicherung von Informationen eingesetzt. Sie bietet viele Vorteile, aber auch Nachteile, wie eine begrenzte Wiederbeschreibbarkeit der einzelnen Zellen. Dabei könnte der Einsatz einer mehrschichtigen Speicherverarbeitung, wie sie in der vorliegenden Arbeit vorgestellt wird, entscheidende Verbesserungen mit sich bringen. Alle wichtigen Informationen werden im Vorfeld zusammengefasst und nur relevante Änderungen werden weitergegeben, die für die Erweiterung (Speicherung zusätzlicher Informationen) der bereits bestehenden Informationen eingesetzt werden. Dadurch könnte der Speicherplatz optimiert und damit verkleinert werden. Wenn Informationen immer nur erweitert werden und nie gelöscht werden, ergeben sich auch neue Chancen für andere Speichertechnologien.

Um eine möglichst optimale Ausnutzung der Akkumulatoren von Elektrofahrzeugen zu gewährleisten, werden Informationen wie Fahrerprofil, gefahrene Strecken, Messwerte des Akkumulators und weitere Fahrzeuginformationen kontinuierlich aufgezeichnet. Dabei wird oft ein vorgewählter Informationsbereich verwendet, der in einem bestimmten Zeitabstand kontinuierlich aufgezeichnet wird, bis der Speicher voll ist. Danach sind alle Messwerte aufgrund des vollen Speichers verloren. Wichtige Ereignisse, die erst nach dem Punkt auftreten, können vorhergegangene Ereignisse nicht mehr verdrängen oder entscheidend beeinflussen. Eine Erweiterung des Speicherplatzes direkt im betreffenden Steuergerät ist meist mit sehr hohen Kosten verbunden und wird daher selten praktiziert. Meist werden zusätzliche Informationsrekorder eingebaut, die aber nur bestimmte Signale aufzeichnen können, welche über die Steuergeräteschnittstelle ausgegeben werden. Alle anderen Werte, die im Steuergerät vorhanden sind, können nicht aufgezeichnet werden.

Die enorme Informationsmenge macht eine Informationsvorverarbeitung, wie sie auch im Projekt SiMA verwendet wird, zu einer sinnvollen Alternative. Die Vernetzung der Informationen und das ‚ins Verhältnis setzen‘ zu bereits bestehenden Informationen ist insbesondere für intelligente Lösungen gedacht, damit nur ‚wichtige‘ Informationen gespeichert werden, die Entscheidungen der Einheit auch verbessern können.

7.3 Ausblick auf zukünftige Arbeiten

Die erarbeiteten Konzepte sind noch weit von einer vollständigen Umsetzung entfernt. Etwa die Generierung von Schmerz oder die Formeln zur Berechnung neuer Bewertungen könnten noch verbessert werden, was aber prinzipiell auf alle Elemente im Softwareprojekt zutrifft. Viele Abhängigkeiten wurden nicht bis ins kleinste Detail aufgelöst. Hier bedarf es einer Nachbearbeitung, die aber viele

Personenjahre an Arbeitszeit kosten wird. Eine Erweiterung, um Denken im Modell zu ermöglichen, könnte das Erlernen von Erinnerungen wesentlich verbessern und mehr Möglichkeiten bei den Simulationsexperimenten zulassen.

Um das Softwareprojekt SiMA für die Zukunft vorzubereiten, sollte es neu gestartet werden. Zu viele individuelle Einflüsse von unterschiedlichen Programmierstilen und Strategien für oftmals dieselbe Funktionalität haben das Softwareprojekt schwerfällig gemacht. In punkto Wartbarkeit und Nachvollziehbarkeit sind viele softwaretechnische Abhängigkeiten durch feste oder verstellbare Parameter gelöst worden. Wie und warum sie implementiert wurden, kann oft nur schwer oder gar nicht mehr nachvollzogen werden. Dazu fehlen dem Softwareprojekt eine detaillierte Designbeschreibung sowie eine Liste der Anforderungen. Da viele Parameter großen Einfluss auf die internen Abläufe und generierten Werte haben, kann man den Agenten immer auch auf Teilfunktionen beschränken und andere Funktionen damit vollständig deaktivieren. Das wirkt für Personen, die das Projekt erweitern wollen, viele Fragen auf, die nicht beantwortet werden können. Selbst die Entwickler der entsprechenden Funktionalität konnten nach einigen Jahren keine Auskunft mehr darüber geben, warum das so umgesetzt wurde. Das liegt vor allem an dem großen Umfang, denn das Projekt in über 20 Jahren erreicht hat.

Das detaillierte Design des Softwareprojekts könnte nachträglich erstellt werden. Hierbei müssten aber viele Detailfragen neu interpretiert werden, was Fehler vorprogrammiert. Die Detailfragen müssen daher unbedingt wieder erneut mit Psychoanalytikern abgeklärt werden. Das aktuelle Bild des SiMA-Funktionsmodells in seiner detailliertesten Ansicht ist aus softwaretechnischer Sicht viel zu grob. Das zeigt sich auch im Programmcode. Oftmals versteckte sich Funktionalität in Funktionen, deren Zweck nicht beschrieben oder ersichtlich war. Eine bessere Trennung von SiMA-Funktion und notwendigen Software-Funktionen, die ebendiese SiMA-Funktion abbilden, würde ein besseres Verständnis, schnellere Einarbeitung und bessere Wartbarkeit sowie weniger Fehler bedeuten. Daher sollte das Softwareprojekt erneut gestartet werden und zuerst mit dokumentierten Softwareanforderungen und dem detaillierten Softwaredesign begonnen werden.

Bevor jedoch mit dem Softwaredesign begonnen wird, sollte eine Software-Architektur definiert werden. Dafür müssen zunächst folgende grundlegende Fragen beantwortet werden: Wo legen die Funktionen ihre Informationen ab? Wie kommunizieren die Funktionen miteinander? Dabei sollte vor allem die Informationsbearbeitung der Funktionen neu entwickelt werden. Das SiMA-Modell selbst gibt dafür bisher keine Auskunft, wie die Anbindung zwischen Informationen und Funktion zu erstellen ist. Die aktuell umgesetzte Methode im Softwareprojekt wirft viele Fragen auf, die immer wieder durch verschiedene softwaretechnische Umgehungen gelöst wurden. Hier muss ein neues einheitliches Rahmenkonzept erstellt werden, um alle Anforderungen abzudecken. Vor allem die aktuell große Menge an Informationen, die von einer Funktion immer an die nächste weitergereicht wird, kann so nicht stimmen, ist aber als erste Lösung sicher praktikabel gewesen. In einer Neuauflage sollte berücksichtigt werden, dass Ergebnisse von SiMA-Funktionen immer im Gedächtnis gespeichert sein müssen. Damit ergibt sich ein neues Schnittstellenbild, da alle Funktionen nur mehr Schnittstellen zum Gedächtnis und nur darüber mit anderen Funktionen verbunden sind. Damit

ergibt sich eine neue Funktionsdefinition, die am Eingang auf veränderte Informationen im Gedächtnis wartet, bei Veränderung der Informationen ein neues Ergebnis berechnet und es wieder im Gedächtnis ablegt.

Die hier vorgeschlagene neue Software-Architektur ist nicht in Stein gemeißelt; dass eine Änderung notwendig ist, wurde jedoch durch die letzten Arbeiten im SiMA-Projekt sichtbar. Vor allem für Lernen gab es keine softwaretechnischen Voraussetzungen, da z. B: die Informationen direkt von einer Funktion zur nächsten gereicht wurden. Hier mussten zusätzliche Schnittstellen gebaut werden, um die Informationen aus den Funktionen herauszuziehen. Da Informationen aber immer auch physikalisch präsent sein müssen, musste hierfür eine Lösung nach und nach eingebaut werden. Eine vollständige Umstellung des ganzen Softwareprojektes war aber nicht praktikabel und zu viele Fehler und weitere Probleme wurden durch die unterschiedlichen softwaretechnischen Verfahren erzeugt. Eine einheitliche Lösung würde hier viel Klarheit bringen.

Ein weiterer Punkt für zukünftige Arbeiten wäre die Verbesserung der Bedienbarkeit der Software Simulation. Damit könnte man die Simulation auch anderen Personen außerhalb der SiMA-Gruppe zugänglich machen. Das würde vor allem das bessere Verständnis für das Projekt SiMA fördern und Kooperationen ermöglichen. Aktuell stehen dem aber tausende von Einstellparametern und Erinnerungen, die nicht vollständig erläutert werden, entgegen.

Eine interessante Aufgabenstellung wäre auch die Sichtbarmachung von unbewussten Entscheidungen und Handlungen, die Menschen in bestimmten Berufen (die aktuell nicht von Maschinen ausgeführt werden können) ausüben. Eine Ausarbeitung in Zusammenarbeit mit einer Person, die diesen Beruf ausübt, und mit Psychoanalytikern könnte viele Vorteile des SiMA-Projekts nutzen. Eventuell könnte sich dann daraus ein technisches System erstellen lassen, das die Aufgaben dann selbstständig, ohne menschliches Zutun, erledigen kann.

Literatur

- [Alb13] Alberini, C. M.: Memory Reconsolidation; Elsevier, Amsterdam [u.a.]; 2013
- [Arn15] Arnold J. C.: Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim forschenden Lernen; Eine Interventionsstudie zur Förderung des wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe; Berlin, Logos Verlag; 2015
- [BDD+15] Brandstätter C., Dietrich D., Doblhammer K., Fittner M., Fodor G., Gelbard F., Huber M., Jakubec M., Kollmann S., Kowarik D., Schaat S., Wendt A., Widholm R.: Natural Scientific, Psychoanalytical Model of the Psyche for Simulation and Emulation; Scientific Report III, https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_240983.pdf, Technische Universität Wien (Austria); 2015
- [BDD00] Bechara A., Damasio H., Damasio A. R.: Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex; Oxford University Press, Cerebral cortex, 10(3), 295-307, DOI: 10.1093/ceror/10.3.295; 2000
- [BDD03] Bechara A., Damasio H., Damasio A. R.: Role of the amygdala in decision-making. in: P. Shinnick-Gallagher, Pitkanen A. (Hrsg.), Shekhar A. (Hrsg.), Cahill L. (Hrsg.): The amygdala in brain function; Basic and clinical approaches (S. 356-369); New York Academy of Sciences, New York, 2003
- [BDF18] Brandstätter C., Doblhammer K., Fittner M.: Functional Integration of Human-Like Localization in a Decision Unit for Autonomous Agents; Conference Paper CCIT 2018; DOI: 10.15224/978-1-63248-149-8-16; 2018
- [BDK+04] Brainin E., Dietrich D., Kastner W., Palensky P., Rösener C.: Neuro-bionic architecture of automation systems; Obstacles and challenges; Proceedings of 2004 IEEE AFRICON, 7th Africon conference in Africa, Technology Innovation, 2:1219–1222; 2004
- [BDZ+13] Bruckner, D., Dietrich, D, Zeilinger, H., Kowarik, D., Palensky, P., Doblhammer, K., Deutsch, T., Fodor, G.: ARS: Eine technische Anwendung von psychoanalytischen Grundprinzipien für die Robotik und Automatisierungstechnik; in: Psychoanalyse im Widerspruch, 2013; S. 57-116
- [BEA15] Baddeley A., Eysenck M. W., Anderson M. C.: Memory; Psychology Press, Second Edition, 2015
- [BGSW13] Bruckner D., Gelbard F., Schaat S., Wendt A.: Validation of cognitive architectures by use cases: Exemplified with the psychoanalytically-inspired ars model implementation; in: Industrial Electronics (ISIE), IEEE, International Symposium, 2013; S. 1-6
- [Bra20] Brandstätter C.: Brain-like Location Awareness and Navigation for Psychoanalytically Inspired Autonomous Agents. Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2020
- [BSW+17] Brandstätter C., Schaat S., Wendt A., Fittner M.: How Agents use Breadcrumbs to Find their Way; Journal of Computers, 12, 89-96; DOI: 10.17706/jcp.12.1.89-96; 2017

- [CA18] Chollet F., Allaire J. J.: Deep Learning mit R und Keras: Das Praxis-Handbuch von den Entwicklern von Keras und RStudio; Mitp Professional Verlag, 2018
- [Cro09] Croix, L.: Der unabwendbare Schmerz des Subjekts; Psychologie und Gesellschaftskritik, 33(3), 33-51; <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssaoar-386450>; 2009
- [Dae03] Däuker H.: Bausteine einer Theorie des Schmerzes; Psychoanalyse – Neuropsychologie – Philosophie; Münster u.a., 2003
- [Dam01] Damasio, A. R.: Ich fühle, also bin ich. Die Entschlüsselung des Bewusstseins; List Verlag (Econ Ullstein List Verlag GmbH), 3. Auflage, 2001
- [Dam03] Damasio, A. R.: Looking for Spinoza: Joy, Sorrow, and the Feeling Brain; ISBN 13: 9780156028714; Harvest Books, 2003
- [Dam94] Damasio, A. R.: Descartes' error and the future of human life; in: Scientific American 271; 1994, Nr. 4
- [DBD+14] Dietrich D., Brandstätter C., Doblhammer K., Fittner M., Fodor G., Gelbard F., Huber M., Jakubec M., Kollmann S., Kowarik D., Schaat S., Wendt A., Widholm R.: Naturwissenschaftliches, psychoanalytisches Modell der Psyche für Simulation und Emulation; Technical Report II; E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2014
- [DBM+10] Dietrich D., Bruckner D., Müller B., Zucker G., Kupzog F.: Abstraction levels for developing a model of an intelligent decision unit; in: 8th IEEE INDIN, 2010; S. 79–85
- [DDL06] Dunn, B. D., Dagleish, T., Lawrence, A. D.: Thesomatic marker hypothesis: A critical evaluation; Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 30, S. 239-271, Epub; DOI: 10.1016/j.neubiorev.2005.07.001; 2006
- [DDS+16] Dietrich, D., Schaat, S., Sauter, T., Doblhammer, K., Jakubec, M., Widholm, R.: Funktionale Abbildung der menschlichen Psyche für die Automatisierungs- und Regelungstechnik; in: e&i Elektrotechnik und Informationstechnik, 133; 2016; Nr. 1, S. 48-51
- [Deu11] Deutsch T.: Human Bionically Inspired Autonomous Agents; The Framework Implementation ARSi11 of the Psychoanalytical Entity Id Applied to Embodied Agents; Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2011
- [DFKU09] Dietrich D., Fodor G., Kastner W., and Ulieru M.: Considering a technical realization of a neuropsychanalytical model of the mind – a theoretical framework; in: Dietrich D., Fodor G., Zucker G., Bruckner D.: Simulating the Mind – A Technical Neuropsychanalytical Approach; S. 99 – 115. Springer, Wien, Erste Ausgabe, 2009; Invited contribution for the 1st ENF - Emulating the Mind, Vienna, 2007
- [DFZB09] Dietrich D., Fodor G., Zucker G., Bruckner D.: Simulating the Mind - A Technical Neuropsychanalytical Approach; Springer Wien, New York; 2009
- [Die00] Dietrich D.: Evolution potentials for fieldbus systems; in: Factory Communication Systems, 2000; Proceedings, IEEE International Workshop, volume 1, S. 145–146, Invited Talk; 2000
- [Die21] Dietrich D.: Simulation the Mind II; Shaker Verlag, Düren; 2021
- [DJS+17] Dietrich D., Jakubec M., Schaat S., Doblhammer K., Fodor G., Brandstaetter C.: The Fourth Outrage of Man - Is the Turing-test Still Up to Date? Artikel im Journal of Computers - JCP 2017; Vol.12(2): 116-126 ISSN: 1796-203X
- [DKM+04] Dietrich D., Kastner W., Maly T., Roesener C., Russ G., Schweinzer H.: Situation Modeling. Factory Communication Systems; Proceedings of the IEEE International Workshop; 2004; S. 93– 102

- [Dob15] Doblhammer K.: Das Selbst eines Roboters; Technical report, Institut für Computertechnik, Technischen Universität Wien; http://sima.ict.tuwien.ac.at/new/wp-content/uploads/2015/02/Das-Selbst-eines-Roboters-abschlussbericht_final_150115.pdf; 2015
- [DPD12] Dietrich D., Palensky P., Dietrich D.: Psychoanalyse und Computertechnik, eine Win-Win-Situation? Die Thematik aufgesetzt auf einen Aufsatz von Frau Leuzinger-Bohleber; psychosozial, 35. Jg. (2012) Heft I (Nr. 127): S. 123–135; 2012
- [DS84] Davis H. P., Squire L. R.: Protein synthesis and memory: a review; Psychological Bulletin, 96(3), S. 518-559; 1984
- [DSBD13] Dietrich D., Schaaf S., Bruckner D., Doblhammer K.: The current state of psychoanalytically-inspired ai - a holistic and unitary model of human psychic processes; Im Protokoll der IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, S. 6664–6669; 2013
- [EW19] Edelmann W., Wittmann S.: Lernpsychologie; 8., vollständig überarbeitete Auflage; PVU Psychologie Verlag Union – Beltz; Weinheim Basel; 2019
- [Fal88] Falkenhausen E. von: Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe (2. Auflage). Köln: Aulis; 1988
- [FB17] Fittner M., Brandstätter C.: Emotional Learning in a Simulated Model of the Mental Apparatus; Conference CSIT; 11-18. DOI: 10.5121/csit.2017.70102; 2017
- [FB18] Fittner M., Brandstätter C.: How Human Inspired Learning Enhances the Behavior of Autonomous Agents; Journal of Computers; DOI: 10.17706/jcp.13.2.154-160; 2018
- [Fre00] Freud S.: Notizen über den „Wunderblock“; in: Gesammelte Werke II/III; London 1952, von Imago Publishing Co., Ltd.; 1900
- [Fre15] Freud S.: Die Verdrängung; Das Unbewusste; in: Gesammelte Werke X, London 1952, von Imago Publishing Co., Ltd.; 1915
- [Fre26] Freud S.: Hemmung, Symptom und Angst; Internationaler Psychoanalytischer Verlag, Leipzig/Wien/Zürich; 1926
- [GB75] Godden D. R., Baddeley A. D.: Context-dependent memory in two natural environments: On land and underwater; British Journal of Psychology, 1975; 66(3); S. 325-331
- [GBC+91] Gallistel C., Brown A.L., Carey S., Gelman R., Keil F.C.: Lessons from animal learning for the study of cognitive development; in: The Epigenesis of Mind, S. 3-36, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ; 1991
- [Gel17] Gelbard F.: Psychoanalytic Defense Mechanisms in Cognitive Multi-Agent Systems; Taylor & Francis Ltd; 2017
- [Glo95] Gloy K.: Das Verständnis der Natur: Die Geschichte des wissenschaftlichen Denkens; 1. Band; Beck; München; 1995
- [GMM10] Gluck M. A., Mercado E., Myers C. E.: Lernen und Gedächtnis; Vom Gehirn zum Verhalten; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg; 2010
- [Gru10] Grube C. R.: Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung; Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I; Dissertation; Universität Kassel; 2010
- [GSK+17] Greff K., Srivastava R. K., Koutnik J., Steunebrink B. R., Schmidhuber J.: LSTM: A Search Space Odyssey. in: IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, Vol. 28, No. 10, S. 2162-2388; DOI: 10.1109/tnnls.2016.2582924; 2017
- [Haw06] Hawkins, J.: Die Zukunft der Intelligenz; Wie das Gehirn funktioniert und was Computer davon lernen können; Deutsch von Monika Niehaus; Rowohlt Taschenbuch Verlag; 2006

- [Heb49] Hebb D. O.: The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory; Taylor & Francis e-Library; Neuauflage, 2009; 1949
- [HOT06] Hinton G. E., Osindero S., Teh Y.-W.: A fast learning algorithm for deep belief nets; in: Neural Computation, 18, S. 1527–1554; DOI: <https://doi.org/10.1162/neco.2006.18.7.1527>; 2006
- [JDF+15] Jakubec M., Doblhammer K., Fittner M., Wendt, A.: Logical thought based on word presentations; in: Proceedings of EAPCogSci, EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science: Vol. 25-27., S. 95-100; 2015
- [Kan06] Kandel E. R.: Psychiatrie, Psychoanalyse und die neue Biologie des Geistes; Suhrkamp, Frankfurt/Main; 2006
- [Kan07] Kandel E. R.: Auf der Suche nach dem Gedächtnis – Die Entstehung einer neuen Wissenschaft des Geistes; Pantheon; 2007
- [Kan99] Kandel E. R.: Biology and the future of psychoanalysis: A new intellectual framework for psychiatry revisited; in: The American Journal of Psychiatry, S. 505-524; 1999
- [Kla90] Klautke S.: Für und wider das Experiment im Biologieunterricht; in: W. Killermann, L. Staack (Hrsg.), Methoden des Biologieunterrichts (S. 70 -83); Köln, Aulis; 1990
- [Kle88] Kleining G.: Heuristisch-qualitative Methoden der Textanalyse; in: H.-J. Hoffmann-Nowotny (Hrsg.), Kultur und Gesellschaft: gemeinsamer Kongreß der Deutschen, der Österreichischen und der Schweizerischen Gesellschaft für Soziologie, Zürich 1988; Beiträge der Forschungskomitees, Sektionen und Ad-hoc-Gruppen (S. 794-795); Seismo Verl., Zürich; DOI: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-145732>; 1988
- [KLM98] Koukkou M., Leuzinger-Bohleber M., Mertens W.: Erinnerung von Wirklichkeiten – Psychoanalyse und Neurowissenschaften im Dialog; Bestandsaufnahme, Band 1. Verlag internationale Psychoanalyse; 1998
- [KSJ13] Kandel E. R., Schwartz J. H., Jessell T. M.: Principles of Neural Science; McGraw-Hill Education Ltd, 5. Aufl.; 2013
- [KSS+16] Kollmann S., Siafara L. C., Schaaf S., Wendt A.: Towards a Cognitive Multi-agent System for Building Control; in: Procedia Computer Science, vol. 88, 2016. DOI: 10.1016/j.procs.2016.07.424
- [KW00] Kandel E. R., Wurtz T. N.: Constructing the visual image; in: E. R. Principles of Neural Science. New York, McGraw-Hill Education Ltd, 4. Aufl. S. 523-547; 2000
- [LA15] Lodato S., Arlotta P.: Generating Neuronal Diversity in the Mammalian Cerebral Cortex; in: Annual Review of Cell and Developmental Biology, 31 (1) 2015-11-13, S. 699–720. DOI: 10.1146/annurev-cellbio-100814-125353; 2015
- [Lan10] Lang R.: A Decision Unit for Autonomous Agents Based on the Theory of Psychoanalysis; Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2010
- [Lis09] List E.: Psychoanalyse; UTB, Stuttgart; 2009
- [LL07] Lang F., Lang P.: Basiswissen Physiologie; 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg; 2007
- [Mer90] Mertens, W.: Psychoanalyse; Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart/Berlin/Köln; 1990
- [MEW09] Michler F., Eckhorn R., Wachtler T.: Using Spatiotemporal Correlations to Learn Topographic Maps for Invariant Object Recognition; Neurophysiol 102: S. 953–964; 2009
- [MSBR06] Martínez-Selva J. M., Sánchez-Navarro J. P., Bechara A., Román, F.: Brain mechanisms involved in decision-making; Revista de Neurologia, 42, S. 411-418; 2006

- [Muc13] Muchitsch C.: Human-like Perception for Psychoanalytically Inspired Reasoning Units; Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2013
- [Nac98] Nachtigall W.: Bionik; Springer-Verlag, Berlin Heidelberg; 2002
- [Pan98] Panksepp J.: Affective Neuroscience, the Foundations of Human and Animal Emotions; Oxford University Press, Inc. 198 Madison Avenue, New York; ISBN 0195096738; 1998
- [Pic97] Picard R. W.: Affective Computing; MIT Press, Cambridge; 1997
- [Pop71] Popper K. R.: Logik der Forschung; 4. Auflage; Mohr Siebeck; Tübingen; 1971
- [PP03] Prenzel M., Parchmann I.: Kompetenz entwickeln: Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken; In: Unterricht Chemie, 14, S. 15-19; 2003
- [PP05] Pratl G.; Palensky P.: Project ARS - the next step towards an intelligent environment; Proceedings of the IEE International Workshop on Intelligent Environments, S. 55–62; 2005
- [RHBP04] Roesener C., Hareter H., Burgstaller W., Pratl G.: Environment simulation for scenario perception models; in: Proceedings of the Factory Communication Systems, IEEE International Workshop, S. 349 – 352; 2004
- [Roe07] Rösener C.: Adaptive Behavior Arbitration for Mobile Service Robots in Building Automation; Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2007
- [Ros58] Rosenblatt F.: The perceptron - a probabilistic model for information storage and organization in the brain; Psychological Review, 65(6), 386–408; DOI: <https://doi.org/10.1037/h0042519>; 1958
- [Rue09] Rüsseler J.: Neuropsychologische Therapie: Grundlagen und Praxis der Behandlung kognitiver Störungen bei neurologischen Erkrankungen; W. Kohlhammer Verlag, Stuttgart; 1. Auflage; 2009
- [Rus03] Russ G.: Situation-dependent Behavior in Building Automation; Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2003
- [Sch02] Schüle J. A.: Autopoietische Realität und konnotative Theorie. Über Balanceprobleme sozialwissenschaftlichen Erkennens; Velbrück Verlag, Weilerswist; 2002
- [Sch14] Schermer F. J.: Lernen und Gedächtnis; W. Kohlhammer Druckerei, Stuttgart, Auflage: 5.; 2014
- [Sch16a] Schaat S.: A case-driven methodology for the interdisciplinary development and examination of mental architectures; in: Procedia Computer Science 88: S. 429–437; 2016
- [Sch16b] Schaat S.: Simulation of Foundational Human Information-Processing in Social Context; Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2016
- [SDW+13] Schaat S., Doblhammer K., Wendt A. Gelbard F., Herret L., Bruckner D.: A psychoanalytically-inspired motivational and emotional system for autonomous agents; in: IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, S. 6648–6652, Wien, Österreich; 2013
- [SHDD14] Schaat S., Huber M., Doblhammer K., Dietrich D.: An Interdisciplinary Approach for a Holistic and Embodied Emotion Model in Humanoid Agents; in: Proceedings of the International Workshop on Artificial Intelligence and Cognition; 2014; S. 16-26
- [SK09] Squire L. R., Kandel E. R.: Gedächtnis; Die Natur des Erinnerns; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2. Aufl.; 2009
- [SMW+15] Schaat S., Miladinovic A., Wilker S., Kollmann S., Dickert S., Geveze E., Gruber V.: Emotion in consumer simulations for the development and testing of recommendations for marketing

- strategies; in: Proceedings of the 3rd Workshop on Emotions and Personality in Personalized Systems, S. 25–32; ACM; 2015
- [Spi12] Spitzer M.: Digitale Demenz; Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen; Droemer Verlag, München; 2012
- [ST02] Solms M., Turnbull O.: The Brain and the Inner World: An Introduction to the Neuroscience of Subjective Experience; Karnac/Other Press, Cathy Miller Foreign Rights Agency, London, England; 2002
- [ST10] Solms M., Turnbull O.: Das Gehirn und die innere Welt; Neurowissenschaft und Psychoanalyse; Patmos Verlag GmbH & Co. KG, Walter Verlag, Düsseldorf und Zürich; ISBN 978-3-530-50650-1; 4. Auflage; 2010
- [SWB13] Schaat S., Wendt A., Bruckner D.: A Multi-Criteria Exemplar Model for Holistic Categorization in Autonomous Agents; in: Proceedings of the 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, S. 6642-6648; 2013
- [SWJ+14] Schaat S., Wendt A., Jakubec M., Gelbard F., Herret L., Dietrich D.: ARS: An AGI Architecture; in: Proceedings of the 7th conference on Artificial General Intelligence, LNAIC, Springer Switzerland; 2014; S. 155-164
- [SWK+15] Schaat S., Wendt A., Kollmann S., Gelbard F., Jakubec M.: Interdisciplinary Development and Evaluation of Cognitive Architectures Exemplified with the SiMA Approach; in: EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science; CEURWS.org; 2015; S. 515-520
- [Tue02] Türcke C.: Erregte Gesellschaft; Philosophie der Sensation; C. H. Beck Verlag, München; ISBN 9783406495212; 2002
- [VB08] Velik R., Bruckner D.: Neuro-symbolic networks: introduction to a new information processing principle; in: Proceedings of 6th IEEE International Conference on Industrial Informatics; 2008; S. 1042-1047
- [Vel08] Velik R.: A Bionic Model for Human-like Machine Perception; Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2008
- [Wal87] Walke B.: Datenkommunikation I; Teil 1: Verteilte Systeme, ISO/OSI-Architekturmodell und Bitübertragungsschicht; Hüthig Buch Verlag, Heidelberg; 1987
- [Wen16] Wendt A.: Experience-Based Decision-Making in a Cognitive Architecture. Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2016
- [WGF+15] Wendt A., Gelbard F., Fittner M., Schaat S., Jakubec M.: Decision-Making in the Cognitive Architecture SiMA; in: The 2015 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2015); 2015
- [Wie09] Wiest G.: Hierarchien in Gehirn, Geist und Verhalten; Ein Prinzip neuraler und mentaler Funktion; Springer-Verlag, Wien; 2009
- [Wie68] Wiener N.: Kybernetik; Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und Maschine; Rowohlt, Auflage: 2.; 1968
- [WKS+18] Wendt A., Kollmann S., Sifara L., Biletskiy Y.: Usage of Cognitive Architectures in the Development of Industrial Applications; in: Proceedings of the 10th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, ICAART 2018, Portugal, ISBN: 978-989-758-275-2; S. 94-101; 2018
- [WM08] Wellnitz N., Mayer J.: Evaluation von Kompetenzstruktur und -niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren; in: D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, T. Riemeier, K. Niebert (Hrsg.): Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7 (S. 129-144); Zehnte Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VBIO; Kassel; Universitätsdruckerei; 2008

- [WS16] Wendt A., Sauter T.: Agent-Based Cognitive Architecture Framework; in: proceedings of IEEE 21th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA); DOI: 10.1109/ETFA.2016.7733696; Berlin, Germany; 2016
- [WWM+18] Wendt A., Wilker S., Meisel M., Sauter T.: A Multi-Agent-Based Middleware for the Development of Complex Architectures, in proceedings of 27th International Symposium on Industrial Electronics 2018 (ISIE); ISBN: 978-1-5386-3704-3; Australia; 2018
- [Zaj01] Zajonc, R.B.: Mere Exposure: A Gateway to the Subliminal; in: Current Directions in Psychological Science, 10 (6), S. 224–228; DOI: 10.1111/1467-8721.00154; Published by Blackwell Publishers Inc.; 2001
- [Zei10] Zeilinger H.: Bionically Inspired Information Representation for Embodied Software Agents; Dissertation, E384 - Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien; 2010
- [ZFB12] Zucker G., Ferhatbegovic T., Bruckner D.: Building Automation for Increased Energy Efficiency in Buildings; DOI: 10.1109/ISIE.2012.6237258; 2012
- [ZKW+16] Zucker G., Sporr A., Kollmann S., Wendt A., Chaido L. S., Fernbach A.: A Cognitive System Architecture for Building Energy Management; IEEE Transactions on Industrial Informatics, 55-1; 2016
- [Zuc15] Wendt A., Habib U., Schaat S., Siafara L. C., Blöchle M., Zucker G.: Building energy management and data analytics; in: 5th Symposium on Communications for Energy systems in Vienna; Austria; 2015
- [ZWS+16] Zucker G., Wendt A., Siafara L. und Schaat S.: A cognitive architecture for building automation; in: Industrial Electronics Society, IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE (pp. 6919-6924); IEEE; 2016

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt wurde. Die aus anderen Quellen oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder in ähnlicher Form in anderen Prüfungsverfahren vorgelegt.

Diepolz, 15. Oktober 2020

Ing. Martin Fittner, MSc

Martin Fittner



Forschungserfahrung

TU Wien – Institut für Computertechnik

- Forschung im Umfeld des Doktorates seit 06/2014

Peer-Review Veröffentlichungen

- Martin Fittner, Christian Brandstätter. Emotional Learning in a Simulated Model of the Mental Apparatus. Conference CSIT. 11-18. 10.5121/esit.2017.70102. 2017.
- Martin Fittner, Christian Brandstätter. How Human Inspired Learning Enhances the Behavior of Autonomous Agents. Journal of Computers. 10.17706/jcp.13.2.154-160. 2018.
- Christian Brandstätter, Klaus Doblhammer, Martin Fittner. Functional Integration of Human-Like Localization in a Decision Unit for Autonomous Agents. Conference Paper CCIT 2018. 10.15224/978-1-63248-149-8-16. 2018.
- C. Brandstätter, M. Fittner: "Enabling smart navigation by incorporating human inspired evaluation of route sections"; Journal of Computers, 13 (2018), 2; pp. 187 - 193.
- Jakubec, M., Doblhammer, K., Fittner, M., & Wendt, A. (2015). Logical thought based on word presentations. Proceedings of EAPCogSci, EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science: Vol. 25-27. (S. 95-100).
- Wendt, A.; Gelbard, F.; Fittner, M.; Schaaf, S.; Jakubec, M.: Decision-Making in the Cognitive Architecture SiMA. In: The 2015 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2015), 2015

Konferenzen

- Präsentation von 2 wissenschaftlichen Publikationen auf der ICOAI 2016
 - How Human Inspired Learning enhances the Behavior of Autonomous Agents
 - Enable smart navigation by incorporating human inspired evaluation of route sections
- Präsentation einer wissenschaftlichen Publikation auf der CCIT 2017
 - Emotional Learning in a Simulated Model of the Mental Apparatus
- Posterpräsentation auf der HBP Student Conference 2017

Lebenslauf

Persönliche Daten

Geboren : 18.02.1984 in Mistelbach
Familienstand : verheiratet, 2 Kinder
Staatsangehörigkeit: Österreich
E-Mail: fittner.martin@gmx.at
Adresse: 2034 Diepolz 104
ORCID:  <https://orcid.org/0000-0003-3941-2849>

BERUFLICHER WERDEGANG

Robert Bosch AG, Wien

07/2008 - heute

Techniker, Softwareentwickler, Systemarchitekt

Bereich: Steuergeräten für die Automobilindustrie. Tuningschutz. Werksprüfsoftware. Tätigkeiten: von Firmware für neue Mikrocontroller bis zur künstlichen Intelligenz im Bereich Antrieboptimierung. Erfahrung mit internationalen Teams. Bereichsübergreifende Entwicklung von Lösungen wie der Fahrberechtigungsprüfungssoftware. Entwicklung der Programmiersoftware für ein Elektroantriebs- und Batteriemangementsteuergeräte sowie deren Kommunikation untereinander.

IVM Technical Consultants Wien Gesellschaft m. b. H., Vösendorf

09/2007 – 06/2008

Test-Team Manager

Leitung und Mitarbeit im Test-Team für Webasto Standheizungen. Verschiedene Seminare zum Thema Projektmanagement, Zeitmanagement, ...

Benedict GmbH, Wien

07/2004 - 09/2007

Test-Ingenieur und Änderungsmanagement

Prüfung von Leistungsschutzschaltern, Schaltgeräte und Kondensatorschütze. Erstellung von Leistungsdatenetiketten. Änderungsmanagement für Leistungsschutzschalter

AUSBILDUNG

TU Wien – Institut für Computertechnik

■ **Doktorat – Doktor der Technik** 06/2014 – 01/2021
"Best oral presentation" – ICOAI 2016 KONFERENZ

FH Technikum Wien

■ **Master of Science in Engineering** 09/2006 - 06/2008
Teamleitung Projektteam

FH Technikum Wien

■ **Bachelor of Science in Engineering** 09/2004 - 06/2006

HTL Hollabrunn – Steuerungs- und Regelungstechnik

■ **Ingenieur** 09/1998 - 06/2003

Diepolz, am 15.10.2020

(WPX3ACTION3APICKUP)of _OBSOLETE_WP3ACTION(value "PICKUP")
(WPX3ACTION3ASLEEP)of _OBSOLETE_WP3ACTION(value "SLEEP")
(WPX3ACTION3ATURN_LEFT)of _OBSOLETE_WP3ACTION(value "TURN_LEFT")
(WPX3ACTION3ATURN_RIGHT)of _OBSOLETE_WP3ACTION(value "TURN_RIGHT")
(WPX3AARSIN01)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "ARMSINO")
(WPX3AARSIN02)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "CARL")
(WPX3ABITE)of WP3ACONTENT(value "BITE")
(WPX3ACAN)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "CAN")
(WPX3ACARROT)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "CARROT")
(WPX3ACONDITION3ACYCLIC_ACT)of WP3ACONDITION(value "CYCLIC_ACT")
(WPX3ACONDITION3AINDIVIDUALMOVEMENTTIMEOUT)of WP3ACONDITION(value "2")
(WPX3ACONDITION3AINDIVIDUALMOVEMENTTIMEOUT25)of WP3ACONDITION(value "25")
(WPX3ACONDITION3AINDIVIDUALMOVEMENTTIMEOUT50)of WP3ACONDITION(value "50")
(WPX3ACONDITION3AObSTACLE_SOLVING)of WP3ACONDITION(value "ObSTACLE_SOLVING")
(WPX3ACONDITION3ASTART_METH_FIRST_IMAGE)of WP3ACONDITION(value "START_METH_FIRST_IMAGE")
(WPX3ADEPOSIT)of WP3ACONTENT(value "DEPOSIT")
(WPX3ADISTANCER3ACARRYING)of WP3ADISTANCE(value "CARRYING")
(WPX3ADISTANCER3AEATABLE)of WP3ADISTANCE(value "EATABLE")
(WPX3ADISTANCER3AFAR)of WP3ADISTANCE(value "FAR")
(WPX3ADISTANCER3AMANIPULATEABLE)of WP3ADISTANCE(value "MANIPULATEABLE")
(WPX3ADISTANCER3AMEDIUM)of WP3ADISTANCE(value "MEDIUM")
(WPX3ADISTANCER3ANEAR)of WP3ADISTANCE(value "NEAR")
(WPX3ADISTANCER3ANODDISTANCE)of WP3ADISTANCE(value "NODDISTANCE")
(WPX3ADISTANCER3AOUTOF_SIGHT)of WP3ADISTANCE(value "OUTOF_SIGHT")
(WPX3AEMPTYSPACE)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "EMPTYSPACE")
(WPX3AHIGHNEGATIVE)of WP3AINTENSITY(value "HIGHNEGATIVE")
(WPX3AHIGHPOSITIVE)of WP3AINTENSITY(value "HIGHPOSITIVE")
(WPX3AINSIGNIFICANT)of WP3AINTENSITY(value "INSIGNIFICANT")
(WPX3ALOCATION3AEATABLE)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "EATABLE")
(WPX3ALOCATION3AFARCENTER)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "FARCENTER")
(WPX3ALOCATION3AFARLEFT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "FARLEFT")
(WPX3ALOCATION3AFARMIDDLELEFT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "FARMIDDLELEFT")
(WPX3ALOCATION3AFARMIDDLERIGHT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "FARMIDDLERIGHT")
(WPX3ALOCATION3AFARRIGHT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "FARRIGHT")
(WPX3ALOCATION3AMANIPULATEABLE)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "MANIPULATEABLE")
(WPX3ALOCATION3AMEDIUMCENTER)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "MEDIUMCENTER")
(WPX3ALOCATION3AMEDIUMLEFT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "MEDIUMLEFT")
(WPX3ALOCATION3AMEDIUMMIDDLELEFT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "MEDIUMMIDDLELEFT")
(WPX3ALOCATION3AMEDIUMMIDDLERIGHT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "MEDIUMMIDDLERIGHT")
(WPX3ALOCATION3AMEDIUMRIGHT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "MEDIUMRIGHT")
(WPX3ALOCATION3ANEARCENTER)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "NEARCENTER")
(WPX3ALOCATION3ANEARLEFT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "NEARLEFT")
(WPX3ALOCATION3ANEARMIDDLELEFT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "NEARMIDDLELEFT")
(WPX3ALOCATION3ANEARMIDDLERIGHT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "NEARMIDDLERIGHT")
(WPX3ALOCATION3ANEARRIGHT)of _OBSOLETE_WP3ALOCATION(value "NEARRIGHT")
(WPX3ALOWNEGATIVE)of WP3AINTENSITY(value "LOWNEGATIVE")
(WPX3ALOWPOSITIVE)of WP3AINTENSITY(value "LOWPOSITIVE")
(WPX3AMEATBASIC)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "MEAT")
(WPX3AMEATRODDEN)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "MEATRODDEN")
(WPX3ANEGATIVE)of WP3AINTENSITY(value "NEGATIVE")
(WPX3ANOURISH)of WP3ACONTENT(value "NOURISH")
(WPX3AOBJECT)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "ENTITY")
(WPX3APLEASURE)of WP3ACONTENT(value "PLEASURE")
(WPX3APOSITION3ACENTER)of WP3APOSITION(value "CENTER")
(WPX3APOSITION3ALEFT)of WP3APOSITION(value "LEFT")
(WPX3APOSITION3AMIDDLE_LEFT)of WP3APOSITION(value "MIDDLE_LEFT")
(WPX3APOSITION3AMIDDLE_RIGHT)of WP3APOSITION(value "MIDDLE_RIGHT")
(WPX3APOSITION3ARIGHT)of WP3APOSITION(value "RIGHT")
(WPX3APOSITION3AUNKNOWNPOSITION)of WP3APOSITION(value "UNKNOWNPOSITION")
(WPX3APOSITIVE)of WP3AINTENSITY(value "POSITIVE")
(WPX3ARBOT)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "ROBOT")
(WPX3ARELATION3AFTER)of _OBSOLETE_WP3ARELATION(value "AFTER")
(WPX3ARELATION3AOR)of _OBSOLETE_WP3ARELATION(value "OR")
(WPX3ARELATION3ATOP)of _OBSOLETE_WP3ARELATION(value "TOP")
(WPX3ARELATION3AUNDEFINED)of _OBSOLETE_WP3ARELATION(value "UNDEFINED")
(WPX3ARELAX)of WP3ACONTENT(value "RELAX")
(WPX3AREPRESS)of WP3ACONTENT(value "REPRESS")
(WPX3ASELF_SASCT)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "SELF")
(WPX3ASLEEP)of WP3ACONTENT(value "SLEEP")
(WPX3ASMARTECREMENT)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "SMARTCREMENT")
(WPX3ASTONE)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "STONE")
(WPX3ATOILET01)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "TOILET")
(WPX3AUNPLEASURE)of WP3ACONTENT(value "UNPLEASURE")
(WPX3AWALL)of _OBSOLETE_WP3AENTITY(value "WALL")
(WPX3AACTION3A1_BEAT)of WPX3AACTION3A1(value "BEAT")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_BITE)of WPX3AACTION3A1(value "BITE")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_CHOOSE_INVENTORY)of WPX3AACTION3A1(value "CHOOSE_INVENTORY")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_CROUCH)of WPX3AACTION3A1(value "CROUCH")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_DEPOSIT)of WPX3AACTION3A1(value "DEPOSIT")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_DIVIDE)of WPX3AACTION3A1(value "DIVIDE")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_DROP)of WPX3AACTION3A1(value "DROP")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_EAT)of WPX3AACTION3A1(value "EAT")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_FIRE)of WPX3AACTION3A1(value "FIRE")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_FLEE)of WPX3AACTION3A1(value "FLEE")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_GIVE)of WPX3AACTION3A1(value "GIVE")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_GOTO)of WPX3AACTION3A1(value "GOTO")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_DUMP)of WPX3AACTION3A1(value "DUMP")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_LEECH)of WPX3AACTION3A1(value "LEECH")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_MOVE_FORWARD)of WPX3AACTION3A1(value "MOVE_FORWARD")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_PICK_UP)of WPX3AACTION3A1(value "PICK_UP")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_RELAX)of WPX3AACTION3A1(value "RELAX")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_REPRESS)of WPX3AACTION3A1(value "REPRESS")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_SHARE_FOOD)of WPX3AACTION3A1(value "SHARE_FOOD")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_SLEEP)of WPX3AACTION3A1(value "SLEEP")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_SPEAK_EAT)of WPX3AACTION3A1(value "SPEAK_EAT")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_SPEAK_SHARE)of WPX3AACTION3A1(value "SPEAK_SHARE")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_SPEAK_WELCOME)of WPX3AACTION3A1(value "SPEAK_WELCOME")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_SPEAK_YES)of WPX3AACTION3A1(value "SPEAK_YES")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_SUCK)of WPX3AACTION3A1(value "SUCK")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_TURN_LEFT)of WPX3AACTION3A1(value "TURN_LEFT")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_TURN_LEFT90)of WPX3AACTION3A1(value "TURN_LEFT90")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_TURN_RIGHT)of WPX3AACTION3A1(value "TURN_RIGHT")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A1_TURN_RIGHT90)of WPX3AACTION3A1(value "TURN_RIGHT90")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A12_FLEE)of WPX3AACTION3A12(value "FLEE")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A12_FOLLOW_TARGET)of WPX3AACTION3A12(value "FOLLOW_TARGET")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A12_STRAFE_LEFT)of WPX3AACTION3A12(value "STRAFE_LEFT")(value_type "ACTION")
(WPX3AACTION3A12_STRAFE_RIGHT)of WPX3AACTION3A12(value "STRAFE_RIGHT")(value_type "ACTION")
(WPX3AENTITY3AARSIN)of WP3AENTITY(value "CARL")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3AACAN)of WP3AENTITY(value "CAN")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3ACARROT)of WP3AENTITY(value "CARROT")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3AEMPTYSPACE)of WP3AENTITY(value "EMPTYSPACE")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3AENTITY)of WP3AENTITY(value "ENTITY")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3AENTRANCE)of WP3AENTITY(value "ENTRANCE")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3AMOTHERS_BREAST)of WP3AENTITY(value "MOTHERS_BREAST")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3APLANT)of WP3AENTITY(value "PLANT")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3ASELF)of WP3AENTITY(value "SELF")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3ASMARTECREMENT)of WP3AENTITY(value "SMARTCREMENT")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3ASTONE)of WP3AENTITY(value "STONE")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3ATOILET)of WP3AENTITY(value "TOILET")(value_type "ENTITY")
(WPX3AENTITY3AWALL)of WP3AENTITY(value "WALL")(value_type "ENTITY")
(WPX3AIMAGE3AAB6_BEAT_CARL_L01)of WP3AIMAGE(value "AB6_BEAT_CARL_L01")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AAB6_BEAT_CARL_L01_01)of WP3AIMAGE(value "AB6_BEAT_CARL_L01_01")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AAB6_BEAT_CARL_L01_02)of WP3AIMAGE(value "AB6_BEAT_CARL_L01_02")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AAB6_BEAT_CARL_L01_03)of WP3AIMAGE(value "AB6_BEAT_CARL_L01_03")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_01)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_01")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_02)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_02")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_03)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_03")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_04)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_04")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_05)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_05")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_06)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_06")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_07)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_07")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_08)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_08")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_09)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_09")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_10)of WP3AIMAGE(value "A10_DIVIDE_MEAT_L01_10")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA12_EAT_MEAT_L01)of WP3AIMAGE(value "A12_EAT_MEAT_L01")(value_type "RI")
(WPX3AIMAGE3AA12_EAT_MEAT_L01_01)of WP3AIMAGE(value "A12_EAT_MEAT_L01_01")(value_type "RI")

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



```

((WPMK3A1IMAGE3AA12_EAT_MEAT_L01_I02)of WPMK3A1IMAGE(value "A12_EAT_MEAT_L01_I02")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA12_EAT_MEAT_L01_I03)of WPMK3A1IMAGE(value "A12_EAT_MEAT_L01_I03")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA12_EAT_MEAT_L01_I04)of WPMK3A1IMAGE(value "A12_EAT_MEAT_L01_I04")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA13_GIVE_MEAT_L01)of WPMK3A1IMAGE(value "A13_GIVE_MEAT_L01")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA13_GIVE_MEAT_L01_I01)of WPMK3A1IMAGE(value "A13_GIVE_MEAT_L01_I01")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA13_GIVE_MEAT_L01_I02)of WPMK3A1IMAGE(value "A13_GIVE_MEAT_L01_I02")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA13_GIVE_MEAT_L01_I03)of WPMK3A1IMAGE(value "A13_GIVE_MEAT_L01_I03")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA13_GIVE_MEAT_L01_I04)of WPMK3A1IMAGE(value "A13_GIVE_MEAT_L01_I04")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA13_GIVE_MEAT_L01_I05)of WPMK3A1IMAGE(value "A13_GIVE_MEAT_L01_I05")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA14_FLEE_CARL_L01)of WPMK3A1IMAGE(value "A14_FLEE_CARL_L01")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA14_FLEE_CARL_L01_I01)of WPMK3A1IMAGE(value "A14_FLEE_CARL_L01_I01")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AA14_FLEE_CARL_L01_I02)of WPMK3A1IMAGE(value "A14_FLEE_CARL_L01_I02")(value_type "RI"))
((WPMK3A1IMAGE3AS01_CARL_MEAT)of WPMK3A1IMAGE(value "S01_CARL_MEAT")(value_type "RI"))
((ASSOCIATIONEMOTION3AANGEM_ASSOCIATION_EMOTION3AANKIETY)of ASSOCIATIONEMOTION(element [TPMK3A1IMAGE3AA12_EAT_MEAT_L01_I04][EMOTION3AANGEM_ASSOCIATIONEMOTION3AANKIETY])(weight 1.0 1.0))
((ASSOCIATIONATTRIBUTE3ACARL_ANGERS3AEMOTION)of ASSOCIATIONATTRIBUTE(element [BODYSTATE3ACARL_ANGERS][EMOTION3ACARL3ABODYSTATE3AANGER])(weight 1.0 1.0))

```

A.3 Körperparameter <ADAM>:

```

#Stomach System
STOMACHSYSTEM.STARTLEVEL_STOMACH.value = 1.5
STOMACHSYSTEM.STARTLEVEL_STOMACH.description = Stomach fill-level at startup (Divides on 7 ingredients)
STOMACHSYSTEM.STARTLEVEL_RECTUM.value = 0.5
STOMACHSYSTEM.STARTLEVEL_RECTUM.description = Rectum fill-level at startup (Start value of Excrement in the Stomach System)
STOMACHSYSTEM.DIGEST_SPEED.value = 0.005
STOMACHSYSTEM.DIGEST_SPEED.description = Digest speed of the stomach system in food/step
#Internal system
INTERNAL_SYSTEM.ENERGY_CONSUMPTION_FACTOR.value = 1.0
INTERNAL_SYSTEM.ENERGY_CONSUMPTION_FACTOR.description = Scales the consumed energy from the body. (-> how fast the agent is hungry again)

```

A.4 Persönlichkeitsparameter für alle Agenten <ADAM>:

```

#F07 Super ego reactive
F07.SUPER_EGO_STRENGTH.value=0.5
F07.SUPER_EGO_STRENGTH.description=This parameter adjusts the strength of the super-ego
F07.SUPER_EGO_RULES_FILE.value=SuperEgoRules_EC2
F07.SUPER_EGO_RULES_FILE.description=The default-file containing the super ego rules for the forbidden drives
F07.PSYCHIC_ENERGY_THRESHOLD.value=0.01
F07.PSYCHIC_ENERGY_THRESHOLD.description=Defines needed amount of energy of the internalized rules
F07.PSYCHIC_ENERGY_PRIORITY.value=1
F07.PSYCHIC_ENERGY_PRIORITY.description=Defines the priority of the module to get psychic energy
F07.MODULE_STRENGTH.value=1.0
F07.MODULE_STRENGTH.description=This parameter determines how strong a module is against each other when requesting and competing for psychic intensity.
F07.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.value=0.15
F07.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.description=This parameter determines initial psychic intensity requested by the module.

#F14 External Perception //Koller
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_PLEASURE.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_PLEASURE.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of pleasure in other bodystates.
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_UNPLEASURE.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_UNPLEASURE.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of unpleasure in other bodystates.
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_AGGRESSION.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_AGGRESSION.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of aggression in other bodystates.
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_LIBIDO.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_LIBIDO.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of libido in other bodystates.
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_INTENSITY.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_INTENSITY.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of emotion intensity in other bodystates.

#F21 Transformation to Secondary Process (perception)
F21.MODULE_STRENGTH.value=0.5
F21.MODULE_STRENGTH.description=This parameter determines how strong a module is against each other when requesting and competing for psychic intensity.
F21.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.value=0.5
F21.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.description=This parameter determines initial psychic intensity requested by the module.
#F21.INFLUENCE_FACTOR_DRIVEDEMAND.value=2.0
#F21.INFLUENCE_FACTOR_DRIVEDEMAND.description=The drive demand importance of an act is multiplied by this factor before combining it, via non-proportional aggregation, with the feelings importance

#F26 Decision Making
F26.NUMBER_OF_GOALS_TO_PASS.value=10
F26.NUMBER_OF_GOALS_TO_PASS.description=Adjust the number of goals to forward
F26.AFFECT_THRESHOLD.value=0.01
F26.AFFECT_THRESHOLD.description=Threshold of letting through drive goals
F26.AVOID_INTENSITY.value=1
F26.AVOID_INTENSITY.description=not in use now
F26.MODULE_STRENGTH.value=1.0
F26.MODULE_STRENGTH.description=This parameter determines how strong a module is against each other when requesting and competing for psychic intensity.
F26.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.value=0.15
F26.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.description=This parameter determines initial psychic intensity requested by the module.
F26.INFLUENCE_FACTOR_DRIVEDEMAND.value=0.75
F26.INFLUENCE_FACTOR_DRIVEDEMAND.description=The drive demand importance of an act is multiplied by this factor before combining it, via non-proportional aggregation, with the feelings importance

#F37 Binial repression for perception
F37.ACTIVATION_THRESHOLD.value=0.5
F37.ACTIVATION_THRESHOLD.description=Minimum match factor a repressed drive must achieve to be activated
F37.ACTIVATION_LIMIT.value=3
F37.ACTIVATION_LIMIT.description=Limit do adjust the maximum number of activated repressed drives

#F39 Seekingsystem (libido source)
F39.LIBIDO_IMPACT_FACTOR.value=0.2
F39.LIBIDO_IMPACT_FACTOR.description= The libido stream input will be multiplied with these factor to set the height of the sexual drives

#F45 Libido Discharge
F45.MATCH_THRESHOLD.value=0.7
F45.MATCH_THRESHOLD.description= Threshold for the matching process of images
F45.PERCEPTION_REDUCE_FACTOR.value=0.2
F45.PERCEPTION_REDUCE_FACTOR.description= With this factor, the attached libido DM of an image is multiplied.
F45.MEMORY_REDUCE_FACTOR.value=0.05
F45.MEMORY_REDUCE_FACTOR.description=With this factor, the attached libido DM of a memory is multiplied
F45.FANTASY_REDUCE_FACTOR.value 0.01
F45.FANTASY_REDUCE_FACTOR.description=

#F46 Memory Traces For Perception
F46.MATCH_THRESHOLD.value=0.1
F46.MATCH_THRESHOLD.description=Threshold for the matching process of images

#F51 Reality Check wish fulfillment
F51.MOMENT_ACTIVATION_THRESHOLD.value=1.0
F51.MOMENT_ACTIVATION_THRESHOLD.description=
F51.MOMENT_MIN_RELEVANCE_THRESHOLD.value=0.2
F51.MOMENT_MIN_RELEVANCE_THRESHOLD.description=
F51.CONFIRMATION_PARTS.value=3
F51.CONFIRMATION_PARTS.description=
F51.REDUCEFACTOR_FOR_DRIVES.value=1.0
F51.REDUCEFACTOR_FOR_DRIVES.description=
F51.AFFECT_THRESHOLD.value=3
F51.AFFECT_THRESHOLD.description=

#F56 Desexualization Neutralization
F56.INTENSITY_REDUCTION_RATE_SEXUAL.value=0.9
F56.INTENSITY_REDUCTION_RATE_SEXUAL.description=Determines how much energy is reduced
F56.INTENSITY_REDUCTION_RATE_SELF_PRESERV.value=0.9
F56.INTENSITY_REDUCTION_RATE_SELF_PRESERV.description=Determines how much energy is reduced

#F57 Memory Traces For Drives
F57.THRESHOLD_MATCH_FACTOR.value=0.0
F57.THRESHOLD_MATCH_FACTOR.description=
F57.THRESHOLD_PLEASURE_FACTOR.value=0.2
F57.THRESHOLD_PLEASURE_FACTOR.description=

#F63 Composition of Emotions
F63.RELATIV_THRESHOLD.value=0.7
F63.RELATIV_THRESHOLD.description= threshold to determine in which case domination of an emotion occurs
F63.THRESHOLD_RANGE.value=0.1

```



```

(EMOTIONK3ASELFK3ABODYSTATEK3AMOURNING)of EMOTION(emotionIntensity 0.8)(intensityDeviation 0.0)(sourceAggr 0.0)(sourceLibid 0.7)(sourcePleasure 0.0)(sourceUnpleasure 0.7)(value "MOURNING")(value_type "BASICEMOTION")
(EMOTIONK3AEFLK3ALIKE)of EMOTION(emotionIntensity 0.0)(intensityDeviation 0.0)(sourceAggr 0.0)(sourceLibid 0.0)(sourcePleasure 0.5)(sourceUnpleasure 0.0)(value "JOY")(value_type "BASICEMOTION")
(EXPRESSIONK3ACHEEKS_REDNINGK3AHIGH)of EXPRESSION(value "HIGH")(value_type "CHEEKS_REDNING")
(EXPRESSIONK3ACHEEKS_REDNINGK3AMED)of EXPRESSION(value "MED")(value_type "CHEEKS_REDNING")
(EXPRESSIONK3ACHEEKS_REDNINGK3ADOWN)of EXPRESSION(value "DOWN")(value_type "EYE_BROW_CENTER")
(EXPRESSIONK3AEVE_BROW_CENTERK3ADOWN)of EXPRESSION(value "DOWN")(value_type "EYE_BROW_CENTER")
(EXPRESSIONK3AEVE_BROW_CENTERK3AUP)of EXPRESSION(value "UP")(value_type "EYE_BROW_CENTER")
(EXPRESSIONK3AEVE_BROW_CENTERK3ADOWN)of EXPRESSION(value "DOWN")(value_type "EYE_BROW_CORNERS")
(EXPRESSIONK3AEVES_CRYING_INTENSITYK3AHIGH)of EXPRESSION(value "HIGH")(value_type "EYES_CRYING_INTENSITY")
(EXPRESSIONK3AGENERAL_SWEATK3AHIGH)of EXPRESSION(value "HIGH")(value_type "GENERAL_SWEAT")
(EXPRESSIONK3AGENERAL_SWEATK3AMED)of EXPRESSION(value "MED")(value_type "GENERAL_SWEAT")
(EXPRESSIONK3AMOUTH_OPENK3ACLOSED)of EXPRESSION(value "CLOSED")(value_type "MOUTH_OPEN")
(EXPRESSIONK3AMOUTH_OPENK3AOPEN)of EXPRESSION(value "OPEN")(value_type "MOUTH_OPEN")
(EXPRESSIONK3AMOUTH_SIDESK3ADOWN)of EXPRESSION(value "DOWN")(value_type "MOUTH_SIDES")
(EXPRESSIONK3AMOUTH_SIDESK3AUP)of EXPRESSION(value "UP")(value_type "MOUTH_SIDES")
(EXPRESSIONK3AMOUTH_STRETCHNESSK3ASTRETCHED)of EXPRESSION(value "STRETCHED")(value_type "MOUTH_STRETCHNESS")
(EXPRESSIONK3ASHAKE_INTENSITYK3AHIGH)of EXPRESSION(value "HIGH")(value_type "SHAKE_INTENSITY")
(EXPRESSIONK3ASHAKE_INTENSITYK3ALOW)of EXPRESSION(value "LOW")(value_type "SHAKE_INTENSITY")
(EXPRESSIONK3ASHAKE_INTENSITYK3AMED)of EXPRESSION(value "MED")(value_type "SHAKE_INTENSITY")
(FeelingK3AangerK3A07)of FEELING(feelingIntensity 0.8)(type "FEELING")(value "ANGER")(value_type "BASICFEELING")
(FeelingK3AMixityK3A03)of FEELING(feelingIntensity 0.3)(value "MIXITY")(value_type "BASICFEELING")
(HANDS)of K3ASTANDARD-CLASS(K3ASLOT-CONSTRAINTS (K3AS10 class8))
(PRIK3AA06_BEAT_DOU0_L01_I01K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA06_BEAT_DOU0_L01_I01K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA06_BEAT_DOU0_L01_I01K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA06_BEAT_DOU0_L01_I02K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA06_BEAT_DOU0_L01_I02K3ASTONE)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASTONEK3ASTONE01])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I01K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I01K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I01K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I01K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I02K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I02K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I04K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I04K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I05K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I06K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I07K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I07K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I08K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA10_DIVIDE_MEAT_L01_I09K3AMPYSPACE)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMPYSPACE01])
(PRIK3AA11_GET_DIVIDED_MEAT_L01_I01K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA11_GET_DIVIDED_MEAT_L01_I01K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA11_GET_DIVIDED_MEAT_L01_I01K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA11_GET_DIVIDED_MEAT_L01_I01K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA12_EAT_MEAT_L01_I01K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA12_EAT_MEAT_L01_I01K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA12_EAT_MEAT_L01_I01K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA12_EAT_MEAT_L01_I02K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA12_EAT_MEAT_L01_I02K3AMPYSPACE)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMPYSPACE01])
(PRIK3AA13_GIVE_MEAT_L01_I01K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA13_GIVE_MEAT_L01_I01K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA13_GIVE_MEAT_L01_I02K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA13_GIVE_MEAT_L01_I03K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA13_GIVE_MEAT_L01_I03K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA13_GIVE_MEAT_L01_I04K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA13_GIVE_MEAT_L01_I05K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA14_FLEE_DOU0_L01_I01K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AA14_FLEE_DOU0_L01_I01K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(PRIK3AA14_FLEE_DOU0_L01_I02K3ASELF)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASELFK3ASELF_B000])
(PRIK3AA14_FLEE_DOU0_L01_I02K3ASTONE)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3ASTONEK3ASTONE01])
(PRIK3AACTIONK3A06_BEAT_DOU0_L01_I01K3AGOTO)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AACTIONK3AL1_GOTO])
(PRIK3AACTIONK3A10_DIVIDE_MEAT_L01_I01K3AGOTO)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AACTIONK3AL1_GOTO])
(PRIK3AACTIONK3A10_DIVIDE_MEAT_L01_I04K3AGOTO)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AACTIONK3AL1_GOTO])
(PRIK3AACTIONK3A10_DIVIDE_MEAT_L01_I07K3AGOTO)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AACTIONK3AL1_GOTO])
(PRIK3AACTIONK3A11_DIVIDE_MEAT_L01_I01K3AMAIT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AACTIONK3AL1_SHARE_FOOD])
(PRIK3AACTIONK3A12_EAT_MEAT_L01_I01K3AGOTO)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AACTIONK3AL1_GOTO])
(PRIK3AACTIONK3A13_GIVE_MEAT_L01_I01K3AGOTO)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AACTIONK3AL1_GOTO])
(PRIK3AACTIONK3A13_GIVE_MEAT_L01_I03K3AGOTO)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AACTIONK3AL1_GOTO])
(PRIK3AACTIONK3A14_FLEE_DOU0_L01_I01K3AFLEE)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AACTIONK3AL1_FLEE])
(PRIK3AACTIONK3A06_BEAT_DOU0_L01_I01K3AD00G)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AARSINK3AD00G])
(PRIK3AACTIONK3A06_BEAT_DOU0_L01_I01K3AMEAT)of PRIMARYINSTANEOBJECT(instance_type [TPM3AENTITYK3AMEATK3ABASIC])
(TP3AACTIONK3ADANCE_1)of OBSOLETE_ACTION(value "DANCE_1")
(TP3AACTIONK3ADANCE_2)of OBSOLETE_ACTION(value "DANCE_2")
(TP3AACTIONK3ADROP)of OBSOLETE_ACTION(value "DROP")
(TP3AACTIONK3AEAT)of OBSOLETE_ACTION(value "EAT")
(TP3AACTIONK3AEXCREMENT)of OBSOLETE_ACTION(value "EXCREMENT")
(TP3AACTIONK3AKISS)of OBSOLETE_ACTION(value "KISS")
(TP3AACTIONK3AMOVE_BACKWARD)of OBSOLETE_ACTION(value "MOVE_FORWARD")
(TP3AACTIONK3AMOVE_FORWARD)of OBSOLETE_ACTION(value "MOVE_FORWARD")
(TP3AACTIONK3APICKUP)of OBSOLETE_ACTION(value "PICKUP")
(TP3AACTIONK3ASLEEP)of OBSOLETE_ACTION(value "SLEEP")
(TP3AACTIONK3ATURN_LEFT)of OBSOLETE_ACTION(value "TURN_LEFT")
(TP3AACTIONK3ATURN_RIGHT)of OBSOLETE_ACTION(value "TURN_RIGHT")
(TP3ADISTANCEK3ACARRYING)of DISTANCE(value "CARRYING")
(TP3ADISTANCEK3AFAR)of DISTANCE(value "FAR")
(TP3ADISTANCEK3AFAR)of DISTANCE(value "FAR")
(TP3ADISTANCEK3AMANIPULATABLE)of DISTANCE(value "MANIPULATABLE")
(TP3ADISTANCEK3AMEDIUM)of DISTANCE(value "MEDIUM")
(TP3ADISTANCEK3ANEAR)of DISTANCE(value "NEAR")
(TP3ADISTANCEK3ANODD)of DISTANCE(value "NODD")
(TP3ADISTANCEK3AOUTOFSTIGHT)of DISTANCE(value "OUTOFSTIGHT")
(TP3AINTENSITYK3ADEEP)of INTENSITY(value "DEEP")
(TP3AINTENSITYK3ALARGE)of INTENSITY(value "LARGE")
(TP3AINTENSITYK3ALIGHT)of INTENSITY(value "LIGHT")
(TP3AINTENSITYK3ALOW)of INTENSITY(value "LOW")
(TP3AINTENSITYK3AMEDIUM)of INTENSITY(value "MEDIUM")
(TP3AINTENSITYK3AMIDDLE)of INTENSITY(value "MIDDLE")
(TP3AINTENSITYK3ASMALL)of INTENSITY(value "SMALL")
(TP3ANAMEK3ASTRONG)of NAME(value "STRONG")
(TP3ANAMEK3ABEAT)of NAME(value "BEAT")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3ADIVIDE)of NAME(value "DIVIDE")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3ADROP)of NAME(value "DROP")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3AEAT)of NAME(value "EAT")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3AFLEE)of NAME(value "FLEE")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3AGIVE)of NAME(value "GIVE")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3AGOTO)of NAME(value "GOTO")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3AMOVE_FORWARD)of NAME(value "MOVE_FORWARD")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3APICK_UP)of NAME(value "SHARE_FOOD")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3AShare_FOOD)of NAME(value "TURN_LEFT")(value_type "Name")
(TP3ANAMEK3ATURN_RIGHT)of NAME(value "TURN_RIGHT")(value_type "Name")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3ABEAT)of ACTION_PROPERTIES(value "BEAT")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3ADIVIDE)of ACTION_PROPERTIES(value "DIVIDE")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3ADROP)of ACTION_PROPERTIES(value "DROP")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3AEAT)of ACTION_PROPERTIES(value "EAT")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3AEXCREMENT)of ACTION_PROPERTIES(value "EXCREMENT")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3AFLEE)of ACTION_PROPERTIES(value "FLEE")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3AGIVE)of ACTION_PROPERTIES(value "GIVE")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3AGOTO)of ACTION_PROPERTIES(value "GOTO")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3AMOVE_BACKWARD)of ACTION_PROPERTIES(value "BEAT")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3AMOVE_FORWARD)of ACTION_PROPERTIES(value "MOVE_FORWARD")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3APICK_UP)of ACTION_PROPERTIES(value "PICK_UP")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3ASPEECH)of ACTION_PROPERTIES(value "SPEECH")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APERCEIVEDACTIONK3ATURN)of ACTION_PROPERTIES(value "TURN")(value_type "PERCEIVEDACTION")
(TP3APOSITIONK3ACENTER)of POSITION(value "CENTER")
(TP3APOSITIONK3ALEFT)of POSITION(value "LEFT")
(TP3APOSITIONK3AMIDDLE_LEFT)of POSITION(value "MIDDLE_LEFT")
(TP3APOSITIONK3AMIDDLE_RIGHT)of POSITION(value "MIDDLE_RIGHT")
(TP3APOSITIONK3ARIGHT)of POSITION(value "RIGHT")
(TP3APOSITIONK3AUNKNOWNPOSITION)of POSITION(value "UNKNOWNPOSITION")
(TP3APOSITIONK3ANONCHANGE)of POSITIONCHANGE(value 0.0)
(TP3APOSITIONK3AOR)of COLOR(value "#A52A2A")

```



```

STOMACHSYSTEM.STARTLEVEL_STOMACH.description = Stomach fill-level at startup (Divides on 7 ingredients)
STOMACHSYSTEM.STARTLEVEL_RECTUM.value = 0.5
STOMACHSYSTEM.STARTLEVEL_RECTUM.description = Rectum fill-level at startup (Start value of Excrement in the Stomach System)
STOMACHSYSTEM.DIGEST_SPEED.value= 0.005
STOMACHSYSTEM.DIGEST_SPEED.description = Digest speed of the stomach system in food/step
#internal system
INTERNAL_SYSTEM.ENERGY_CONSUMPTION_FACTOR.value= 1.0
INTERNAL_SYSTEM.ENERGY_CONSUMPTION_FACTOR.description= Scales the consumed energy from the body. (-> how fast the agent is hungry again)

```

A.7 Persönlichkeitsparameter für alle Agenten <BODO>:

```

#F07 Super ego reactive
F07.SUPER_EGO_STRENGTH.value=0.5
F07.SUPER_EGO_STRENGTH.description=This parameter adjusts the strength of the super-ego
F07.SUPER_EGO_RULES_FILE.value=SuperEgoRules_FIM_EMOTION_BOD0
F07.SUPER_EGO_RULES_FILE.description=The file containing the super ego rules for the forbidden drives
F07.PSYCHIC_ENERGY_THRESHOLD.value=0.01
F07.PSYCHIC_ENERGY_THRESHOLD.description=Defines needed amount of energy of the internalized rules
F07.PSYCHIC_ENERGY_PRIORITY.value=1
F07.PSYCHIC_ENERGY_PRIORITY.description=Defines the priority of the module to get psychic energy
F07.MODULE_STRENGTH.value=1.0
F07.MODULE_STRENGTH.description=This parameter determines how strong a module is against each other when requesting and competing for psychic intensity.
F07.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.value=0.15
F07.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.description=This parameter determines initial psychic intensity requested by the module.

#F14 External Perception //koller
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_PLEASURE.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_PLEASURE.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of pleasure in other bodystates.
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_UNPLEASURE.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_UNPLEASURE.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of unpleasure in other bodystates.
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_AGGRESSION.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_AGGRESSION.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of aggression in other bodystates.
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_LIBIDO.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_LIBIDO.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of libido in other bodystates.
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_INTENSITY.value=0.1
F14.EMOTIONRECOGNITION_PRIMING_INTENSITY.description= Determines how much the current own bodystate influences the perception of emotion intensity in other bodystates.

#F21 Transformation to Secondary Process (perception)
F21.MODULE_STRENGTH.value=0.5
F21.MODULE_STRENGTH.description=This parameter determines how strong a module is against each other when requesting and competing for psychic intensity.
F21.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.value=0.5
F21.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.description=This parameter determines initial psychic intensity requested by the module.
#F21.INFLUENCE_FACTOR_DRIVEDEMAND.value=2.0
#F21.INFLUENCE_FACTOR_DRIVEDEMAND.description=The drive demand importance of an act is multiplied by this factor before combining it, via non-proportional aggregation, with the feelings importance

#F26 Decision Making
F26.NUMBER_OF_GOALS_TO_PASS.value=10
F26.NUMBER_OF_GOALS_TO_PASS.description=Adjust the number of goals to forward
F26.AFFECT_THRESHOLD.value=0.01
F26.AFFECT_THRESHOLD.description=Threshold of letting through drive goals
F26.AVOID_INTENSITY.value=-1
F26.AVOID_INTENSITY.description=not in use now
F26.MODULE_STRENGTH.value= 1.0
F26.MODULE_STRENGTH.description=This parameter determines how strong a module is against each other when requesting and competing for psychic intensity.
F26.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.value=0.15
F26.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.description=This parameter determines initial psychic intensity requested by the module.
F26.INFLUENCE_FACTOR_DRIVEDEMAND.value=0.75
F26.INFLUENCE_FACTOR_DRIVEDEMAND.description=The drive demand importance of an act is multiplied by this factor before combining it, via non-proportional aggregation, with the feelings importance
F26.INFLUENCE_FACTOR_FEELINGS.value=0.3
F26.INFLUENCE_FACTOR_FEELINGS.description=The feelings importance of an act is multiplied by this factor before combining it, via non-proportional aggregation, with the drive demand importance
F26.INFLUENCE_FACTOR_AIM_DRIVEDEMAND.value=2.0
F26.INFLUENCE_FACTOR_AIM.description=The drive demand importance of a goal is multiplied with this factor if the drive aim matches

#F37 Primal repression for perception
F37.ACTIVATION_THRESHOLD.value=0.5
F37.ACTIVATION_THRESHOLD.description=Minimum match factor a repressed drive must achieve to be activated
F37.ACTIVATION_LIMIT.value=3
F37.ACTIVATION_LIMIT.description=Limit do adjust the maximum number of activated repressed drives

#F39 Seekingsystem (libido source)
F39.LIBIDO_IMPACT_FACTOR.value=0.2
F39.LIBIDO_IMPACT_FACTOR.description= The libido stream input will be multiplied with these factor to set the height of the sexual drives

#F45 Libido Discharge
F45.MATCH_THRESHOLD.value=0.7
F45.MATCH_THRESHOLD.description= Threshold for the matching process of images
F45.PERCEPTION_REDUCE_FACTOR.value=0.2
F45.PERCEPTION_REDUCE_FACTOR.description= With this factor, the attached libido DM of an image is multiplied.
F45.MEMORY_REDUCE_FACTOR.value=0.05
F45.MEMORY_REDUCE_FACTOR.description=With this factor, the attached libido DM of a memory is multiplied
F45.FANTASY_REDUCE_FACTOR.value 0.01
F45.FANTASY_REDUCE_FACTOR.description=

#F46 Memory Traces For Perception
F46.MATCH_THRESHOLD.value=0.1
F46.MATCH_THRESHOLD.description=Threshold for the matching process of images

#F51 Reality Check wish fulfillment
F51.MOMENT_ACTIVATION_THRESHOLD.value=1.0
F51.MOMENT_ACTIVATION_THRESHOLD.description=
F51.MOMENT_MIN_RELEVANCE_THRESHOLD.value=0.2
F51.MOMENT_MIN_RELEVANCE_THRESHOLD.description=
F51.CONFIRMATION_PARTS.value=3
F51.CONFIRMATION_PARTS.description=
F51.REDUCEFACTOR_FOR_DRIVES.value=1.0
F51.REDUCEFACTOR_FOR_DRIVES.description=
F51.AFFECT_THRESHOLD.value=3
F51.AFFECT_THRESHOLD.description=

#F56 Desexualization Neutralization
F56.INTENSITY_REDUCTION_RATE_SEXUAL.value=0.9
F56.INTENSITY_REDUCTION_RATE_SEXUAL.description=Determines how much energy is reduced
F56.INTENSITY_REDUCTION_RATE_SELF_PRESERV.value=0.9
F56.INTENSITY_REDUCTION_RATE_SELF_PRESERV.description=Determines how much energy is reduced

#F57 Memory Traces for Drives
F57.THRESHOLD_MATCH_FACTOR.value=0.0
F57.THRESHOLD_MATCH_FACTOR.description=
F57.THRESHOLD_PLEASURE_FACTOR.value=0.2
F57.THRESHOLD_PLEASURE_FACTOR.description=

#F63 Composition of Emotions
F63.REALATIV_THRESHOLD.value=0.7
F63.REALATIV_THRESHOLD.description= threshold to determine in which case domination of an emotion occurs
F63.THRESHOLD_RANGE.value=0.1
F63.THRESHOLD_RANGE.description=
F63.PERCEPTION_PLEASURE_IMPACT_FACTOR.value=0.1
F63.PERCEPTION_PLEASURE_IMPACT_FACTOR.description= perceiving a drive object should trigger less emotions than the bodily needs
F63.PERCEPTION_UNPLEASURE_IMPACT_FACTOR.value=0.1
F63.PERCEPTION_UNPLEASURE_IMPACT_FACTOR.description= perceiving a drive object should trigger less emotions than the bodily needs
F63.PERCEPTION_AGGRESSIVE_IMPACT_FACTOR.value=0.5
F63.PERCEPTION_AGGRESSIVE_IMPACT_FACTOR.description= perceiving a drive object should trigger less emotions than the bodily needs
F63.PERCEPTION_LIBIDINOUS_IMPACT_FACTOR.value=0.1
F63.PERCEPTION_LIBIDINOUS_IMPACT_FACTOR.description= perceiving a drive object should trigger less emotions than the bodily needs
F63.MODULE_STRENGTH.value=0.0
F63.MODULE_STRENGTH.description=This parameter determines how strong a module is against each other when requesting and competing for psychic intensity.
F63.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.value=0.0
F63.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.description=This parameter determines initial psychic intensity requested by the module.
F63.DRIVEDEMAND_IMPACT_FACTOR.value=0.5
F63.DRIVEDEMAND_IMPACT_FACTOR.description=This parameter determines how the height of the current drives influence the agents emotion state
F63.MEMORIZEDDRIVE_IMPACT_FACTOR.value=0.5
F63.MEMORIZEDDRIVE_IMPACT_FACTOR.description=This parameter determines how strongly the QoA of memorized DMs that are connected to objects in the perception influence the agents emotion state
F63.EMOTIONRECOGNITION_IMPACT_FACTOR.value=4.0
F63.EMOTIONRECOGNITION_IMPACT_FACTOR.description= how much does perceiving an entity with an emotional body expression cause emotional contagion
F63.EXPERIENCEEMOTION_IMPACT_FACTOR.value=0.25

```

```

F63.EXPERIENCEEMOTION_IMPACT_FACTOR.description= how much the experienced emotion of a perceived entity influences the current emotion state
F63.MEMORIZEDIMAGE_IMPACT_FACTOR.value=0.5
F63.MEMORIZEDIMAGE_IMPACT_FACTOR.description=This parameter determines how strongly memorized emotions associated to memorized images influence the agents emotion state

#F64 Partial sexual drives
# Sum of all Values should be 1.0
# NOW: small values to hold sexual drives down
F64.SPLITFACTOR_ORAL.value = 0.35
F64.SPLITFACTOR_ORAL.description =
F64.SPLITFACTOR_ANAL.value = 0.35
F64.SPLITFACTOR_ANAL.description =
F64.SPLITFACTOR_GENITAL.value = 0.20
F64.SPLITFACTOR_GENITAL.description =
F64.SPLITFACTOR_PHALLIC.value = 0.10
F64.SPLITFACTOR_PHALLIC.description =

#Personality Split Factor
F64.PERSONALITY_SPLIT_ORAL.value = 0.4
F64.PERSONALITY_SPLIT_ORAL.description = Personality shift Factor
F64.PERSONALITY_SPLIT_ANAL.value = 0.4
F64.PERSONALITY_SPLIT_ANAL.description = Personality shift Factor
F64.PERSONALITY_SPLIT_PHALLIC.value = 0.4
F64.PERSONALITY_SPLIT_PHALLIC.description = Personality shift Factor
F64.PERSONALITY_SPLIT_GENITAL.value = 0.4
F64.PERSONALITY_SPLIT_GENITAL.description = Personality shift Factor

#Erogenous Zones Impact Factor
F64.IMPACT_FACTOR_ORAL.value=0.7
F64.IMPACT_FACTOR_ORAL.description =
F64.IMPACT_FACTOR_ANAL.value = 0.7
F64.IMPACT_FACTOR_ANAL.description =
F64.IMPACT_FACTOR_PHALLIC.value = 0.7
F64.IMPACT_FACTOR_PHALLIC.description =
F64.IMPACT_FACTOR_GENITAL.value = 0.7
F64.IMPACT_FACTOR_GENITAL.description =

#F65 Partial self preservation drives
#Stomach Drive
F65.HOMEOSTASIS_IMPACT_FACTOR_BLOODSUGAR.value=0.5
F65.HOMEOSTASIS_IMPACT_FACTOR_BLOODSUGAR.description=Homeostatis impact factor for the stomach
F65.EROGENOUS_ZONES_IMPACT_STOMACH.value = 0.7
F65.EROGENOUS_ZONES_IMPACT_STOMACH.description = How important is the erogenous zones value for the drive generation
F65.PERSONALITY_SPLIT_IMPACT_STOMACH.value = 1.0
F65.PERSONALITY_SPLIT_IMPACT_STOMACH.description = How important is personality split value for the drive generation
F65.PERSONALITY_SPLIT_STOMACH.value = 0.6
F65.PERSONALITY_SPLIT_STOMACH.description = Personality shift Factor
F65.DRIFT_IMPACT_STOMACH.value = 0.6
F65.DRIFT_IMPACT_STOMACH.description = The impact of the fact the by high drive tension the aggressiv part is heigher the the libidinous part

#Rectum Drive
F65.HOMEOSTASIS_IMPACT_FACTOR_RECTUM.value=0.3
F65.HOMEOSTASIS_IMPACT_FACTOR_RECTUM.description=Homeostatis impact factor for the rectum
F65.EROGENOUS_ZONES_IMPACT_RECTUM.value = 0.0
F65.EROGENOUS_ZONES_IMPACT_RECTUM.description = How important is the erogenous zones value for the drive generation
F65.PERSONALITY_SPLIT_IMPACT_RECTUM.value = 1.0
F65.PERSONALITY_SPLIT_IMPACT_RECTUM.description = How important is personality split value for the drive generation
F65.PERSONALITY_SPLIT_RECTUM.value = 0.4
F65.PERSONALITY_SPLIT_RECTUM.description = Personality shift Factor
F65.DRIFT_IMPACT_RECTUM.value = 0.8
F65.DRIFT_IMPACT_RECTUM.description = The impact of the fact the by high drive tension the aggressiv part is heigher the the libidinous part

#Stamina Drive
F65.HOMEOSTASIS_IMPACT_FACTOR_STAMINA.value=0.5
F65.HOMEOSTASIS_IMPACT_FACTOR_STAMINA.description=Homeostatis impact factor for the stamina
F65.EROGENOUS_ZONES_IMPACT_STAMINA.value = 0.0
F65.EROGENOUS_ZONES_IMPACT_STAMINA.description = How important is the erogenous zones value for the drive generation
F65.PERSONALITY_SPLIT_IMPACT_STAMINA.value = 1.0
F65.PERSONALITY_SPLIT_IMPACT_STAMINA.description = How important is personality split value for the drive generation
F65.PERSONALITY_SPLIT_STAMINA.value = 0.4
F65.PERSONALITY_SPLIT_STAMINA.description = Personality shift Factor
F65.DRIFT_IMPACT_STAMINA.value = 0.8
F65.DRIFT_IMPACT_STAMINA.description = The impact of the fact the by high drive tension the aggressiv part is heigher the the libidinous part

#F71 Composition of extended emotion
F71.PSYCHIC_ENERGY_THRESHOLD.value=0.01
F71.PSYCHIC_ENERGY_THRESHOLD.description=Defines needed amount of energy of the internalized rules
F71.PSYCHIC_ENERGY_PRIORITY.value=1
F71.PSYCHIC_ENERGY_PRIORITY.description=Defines the priority of the module to get psychic energy
F71.MODULE_STRENGTH.value=1.0
F71.MODULE_STRENGTH.description=This parameter determines how strong a module is against each other when requesting and competing for psychic intensity.
F71.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.value=0.15
F71.INITIAL_REQUEST_INTENSITY.description=This parameter determines initial psychic intensity requested by the module.

#Libido Start Value Range: 0.0-8.0
D11.LIBIDO_START_VALUE.value =0.1

```


Anhang B

In Anhang B befindet sich eine Benützungsbispiel für den Erinnerungseditor sowie weitere Details über das Programm.

Beispiel für die Benutzung des Erinnerungseditors

Das Programm Erinnerungseditor (ARS Act Creator) soll Benutzern im Projekt ARS das Anlegen neuer Akte wesentlich erleichtern und den Aufwand auf ein Minimum reduzieren. Das Programm ist in Englischer Sprache gehalten. Um einen Akt zu erstellen und ihn in die Datenbank einzuspielen sind hier folgende Schritte exemplarisch aufgelistet:

1. Sollten Sie keine Java Laufzeitumgebung installiert haben, installieren Sie bitte Java JRE 8 auf Ihrem Computer.
2. Starten Sie das Programm Erinnerungseditor.jar.
3. Geben Sie den gewünschten Namen des Aktes in der linken oberen Textbox mit dem Label ‚Name of Act‘ ein (siehe Abbildung 3.1).
4. Klicken Sie rechts oben auf den Button mit der Aufschrift ‚Select ontology file‘. Hier muss die .pins Datei angegeben werden, welche für die zu editierenden Erinnerungen verwendet werden soll.
5. Klicken Sie auf den Button darunter mit der Aufschrift ‚Select output file‘. Damit lässt sich die Ausgabedatei festlegen, in welche der neu erstellte Akt in menschenlesbarem Textformat gespeichert wird. Die Datei wird dann später einem weiteren Programm übergeben, welches die Textdatei in die Datenbank speichert.
6. Jetzt können Images angelegt werden. Sie können durch die sechs Dropdown-Liste mit Eigenschaften befüllt werden. Die verfügbaren Eigenschaften werden aus der zuvor angegebenen Datenbankdatei herausgelesen.
7. Wenn die Eigenschaften eines neuen Objekts fertig ausgewählt wurden, kann es dem aktuell ausgewählten Image mit dem Button ‚Add Object‘ hinzugefügt werden. Der Eintrag erscheint in der Liste mit Imagename, Objekt Bezeichnung und den Eigenschaften.
8. Zum Editieren bzw. Löschen der Listenzeilen können die Buttons ‚Edit Line‘ und ‚Delete Line‘ verwendet werden.
9. Der Button ‚Clear All‘ löscht die gesamte Liste und der Button ‚End‘ beendet das Programm ohne Speicherung der eingegebenen Informationen sofort.

10. Zum Erstellen der Textdatei muss der Button ‚Create act as textfile for further processing‘ betätigt werden. Die erstellte Datei kann von einem weiteren Programm eingelesen, und in die Datenbank geschrieben, werden.

Zur Umwandlung der Textdatei in Protègè Strukturen wurde das Programm Illithid Script Parser von Stefan Kollmann verwendet.

Struktur des Programms

Die Struktur des Programms sollte auch hinsichtlich Wartbarkeit und Erweiterbarkeit modular aufgebaut sein. Dazu wurde z. B. die Struktur der anzulegenden Datenbankobjekte in einer Klasse gespeichert. Des Weiteren wurden alle nicht direkt GUI relevanten Teile in eigene Klassen bzw. Dateien gepackt um sie möglichst übersichtlich darstellen zu können.

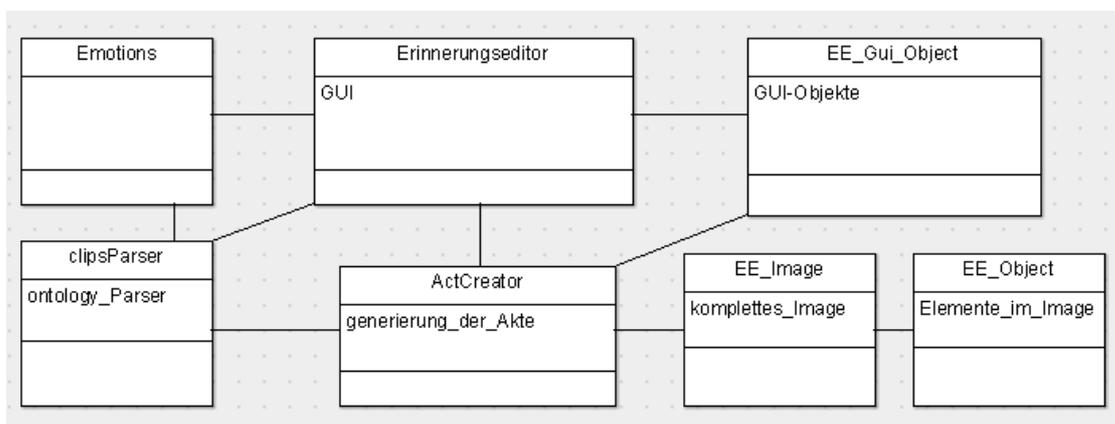


Abbildung 3.2: Aufteilung in Klassen

Abbildung 3.2 zeigt die Aufspaltung der Programmteile in die einzelnen Klassen. Das Main Programm beinhaltet die Klasse Erinnerungseditor. Darin befinden sich auch sämtliche GUI Funktionen und die Schnittstellen zu den anderen Programmteilen. Der clipsParser ist für das Aufbereiten der Ontologie-Datei zuständig. Dabei werden alle relevanten Informationen zur Weiterverarbeitung in Datenstrukturen geladen. Die Klasse Emotions beinhaltet den Aufbau des Emotions-Vectors und eine Prüffunktion für die GUI-Eingabe. Die Klasse EE_Gui_Object beinhaltet die Struktur zur Erstellung der GUI-Objekte. Der ActCreator erstellt aus den Inhalten der GUI-Objekte alle Fakten und Verknüpfungen, welche zur Erstellung eines kompletten Aktes notwendig sind. Dabei bedient er sich der Klassen EE_Image und EE_Object. In EE_Object werden die erforderlichen Fakten eines Images erstellt und in EE_Image zu einem kompletten Image zusammengebaut und gespeichert. Der komplette Akt ist also Programmintern ebenso aus Fakten und Verknüpfungen aufgebaut wie in der Datenbank. Die GUI Eingaben direkt in eine Ausgabedatei umzuwandeln hätte die Wartbarkeit und vor allem die Erweiterbarkeit erheblich verschlechtert. Die Aufteilung in Klassen ermöglicht außerdem einen Austausch des clipsParsers wenn das Projekt z. B. auf das OWL-Dateiformat umsteigt.

Schnittstellen

Das Programm hat Schnittstellen zu anderen Programmen die im Folgenden erklärt werden sollen. Als Erstes gibt es eine Schnittstelle zur Ontologie Datenbank. Die Informationen werden dabei aus der Ontologie-Datei gelesen und im Programm verwendet. Für die Erstellung der Akte in einem Protège Projekt wurde ein schon vorhandenes Programm, der Illithid Script Parser von Stefan Kollmann, aus dem ARS Projekt geprüft. Nach erfolgreichen Tests hinsichtlich Umfang und Funktion des Programms wurde die Speicherung der Akte im Protège Projekt auf den Illithid Script Parser ausgelagert. Dazu wurde als Schnittstelle das menschenlesbare Textformat des vorhandenen Illithid Script Parser verwendet. Das hat den Vorteil, dass bei einem Umstieg auf ein anderes Format zur Speicherung der Erinnerungen nur der Illithid Script Parser geändert werden muss. Die Einbindung des kompletten Illithid Script Parser hätte das Programm nur unnötig unübersichtlich gemacht und damit die Wartung erschwert. Die Datei, welche jetzt als Schnittstelle dient, kann auch manuell editiert werden.

Tests

Für das Testen des Programms wurde ein Anwendungsfall erstellt. Er sollte die Erstellung eines typischen Akts in ARS darstellen. Dazu wurde der schon vorhandene Akt A12_EAT_MEAT herangezogen. Eine vollständig identische Nachbildung war nicht möglich, da der Akt einen noch nicht implementierten Teil beinhaltet. Als Test für den Erinnerungseditor war aber auch die vereinfachte Version des Aktes ausreichend. Zuerst wurde die Simulation mit dem Use-Case ‚UC1 standard scenario (Eat) minimalversion‘ geladen. In dem Use-Case geht es darum, dass der Agent aufgrund seiner Parametrierung hungrig ist, ein essbares Objekt erkennt und den Akt A12_EAT_MEAT auswählt, was zum Essen des Objektes führt. Das Simulationsverhalten wurde dokumentiert. Der Agent ist den Schritten des Aktes gefolgt und hat das essbare Objekt aufgeessen. Für den nächsten Simulationsdurchlauf wurde der Akt A12_EAT_MEAT aus den Erinnerungen gelöscht. Nach einem erneuten Start der Simulation konnte der Agent nicht essen, da der Akt in seinen Erinnerungen fehlte. Als dritter Schritt wurde der Akt mit dem Erinnerungseditor nachgebaut und den Erinnerungen hinzugefügt. Der Agent konnte wieder essen und sein Verhalten entsprach dem dokumentierten Verhalten aus dem original Use-Case. Die Prüfung zeigte, dass ein Akt mit dem Erinnerungseditor fehlerfrei erzeugt werden konnte, da alle Informationen in den Erinnerungen vorhanden und richtig verknüpft waren.

Aufgrund der Verwendung einer Entwicklungsumgebung (Netbeans) konnten Änderungen im Programm sehr rasch getestet, und damit auch Fehler gefunden werden. Da die Anzahl der Projektmitarbeiter bei dem Projekt sich nur auf Eins belief, wurden Code-Reviews aufgrund des sehr geringen Fehlerfindungspotentials (Programmierer und Reviewer sind dieselbe Person) nicht durchgeführt. Erste Tests wurden vom Entwickler selbst durchgeführt. Die Testtiefe war jedoch nicht zufriedenstellend. Daher wurden die Tests auf den Kunden, mit der Bitte um Rückmeldung, ausgedehnt. Da im

Fehlerfall weder Menschenleben gefährdet, noch Strafzahlungen zu befürchten sind, war eine Ausweitung der Tests auf die Endbenutzer ein guter Kompromiss um die Projektqualität zu erreichen und die Projektkosten und die Projektdurchlaufzeiten zu reduzieren. Im Fehlerfall können Benutzer aber immer noch die Erinnerungen selbst über das Programm Protège direkt, oder in der Datei (menschenslesbares Textformat), welche dem Illithid Script Parser übergeben wird, ändern.

Ergebnisse

Als Ergebnis soll hier eine beispielhafte Anwendung des Erinnerungseditors präsentiert werden. Der präsentierte Testfall wird in Kapitel 3.5 beschrieben.

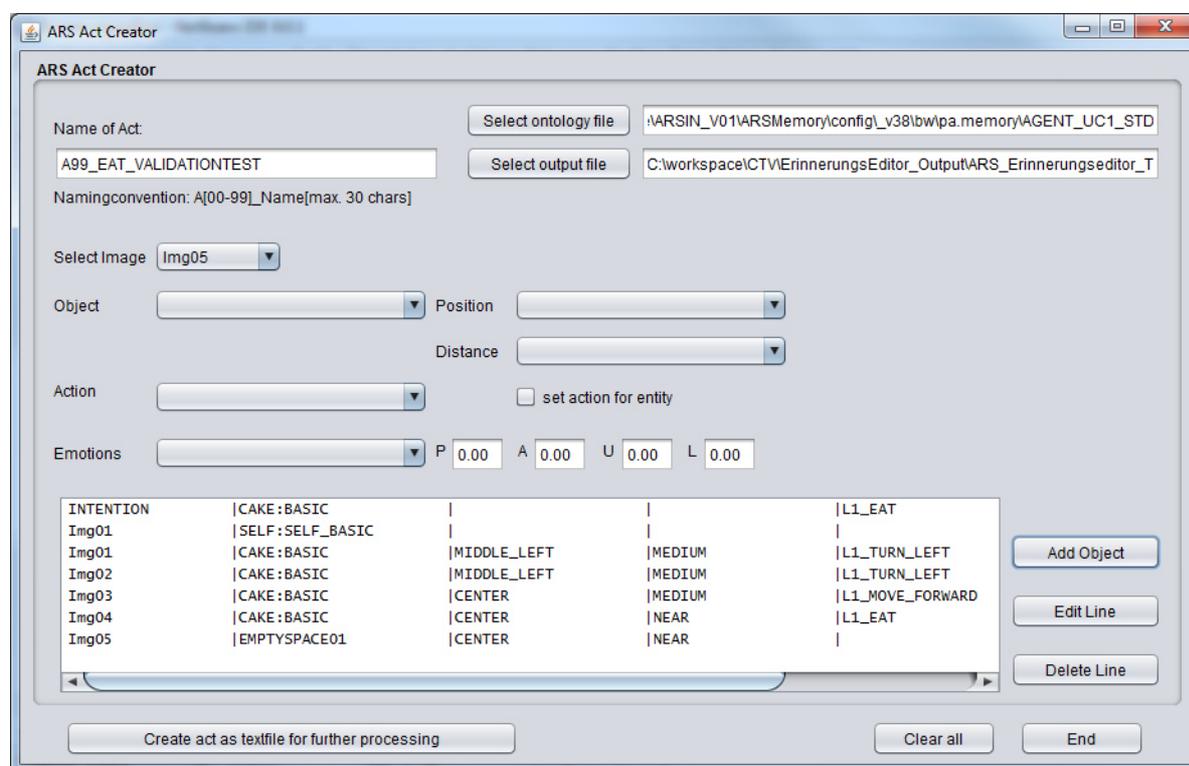


Abbildung 4.1: Parameter Einstellung für den Test

In der GUI des Erinnerungseditors wurden die in Abbildung 4.1 gezeigten Einstellungen getroffen. Mit diesen Einstellungen wurde eine Ausgabedatei, welche unter Testdatei zu finden ist, erstellt und mit dem Illithid Script Parser in den Erinnerungen gespeichert. Dabei wurde ein Fehler im Zusammenspiel der beiden Programme entdeckt. Elemente, welche erst später in der Ausgabedatei erstellt werden, können nicht referenziert werden. Eine Lösung des Problems ist in beiden Programmen implementierbar. Die Entscheidung fiel jedoch auf eine Lösung im Illithid Script Parser, da es dort einfacher und auch passender gelöst werden kann.

Im Zuge der Tests traten auch Fehler am Erinnerungseditor auf. Alle im Test aufgetretenen und dadurch bekannten Fehler wurden jedoch bis zum Ende des Projekts behoben. Die erstellte Datei

führte zu einem zufriedenstellenden Ergebnis in der Simulation. Der Agent näherte sich dem Essen und aß es auf. Das Ergebnis wurde mit dem Ergebnis des Akts A12_EAT_MEAT verglichen und durch Mitarbeiter des ARS Projekts als akzeptabel eingestuft. Eine fehlerfreie Erzeugung der Text-Datei welche dann direkt ohne manuelle Änderungen mit dem Illithid Script Parser in das Protège Projekt geladen werden kann und sich danach im Simulator fehlerfrei ausführen lässt, konnte damit verifiziert werden. Der Test zeigte auch, dass die Zeit zur Erstellung eines Akts mit 5 Images um ein Vielfaches verringert werden konnte. Die Eingabefehler waren ebenfalls geringer, da die Möglichkeiten zur Fehlergenerierung durch die grafische Benutzeroberfläche stark eingeschränkt wurden. Genaue Informationen wurden nicht erhoben, da hierfür keine Ziele vereinbart wurden und meiner Meinung nach eine genaue Informationserhebung wenig Sinn macht, da eher eine subjektive Bewertung zustande kommen würde als objektive Ergebnisse. Da das Programm für den Kunden entwickelt wurde ist eine Bewertung der Funktion durch ihn eher maßgebend. Die Tests zeigten, dass die Skalierbarkeit der GUI ausreichend ist und das Programm bis zu einer minimalen Auflösung des Bildschirms von 800 mal 600 Bildpunkten zu betreiben ist.

Das Programm Erinnerungseditor deckt mit seinem derzeitigen Funktionsumfang die Erstellung von neuen Akten ab. Die Erstellung von Akten ist zum heutigen Standpunkt, aufgrund der Menge an Objekten die erstellt und verknüpft werden muss, auch die zeitintensivste Arbeit bei der Erstellung von Erinnerungen. Die Tests und deren Ergebnissen belegen die einwandfreie Umsetzung der Anforderungen.

Testdatei

Wie in Kapitel Test erwähnt wurde ist hier die in dem Test verwendete Text-Datei aufgelistet.

```
TPM: IMAGE (A99_EAT_VALIDATIONTEST){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST]; value_type=[RI]; instance_association=[\ASSOCIATIONTEMP:A99_EAT_VALIDATIONTEST:CAKE]}
ASSOCIATIONTEMP(A99_EAT_VALIDATIONTEST:CAKE){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST, \PRIMARYINSTANCEOBJECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST:CAKE]}
PRIMARYINSTANCEOBJECT(A99_EAT_VALIDATIONTEST:CAKE){instance_type=[\TPM:ENTITY:CAKE:BASIC]}
WPM: IMAGE (A99_EAT_VALIDATIONTEST){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST]; value_type=[RI]}
ASSOCIATIONWP(A99_EAT_VALIDATIONTEST){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST]}
ASSOCIATIONSEC(HASACTION:A99_EAT_VALIDATIONTEST){predicate=[HASACTION]; element=[\WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST, \WPM:ACTION:L1_EAT]}

TPM: IMAGE (A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01]; value_type=[RI]; instance_association=[\ASSOCIATIONTEMP:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:SELF, \ASSOCIATIONTEMP:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:CAKE]}
ASSOCIATIONTEMP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:SELF){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01, \PRIMARYINSTANCEOBJECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:SELF]}
PRIMARYINSTANCEOBJECT(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:SELF){instance_type=[\TPM:ENTITY:SELF:SELF_BASIC]}
ASSOCIATIONTEMP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:CAKE){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01, \PRIMARYINSTANCEOBJECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:CAKE]}
PRIMARYINSTANCEOBJECT(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:CAKE){instance_type=[\TPM:ENTITY:CAKE:BASIC]}
ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:CAKE:DISTANCE:MEDIUM){element=[\PRIMARYINSTANCEOBJECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:CAKE, \TP:DISTANCE:MEDIUM]}
```

```
ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:CAKE:POSITION:MIDDLE_LEFT){element=[\PRIMARYINSTANCEOB-
JECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01:CAKE, \TP:POSITION:MIDDLE_LEFT]}
```

```
WPM:IMAGE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01]; value_type=[RI]}
```

```
ASSOCIATIONNWP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01, \WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01]}
```

```
ASSOCIATIONSEC(HASACTION:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01){predicate=[HASACTION]; element=[\WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01, \WPM:ACTION:L1_TURN_LEFT]}
```

```
ASSOCIATIONSEC(HASSUPER:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01){predicate=[HASSUPER]; element=[\WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST]}
```

```
ASSOCIATIONSEC(HASNEXT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I01){predicate=[HASNEXT]; element=[\WPM:IMAGE:A99_EAT_VALI-
DATIONTEST_I01, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02]}
```

```
TPM:IMAGE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02]; value_type=[RI]; instance_asso-
ciation=[\ASSOCIATIONTEMP:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02:CAKE]}
```

```
ASSOCIATIONTEMP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02:CAKE){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02, \PRIMA-
RYINSTANCEOBJECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02:CAKE]}
```

```
PRIMARYINSTANCEOBJECT(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02:CAKE){instance_type=[\TPM:ENTITY:CAKE:BASIC]}
```

```
ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02:CAKE:DISTANCE:MEDIUM){element=[\PRIMARYINSTANCEOB-
JECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02:CAKE, \TP:DISTANCE:MEDIUM]}
```

```
ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02:CAKE:POSITION:MIDDLE_LEFT){element=[\PRIMARYINSTANCEOB-
JECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02:CAKE, \TP:POSITION:MIDDLE_LEFT]}
```

```
WPM:IMAGE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02]; value_type=[RI]}
```

```
ASSOCIATIONNWP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02, \WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02]}
```

```
ASSOCIATIONSEC(HASACTION:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02){predicate=[HASACTION]; element=[\WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02, \WPM:ACTION:L1_TURN_LEFT]}
```

```
ASSOCIATIONSEC(HASSUPER:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02){predicate=[HASSUPER]; element=[\WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST]}
```

```
ASSOCIATIONSEC(HASNEXT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I02){predicate=[HASNEXT]; element=[\WPM:IMAGE:A99_EAT_VALI-
DATIONTEST_I02, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03]}
```

```
TPM:IMAGE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03]; value_type=[RI]; instance_asso-
ciation=[\ASSOCIATIONTEMP:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03:CAKE]}
```

```
ASSOCIATIONTEMP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03:CAKE){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03, \PRIMA-
RYINSTANCEOBJECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03:CAKE]}
```

```
PRIMARYINSTANCEOBJECT(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03:CAKE){instance_type=[\TPM:ENTITY:CAKE:BASIC]}
```

```
ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03:CAKE:DISTANCE:MEDIUM){element=[\PRIMARYINSTANCEOB-
JECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03:CAKE, \TP:DISTANCE:MEDIUM]}
```

```
ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03:CAKE:POSITION:CENTER){element=[\PRIMARYINSTANCEOB-
JECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03:CAKE, \TP:POSITION:CENTER]}
```

```
WPM:IMAGE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03]; value_type=[RI]}
```

```
ASSOCIATIONNWP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03, \WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03]}
```

```
ASSOCIATIONSEC(HASACTION:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03){predicate=[HASACTION]; element=[\WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03, \WPM:ACTION:L1_MOVE_FORWARD]}
```

```
ASSOCIATIONSEC(HASSUPER:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03){predicate=[HASSUPER]; element=[\WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST]}
```

```
ASSOCIATIONSEC(HASNEXT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I03){predicate=[HASNEXT]; element=[\WPM:IMAGE:A99_EAT_VALI-
DATIONTEST_I03, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04]}
```

```
TPM:IMAGE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04]; value_type=[RI]; instance_asso-
ciation=[\ASSOCIATIONTEMP:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04:CAKE]}
```

```
ASSOCIATIONTEMP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04:CAKE){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04, \PRIMA-
RYINSTANCEOBJECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04:CAKE]}
```

```
PRIMARYINSTANCEOBJECT(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04:CAKE){instance_type=[\TPM:ENTITY:CAKE:BASIC]}
```

```

ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04:CAKE:DISTANCE:NEAR){element=[\PRIMARYINSTANCEOB-
JECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04:CAKE, \TP:DISTANCE:NEAR]}

ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04:CAKE:POSITION:CENTER){element=[\PRIMARYINSTANCEOB-
JECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04:CAKE, \TP:POSITION:CENTER]}

WPM:IMAGE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04]; value_type=[RI]}

ASSOCIATIONWP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04){element=[\WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04, \WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04]}

ASSOCIATIONSEC(HASACTION:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04){predicate=[HASACTION]; element=[\WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04, \WPM:ACTION:LI_EAT]}

ASSOCIATIONSEC(HASSUPER:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04){predicate=[HASSUPER]; element=[\WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST]}

ASSOCIATIONSEC(HASNEXT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I04){predicate=[HASNEXT]; element=[\WPM:IMAGE:A99_EAT_VALI-
DATIONTEST_I04, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05]}

TPM:IMAGE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05]; value_type=[RI]; instance_asso-
ciation=[\ASSOCIATIONTEMP:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05:EMPTYSPACE]}

ASSOCIATIONTEMP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05:EMPTYSPACE){element=[\TPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05,
\PRIMARYINSTANCEOBJECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05:EMPTYSPACE]}

PRIMARYINSTANCEOBJECT(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05:EMPTYSPACE){instance_type=[\TPM:ENTITY:EMPTYSPACE01]}

ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05:EMPTYSPACE:DISTANCE:NEAR){element=[\PRIMARYINSTANCEOB-
JECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05:EMPTYSPACE, \TP:DISTANCE:NEAR]}

ASSOCIATIONATTRIBUTE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05:EMPTYSPACE:POSITION:CENTER){element=[\PRIMARYINSTANCEOB-
JECT:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05:EMPTYSPACE, \TP:POSITION:CENTER]}

WPM:IMAGE(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05){value=[A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05]; value_type=[RI]}

ASSOCIATIONWP(A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05){element=[\WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05, \WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05]}

ASSOCIATIONSEC(HASSUPER:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05){predicate=[HASSUPER]; element=[\WPM:IM-
AGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST_I05, \WPM:IMAGE:A99_EAT_VALIDATIONTEST]}

```