



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# Ausarbeitung Anwendungen 1 WiSe 2011/12 Stefan Münchow

Modellierung menschlichen Verhaltens im  
Rahmen der Entfluchtungssimulation WALK

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Analyse</b>	<b>2</b>
2.1	Intrinsische Motivation . . . . .	2
2.2	Soziale Normen . . . . .	2
2.3	Persönlichkeit . . . . .	3
2.3.1	Five Factor Model . . . . .	3
2.3.2	Myers-Briggs Typindikator . . . . .	3
2.3.3	Sensitizer / Repressor . . . . .	3
2.4	Emotionen . . . . .	4
2.4.1	Dimensionale Theorien . . . . .	4
2.4.2	Kategoriale Theorien . . . . .	4
2.4.3	Kognitive Theorien . . . . .	5
2.5	Gruppenverhalten . . . . .	6
2.5.1	Deindividuation . . . . .	6
2.5.2	Leader / Follower . . . . .	6
2.6	Anforderungen an die Agenten . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Forschungsaspekte</b>	<b>8</b>
3.1	Agenten-Architekturen . . . . .	8
3.2	Psychologische & soziale Faktoren . . . . .	8
3.3	Forschungsziele . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Ausblick</b>	<b>10</b>
	<b>Literatur</b>	<b>11</b>

# 1 Einleitung

Die Simulation von Menschenmengen hat sich innerhalb der letzten Jahre zu einer für verschiedene Forschungsdisziplinen wichtigen Aufgabe entwickelt. Die Anwendungsgebiete reichen von militärischen Trainingssystemen bis hin zur Visualisierung von Schlachten in Hollywood-Filmen (vgl. [Zhou u. a. 2010](#), S. 2). Auch eine gesteigerte Bedrohung durch Terrorismus an öffentlichen Orten und aktuelle Unfälle auf Großveranstaltungen, wie z. B. der Loveparade in Duisburg im Sommer 2010, haben die Relevanz von Massensimulationen weiter gesteigert. In sog. *Entfluchtungssimulationen* wird die Evakuierung von Menschenmengen aus Gebäuden oder Arealen simuliert.

Das zentrale Ziel bei der Entwicklung einer Entfluchtungssimulation ist dabei stets, das komplexe Verhalten von Menschenmengen realistisch abzubilden. Dafür reicht eine rein mathematische oder physikalische Modellierung in den meisten Fällen nicht aus (vgl. [Zhou u. a. 2010](#), S. 2 ff.). Je nach Simulationsziel unterscheiden sich die im Modell berücksichtigten Aspekte signifikant: Während bei der Simulation von großen Menschenmengen einzelne Individuen üblicherweise nicht von Interesse sind (*makroskopische Analyse*), so sollen bei der Simulation von kleinen bis mittelgroßen Menschenmengen einzelne Individuen detailliert abgebildet werden (*mikroskopische Analyse*). In den meisten Fällen wird dies mithilfe einer Multiagentensimulation realisiert (vgl. [Zhou u. a. 2010](#), S. 7).

An der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg wird die mikroskopische Entfluchtungssimulation WALK entwickelt. Sie verwendet einen agentenbasierten Ansatz und verfolgt das Ziel, möglichst realistisches menschliches Verhalten zu simulieren. Durch die Modellierung menschlicher Faktoren, wie Persönlichkeit, Emotionen und Gruppenverhalten, soll der Realismus der Simulation deutlich erhöht werden. In der vorliegenden Arbeit wird analysiert, welche psychologischen und sozialen Phänomene innerhalb von Menschenmengen auftreten und innerhalb von WALK berücksichtigt werden sollten. Das Ziel der Arbeit besteht darin, konkrete Anforderungen an die Agenten des Simulationssystems zu formulieren und das weitere Vorgehen des Autors zu erläutern.

In Kapitel 2 werden die im Rahmen von Evakuierungen relevanten menschlichen Faktoren anhand von verbreiteten Theorien aus Psychologie und Sozialwissenschaft erläutert. Aus diesen Faktoren werden Anforderungen an die Agenten von WALK abgeleitet. Kapitel 3 betrachtet den aktuellen Forschungsstand aus Sicht der Informatik und erläutert die Forschungsziele des Autors. Kapitel 4 gibt einen kurzen Ausblick auf das weitere Vorgehen.

## 2 Analyse

Im folgenden Kapitel werden ausgewählte psychologische und soziale Phänomene erläutert, die das Verhalten von Menschen in Massensituationen auszeichnen und damit für die Abbildung innerhalb einer Entfluchtungssimulation relevant sein könnten. Anschließend werden aus den vorgestellten Phänomenen Anforderungen an die Agenten von WALK hergeleitet. Physiologische Aspekte werden dabei nicht betrachtet.

### 2.1 Intrinsische Motivation

Jeder Mensch besitzt übergeordnete Absichten und Bedürfnisse, die ihn intrinsisch dazu motivieren, bestimmte Ziele zu verfolgen. Die bekannte Bedürfnispyramide von [Maslow u. a. \(1970\)](#) bringt die menschlichen Bedürfnisse in eine Hierarchie. Jeder Mensch befriedigt zunächst die wichtigsten Grundbedürfnisse, bevor er sich weiteren, höheren Bedürfnissen widmet. Die zwei wichtigsten Bedürfniskategorien sind rein physiologische Bedürfnisse, die das Überleben sicherstellen, und das Bedürfnis nach Sicherheit. In einer Bedrohungssituation werden die wichtigsten Ziele einer Person darin bestehen, diese Bedürfnisse zu befriedigen. Erst wenn sie erfüllt wurden, können andere Ziele verfolgt werden.

Eine weitete Beobachtung besteht darin, dass jeder Mensch ganz selbstverständlich dazu in der Lage ist, mehrere Ziele parallel zu verfolgen (vgl. [Loyall 1997](#), S. 19-20).

### 2.2 Soziale Normen

Normen sind Verhaltensregeln, die von einer Mehrheit der Individuen einer Gesellschaft befolgt werden. Sie sind kulturabhängig und werden im Rahmen der kindlichen Sozialisation gelernt. Bei Menschenmengen oft zu beobachtende Bewegungsmuster können sich aufgrund sozialer Normen ergeben. So entstehen an dicht gedrängten Orten, z. B. Bahnhöfen, häufig zwei entgegengesetzte „Laufspuren“, auf denen sich die Menschen bewegen (vgl. [Koh und Zhou 2011](#), S. 15). Normen haben zudem einen starken Einfluss auf die Wahl des Verhaltens: Sie dienen dazu, Handlungen oder Handlungsalternativen zu bewerten. Altruismus ist z. B. eine Verhaltensweise, die durch eine soziale Norm ausgelöst werden kann. Zudem löst die Bewertung einer Handlung nach einer Norm bestimmte Emotionen, wie Angst oder Schuld aus. Eine weitere Eigenschaft von Normen besteht darin, dass sie nicht von allen Individuen einer Gesellschaft befolgt werden (vgl. [Bierhoff 2006](#), S. 111).

## 2.3 Persönlichkeit

Die Persönlichkeit eines Menschen besteht aus grundsätzlichen Eigenschaften, die ihn von anderen Menschen unterscheiden und als Individuum auszeichnen. Diese Eigenschaften sind teilweise angeboren und teilweise durch Erfahrungen und Erlebnisse bedingt. Die Persönlichkeit besteht aus Präferenzen von bestimmten Verhaltensweisen und der Empfänglichkeit für bestimmte Emotionen. In der Psychologie existieren verschiedene Theorien über die Beschreibung von Persönlichkeitseigenschaften, von denen drei ausgewählte im Folgenden kurz dargestellt werden.

### 2.3.1 Five Factor Model

Im Five-Factor-Modell wird eine Persönlichkeit über fünf Eigenschaften beschrieben, die eine bestimmte Ausprägung haben. Die Eigenschaften sind Extraversion, (Sozial-)Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit, Offenheit für Erfahrungen und Neurotizismus (emotionale Stabilität). Auf diese Weise lassen sich viele verschiedene Persönlichkeitstypen beschreiben. Ein Problem des Modells besteht darin, dass sich aus einer Belegung der verschiedenen Persönlichkeitsvariablen kein bestimmtes Verhalten voraussagen lässt. Individuen mit den selben Persönlichkeitswerten können in einer gegebenen Situation sehr divergentes Verhalten zeigen. In jedem Fall müssen Erfahrungen und persönliche Ziele einer Person zusätzlich berücksichtigt werden (vgl. [Campos u. a. 2006](#)).

### 2.3.2 Myers-Briggs Typindikator

Der Myers-Briggs-Typindikator teilt Persönlichkeiten in 16 verschiedene Kategorien ein. Die Kategorien ergeben sich aus vier Persönlichkeitseigenschaften, wobei für jede Eigenschaft zwei gegensätzliche Präferenzen existieren. Die Theorie geht davon aus, dass jede Person bestimmte Verhaltenspräferenzen hat. Die vier Dimensionen sind Extraversion vs. Introversion, Wahrnehmung vs. Intuition, Denken vs. Fühlen und Beurteilen vs. Erkennen. Da das Modell davon ausgeht, dass jeder Mensch eindeutig einer von 16 Kategorien zugeordnet werden kann, wird es von einigen Psychologen stark kritisiert (vgl. [Pittenger 1993](#)).

### 2.3.3 Sensitizer / Repressor

Die Sensitizer- / Repressor-Theorie beschreibt die Präferenz einer Person im Umgang mit Stress. Sie unterscheidet sich von den vorher vorgestellten Modellen dahingehend, dass der Fokus auf der Stressbewältigung (engl. *coping behavior*) liegt. Sensitization und Repression

sind die entgegengesetzten Pole einer Skala, mit der eine Person beschrieben wird. Personen, die als Sensitizer gelten, reagieren empfindlicher auf Stress und neigen dazu, ängstliches Verhalten zu zeigen. Im Gegensatz dazu unterdrücken Repressoren ihre Stressempfindung und vermeiden es, über mögliche negative Ausgänge einer Situation nachzudenken. Sie zeigen in einer Bedrohungssituation weniger Angst (vgl. [Byrne 1964](#)).

## 2.4 Emotionen

In der Psychologie existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Theorien über die Funktion und Beschreibung von Emotionen. Nach [Holodynski \(2006, S. 10\)](#) handelt es sich bei einer Emotion um eine „beobachtbare Konfiguration von (peripher-)physiologischen Veränderungen, Ausdrucks- und Erlebensformen“. Durch diese werden die Handlungen und der situative Kontext in Hinblick auf die persönlichen Motive bewertet. So führt z. B. die Nichterreichung eines Ziels zu Frustration. Eine so ausgelöste Emotion führt zu Bewältigungshandlungen, die der Erreichung des individuellen Ziels dienen sollen. Ein sehr komplexer Vorgang ist dabei die Bewertung einer Situation in Bezug auf die persönlichen Motive (das sog. *Appraisal*). Über den genauen Ablauf dieses Prozesses herrscht Uneinigkeit zwischen verschiedenen Psychologen (vgl. [Holodynski 2006, S. 41-43](#)). Ebenso existieren verschiedene Theorien darüber, wie Emotionen beschrieben oder kategorisiert werden können. Im Folgenden werden einige dieser Theorien beschrieben.

### 2.4.1 Dimensionale Theorien

Dimensionalen Emotionstheorien gehen davon aus, dass jede Emotion über Ausprägungen verschiedener Dimensionen beschrieben werden kann. Obwohl sich die Namen der Dimensionen in den verschiedenen Theorien unterscheiden, sind nach [Picard \(2000\)](#) drei häufig auftretende Dimensionen identifizierbar: Erregung (ruhig vs. aufgeregt), Valenz (positiv vs. negativ) und Kontrolle (kontrollierbar vs. nicht kontrollierbar). Dimensionenmodelle haben den Vorteil, dass sie Emotionen kontinuierlich über die Zeit beschreiben und so fließende Übergänge zwischen verschiedenen Emotionen abbilden können.

### 2.4.2 Kategoriale Theorien

Kategoriale Emotionstheorien nehmen an, dass eine feste Anzahl an Basisemotionen existiert, aus denen sich alle weiteren Emotionen zusammensetzen. Der bekannteste Vertreter dieser Theorien ist die evolutionspsychologische Emotionstheorie nach [Plutchik \(1997\)](#). Plutchik geht in seiner Theorie von acht Basisemotionen aus: Furcht, Wut, Freude, Trauer, Akzeptanz, Ekel, Erstaunen und Neugierde. Durch eine Vermischung dieser Emotionen können

alle weiteren gebildet werden. Eine Dimension *Intensität* gibt die Stärke einer Emotion an. Für die Basisemotionen wurden evolutionär bedingte prototypische Verhaltensweisen, z. B. Fluchtverhalten bei Angst, beschrieben.

In den verschiedenen kategorialen Theorien besteht wenig Einigkeit über die Anzahl und Auswahl der Basisemotionen. Ein häufiges Argument gegen kategoriale Theorien besteht darin, dass die Auswahl der Basisemotionen nach verschiedenen Kriterien erfolgen kann und somit eine gewisse Beliebigkeit aufweist. Zudem sind sie nicht in der Lage, die Entwicklung von Emotionen über die Zeit zu beschreiben (vgl. [Ortony u. a. 1990](#)).

### 2.4.3 Kognitive Theorien

[Ortony, Clore und Collins \(1988\)](#) entwickelten ein Modell zur Kategorisierung von Emotionen aus Sicht der Kognitionspsychologie. Es wird meist durch ein Akronym der Nachnamen der drei Autoren *OCC-Modell* genannt. Die Emotionen werden dabei in drei Kategorien von Stimuli eingeteilt, die eine Emotion auslösen können. Außerdem geht die Theorie davon aus, dass eine Emotion durch die subjektive Bewertung einer gegebenen Situation entsteht.

Die erste Kategorie enthält *Konsequenzen von Ereignissen*. Die Folgen eines Ereignisses können entweder wünschenswert oder unangenehm sein. Es wird außerdem unterschieden, ob die Folgen relevant für die bewertende Person selbst oder für eine andere Person sind. Beziehen sich die Folgen auf eine andere Person, bedingt dies entweder Neid oder Freude für die andere Person oder, im Falle eines unangenehmen Ereignisses, Schadenfreude oder Mitleid. Beziehen sich die Folgen auf die bewertende Person selbst, so kann dies Freude, Enttäuschung, Hoffnung und Angst auslösen. Die zweite Kategorie bezieht sich auf *Handlungen von Personen*. Eine Handlung kann entweder positiv oder negativ bewertet werden. Wird eine Handlung der bewertenden Person selbst betrachtet, so führt dies zu Stolz oder Scham. Im Falle einer anderen Person wird Bewunderung oder Ablehnung ausgelöst. Die letzte Kategorie bewertet die *Attraktivität von Objekten*. Ein Objekt ist für eine Person attraktiv oder nicht (vgl. [Ortony u. a. 1988](#)).

Die Intensität einer Emotion wird im OCC-Modell über mehrere Intensitätsvariablen bestimmt. Es existieren globale Variablen, z.B. die Erregung (arousal), und kategoriespezifische oder lokale Variablen, die sich nur auf eine bestimmte Kategorie oder Emotion beziehen. Das OCC-Modell wird häufig in Softwaremodellen verwendet. Dies liegt daran, dass es sehr klar strukturiert ist und mit seiner baumartigen Struktur der Denkweise von Informatikern entgegenkommt (vgl. [Becker-Asano 2008](#), S. 40 ff.).

## 2.5 Gruppenverhalten

Jedes Individuum gehört bestimmten sozialen Gruppen an, die sich stark auf sein Verhalten auswirken. Zum einen sind dies feste Gruppen, wie z. B. Familien, zum anderen bilden sich im Laufe von Massensituationen dynamische Gruppen aus Personen, die ein gemeinsames Ziel verfolgen oder vor einer gemeinsamen Bedrohung fliehen (vgl. [Zhou u. a. 2010](#), S. 29).

Neben der Existenz dieser Gruppen treten weitere Phänomene auf, die sich auf das Verhalten der Individuen auswirken. Zwei dieser Phänomene werden im Folgenden beschrieben.

### 2.5.1 Deindividuation

Menschen verhalten sich in Gruppen anders, als wenn sie allein wären. Laut [Aronson und Wilson \(2008](#), S. 330 ff.) kommt es zu einem „Lockern der normalen Verhaltenseinschränkungen beim Einzelnen, wenn er sich in einer Gruppe befindet, wobei es vermehrt zu impulsiven und von der gesellschaftlichen Norm abweichenden Handlungen kommt“. Durch die verringerte Wahrscheinlichkeit, in der Menge aufzufallen, sinkt das Verantwortungsgefühl für die eigenen Handlungen. Außerdem stärkt Deindividuation das Befolgen von Gruppennormen (die sich von den gesellschaftlichen Normen stark unterscheiden können). Wenn z.B. gewalttätiges Verhalten die Norm der Gruppe ist, so wird eine einzelne Person eher zu aggressiven Handlungen neigen (vgl. [Aronson und Wilson 2008](#), S. 331-333).

### 2.5.2 Leader / Follower

Ein weiteres häufig zu beobachtendes Phänomen besteht darin, dass bestimmte Personen in einer Gruppe die Initiative ergreifen und andere Personen führen. Derartige Leader werden durch Aspekte wie das Alter, die Persönlichkeit oder die Kenntnis der Umgebung ausgewählt. Follower sind die Personen, die dem Leader vertrauen und ihm folgen. Stirbt ein Leader oder bewegt er sich außerhalb des Sichtradius eines Followers, so kehrt der Follower zu seinem individuellen Verhalten zurück (vgl. [Aguirre u. a. 2011](#), S. 13). Ein Feuerwehrmann, der die Menschen aus einem brennenden Gebäude führt, ist ein Beispiel für einen Leader.

## 2.6 Anforderungen an die Agenten

Aus diesen psychologischen und sozialen Faktoren ergeben sich eine Anzahl an Anforderungen an die Agenten einer Entfluchtungssimulation. Eine Teilmenge von ihnen wird als Ausgangspunkt für die Modellierung der Agenten von WALK dienen. Folgende allgemeine Anforderungen lassen sich aus den o.g. Faktoren ableiten:



1. Agenten können verschiedene Rollen besitzen, z. B. Besucher oder Rettungskraft (vgl. [2.1](#), [2.5](#)).
2. Agenten besitzen bestimmte höhere Ziele, die sie selbstständig und ohne externe Einwirkung verfolgen. Ein Agent mit der Rolle Rettungskraft verfolgt z. B. das höhere Ziel, möglichst viele Personen unverletzt aus dem Gebäude zu führen (vgl. [2.1](#)).
3. Agenten können mehrere Ziele verfolgen und sie entsprechend priorisieren (vgl. [2.1](#)).
4. Agenten sind in der Lage, soziale Normen in ihrer Wissensbasis abzulegen (vgl. [2.2](#)).
5. Die in der Wissensbasis der Agenten vorhandenen Normen haben einen Einfluss auf ihre Zielauswahl, Planung und die Wegfindung. Außerdem beeinflussen sie den emotionalen Zustand der Agenten (vgl. [2.2](#)).
6. Agenten haben individuelle Persönlichkeitseigenschaften. Diese können physiologischer (z. B. Körperkraft, Ausdauer) und psychologischer (präferierte Verhaltensweisen, Empfänglichkeit gegenüber Emotionen) Art sein (vgl. [2.3](#)).
7. Die Persönlichkeitseigenschaften der Agenten beeinflussen ihre Zielauswahl, Planung, Emotionen, das Sozialverhalten und die Wegfindung (vgl. [2.3](#)).
8. Agenten haben einen emotionalen Zustand, der durch eine Bewertung ihrer aktuellen Situation hervorgerufen wird (vgl. [2.4](#)).
9. Der emotionale Zustand der Agenten beeinflusst ihre Zielauswahl, Planung und ihr Sozialverhalten (vgl. [2.4](#)).
10. Die Intensität einer Emotion der Agenten nimmt über die Zeit ab. Löst eine Situation in einem Agenten Angst aus und folgt kein weiteres Ereignis, das die Emotion erneut auslöst, so lässt die Angst mit der Zeit nach (vgl. [2.4](#)).
11. Agenten sind in der Lage, eine Repräsentation für soziale Gruppen in ihrer Wissensbasis abzulegen. Außerdem haben sie Kenntnis über ihre eigene Zugehörigkeit und Rolle in einer sozialen Gruppe (vgl. [2.5](#)).
12. Eine soziale Gruppe kann eine Gruppennorm besitzen, die von allen zugehörigen Agenten angenommen wird (vgl. [2.5](#)).
13. Agenten können Annahmen über andere Agenten treffen. Eine solche Annahme könnte z. B. die Kenntnis der Umgebung betreffen (vgl. [2.5](#)).
14. Agenten können das Verhalten eines anderen Agenten unter bestimmten Umständen adaptieren. Sie entscheiden sich dazu auf Basis der Rolle des anderen Agenten oder durch Annahmen, die sie über diesen treffen (vgl. [2.3](#), [2.5](#)).

## 3 Forschungsaspekte

In diesem Abschnitt wird kurz der aktuelle Stand der Forschung in Hinblick auf die in Abschnitt 2 genannten Faktoren erläutert.

### 3.1 Agenten-Architekturen

Die Umsetzung menschlicher Faktoren in Agenten ist zunächst einmal eine softwaretechnische Herausforderung. Es wurden bereits einige Agentenarchitekturen entwickelt, die kognitive und psychologische Prozesse von Lebewesen abbilden. Eine bekannte Architektur ist in diesem Zusammenhang die *C4*-Architektur von [Downie und Blumberg \(2001\)](#). Sie teilt das Innere des Agenten in mehrere Komponenten auf, die über ein Working-Memory miteinander kommunizieren. Die *PECS*-Architektur von [Urban und Schmidt \(2001\)](#) ist ebenfalls eine komponentenorientierte Agentenarchitektur, die u.a. Komponenten für Emotion und den sozialen Status vorsieht.

Inwieweit diese Architekturansätze für die Agenten in WALK geeignet sind, hängt stark von den erwünschten Simulationsergebnissen ab. Voraussetzung für die Bewertung ist eine konkrete Formulierung der zu erzielenden Simulationsergebnisse. Dies wird ein wichtiges Ziel des Projekts in den nächsten Monaten darstellen.

### 3.2 Psychologische & soziale Faktoren

[Zhou u. a. \(2010\)](#) haben den aktuellen Stand der Forschung im Bereich der Verhaltensmodellierung in Agenten untersucht. Die Autoren verglichen dazu einige bekannte Simulationsmodelle in Hinblick auf physische, psychologische und soziale Faktoren. Sie bewerteten die Umsetzung folgender Aspekte:

<b>Physikalische Faktoren</b>	Die messbaren physikalischen Faktoren, wie die Positionen der Agenten und Bewegungsgeschwindigkeiten.
<b>Soziale Faktoren</b>	Hierzu gehören soziale Phänomene, wie soziale Normen, soziale Gruppen und Führungspersonen.
<b>Psychologische Faktoren</b>	Hierzu gehören psychologische Faktoren, die das Verhalten der Agenten beeinflussen, wie Emotionen und Persönlichkeit.

Das Ergebnis des Vergleichs ist in Abbildung 1 dargestellt. Während alle Simulationsmodelle physikalische Faktoren abbilden, werden psychologische und soziale Faktoren nur eingeschränkt berücksichtigt. Nur zwei Simulationsmodelle berücksichtigen psychologische Aspekte in größerem Umfang. Soziale Faktoren sind bei allen untersuchten Modellen nur teilweise berücksichtigt worden.

Research Group	Behavioral Factors			Evaluation on Runtime Performance	
	<i>Physical Factors</i>	<i>Social Factors</i>	<i>Psychological Factors</i>	<i>Number of Agents (Scalability)</i>	<i>Execution Efficiency</i>
Deffuant	No	Limited	Limited	hundreds	Not applicable
Salzarulo	No	Limited	Limited	hundreds	Not applicable
Crowd Dynamics	Yes	Almost no	Almost no	Thousands	real-time
VRLab@EPFL	Yes	Limited	Limited	Tens to Tens of Thousands	real-time
MRL@NYU	Yes	Limited	Limited	Less than 1,400	real-time
VMASC	Yes	Almost no	Yes	Not available	Not available
CHMS@UPenn	Yes	Limited	Yes	Less than 1,800	real-time

Abbildung 1: Vergleich Agentenbasierter Massensimulationen (Zhou u. a. 2010, S. 27)

Zhou u. a. (2010, S. 28 ff.) kommen zu dem Schluss, dass im Bereich der Verhaltensmodellierung einige offene Fragen bestehen. Ein selten berücksichtigter Aspekt der vorhandenen Modelle besteht in der Abbildung sozialer Gruppen und ihrer Auswirkung auf das Verhalten einzelner Agenten. Ein weiterer offener Punkt ist die Allgemeingültigkeit der vorhandenen Ansätze. Fast alle Massensimulationen sind auf ein spezielles Szenario ausgerichtet und nicht verallgemeinerbar.

Eine Bestandsaufnahme des aktuellen Forschungsstands der Verhaltensmodellierung wurde von Giordano u. a. (2004) bereits im Jahr 2004 durchgeführt. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass die zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Modelle sehr spezialisiert waren. Sie gingen weitergehend davon aus, dass ein allgemeines Simulationsmodell, in dem kognitive, psychologische und soziale Faktoren berücksichtigt werden, zum Zeitpunkt der Publikation durch technische Einschränkungen nicht realisierbar war. Trotz fortschreitenden technischen Möglichkeiten scheint dies Problem bis heute zu bestehen.

### 3.3 Forschungsziele

Im Gegensatz zu vielen bestehenden Ansätzen, werden die Agenten in WALK anhand sehr unterschiedlicher Szenarien entwickelt und getestet. Dadurch sollen allgemeinere Lösungsansätze zur Modellierung menschlichen Verhaltens in den Agenten erzielt werden, als sie in bisher vorhandenen Simulationsmodellen umgesetzt sind. Die Größe der simulierten Menschenmengen kann dabei zwischen zehn und mehreren tausend Agenten variieren.

Der Autor wird im Rahmen seiner Masterstudiums folgende Aspekte der Agentenmodellierung untersuchen:

- Da sich WALK zurzeit im Aufbau befindet und bis jetzt nur allgemeine Basiskomponenten, wie das Geoinformationssystem und ein Verteilungsframework konzipiert wurden, wurden die zu erwartenden Ergebnisse der Simulation bisher nicht konkretisiert. Dies wird der nächste Schritt sein, um entscheiden zu können, welche menschlichen Faktoren in welchem Detailgrad berücksichtigt werden müssen.
- Es wird nicht möglich sein, alle in dieser Arbeit genannten Anforderungen in WALK im Detail abzubilden. In Zusammenarbeit mit Psychologen muss untersucht werden, welche der genannten Faktoren einen signifikanten Einfluss auf das Simulationsziel haben.
- Die Entwicklung einer geeigneten Agentenarchitektur ist eine softwaretechnische Herausforderung. Der Autor wird bestehende Ansätze miteinander vergleichen und eine Lösung für WALK erarbeiten. Um die Erprobung verschiedener psychologischer und sozialer Modelle zu ermöglichen, soll die Architektur möglichst unabhängig von bestimmten Modellen entwickelt werden.
- Anschließend sollen psychologische und soziale Theorien ausgewählt und in den Agenten abgebildet werden. Hier können eventuell bestehende Ansätze verwendet werden.

Besonders interessant erscheint dem Autor hierbei die Modellierung sozialer Aspekte, wie Gruppenverhalten. In diesem Bereich existieren bisher nur wenige Lösungsansätze, während für die Abbildung von Emotionen und Persönlichkeit bereits einige vielversprechende Ansätze veröffentlicht wurden. Aus diesem Grund könnte die Abbildung sozialer Phänomene in WALK ein möglicher Forschungsschwerpunkt des Autors werden.

## 4 Ausblick

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass eine Vielzahl von psychologischen und sozialen Faktoren im Rahmen einer Entfluchtungssimulation berücksichtigt werden müssen, um ein realistisches Massenverhalten zu simulieren. Es wurde außerdem deutlich, dass im Bereich der Verhaltensmodellierung von Agenten bisher nur wenige allgemein verwendbare Lösungsansätze existieren und der Bedarf nach weiterer Forschung in diesem Bereich sehr groß ist.

Das Simulationssystem WALK befindet sich zurzeit im Aufbau. Es hat das Ziel, möglichst realistisches menschliches Verhalten in den Agenten abzubilden. Um sich diesem Ziel zu nähern, soll zunächst eine Testumgebung geschaffen werden, die es Informatikern und Psychologen ermöglicht, verschiedene Theorien umzusetzen und miteinander zu vergleichen. Dieses Vorgehen soll eine iterative Verbesserung des Simulationssystems ermöglichen.

## Literatur

- [Aguirre u. a. 2011] AGUIRRE, B. E. ; EL-TAWIL, Sherif ; BEST, Eric ; GILL, Kimberly B. ; FEDOROV, Vladimir ; JUSTICE, Criminal ; FACULTY, Core ; ARBOR, Ann: Contemporary Social Science. In: *Social Science* (2011), Nr. December, S. 37–41
- [Aronson und Wilson 2008] ARONSON, E. ; WILSON, T.: Sozialpsychologie. (2008). – URL [http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=WQUpuI15vs4C&oi=fnd&pg=PR19&dq=E.+Aronson,+T.+Wilson,+R.+Akert:+Sozialpsychologie&ots=BBTZl\\_kyJz&sig=LhjLqz5rFVUo2jzrplG3TBJrDM0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=WQUpuI15vs4C&oi=fnd&pg=PR19&dq=E.+Aronson,+T.+Wilson,+R.+Akert:+Sozialpsychologie&ots=BBTZl_kyJz&sig=LhjLqz5rFVUo2jzrplG3TBJrDM0#v=onepage&q&f=false)
- [Becker-Asano 2008] BECKER-ASANO, C.: *WASABI: Affect simulation for agents with believable interactivity*. Bd. 319. IOS Press, 2008. – URL [http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=8ABvlwHBCQIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=WASABI:+Affect+Simulation+for+Agents+with+Believable+Interactivity&ots=m6MbB\\_5Asv&sig=10M19P73nPcmmZAiq9nlJT\\_-RDM](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=8ABvlwHBCQIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=WASABI:+Affect+Simulation+for+Agents+with+Believable+Interactivity&ots=m6MbB_5Asv&sig=10M19P73nPcmmZAiq9nlJT_-RDM)
- [Bierhoff 2006] BIERHOFF, H.W.: *Sozialpsychologie: Ein Lehrbuch*. W. Kohlhammer Verlag, 2006. – URL [http://books.google.de/books?id=4SEKFBfSKwAC&printsec=frontcover&dq=sozialpsychologie&hl=de&sa=X&ei=GRpJT\\_30NMjoObCo8eYN&ved=0CEIQ6AEwAg#v=onepage&q=sozialpsychologie&f=false](http://books.google.de/books?id=4SEKFBfSKwAC&printsec=frontcover&dq=sozialpsychologie&hl=de&sa=X&ei=GRpJT_30NMjoObCo8eYN&ved=0CEIQ6AEwAg#v=onepage&q=sozialpsychologie&f=false)
- [Byrne 1964] BYRNE, D.: Repression-Sensitization as a Dimension of Personality. In: *Progress in experimental personality research* 72 (1964), S. 169. – URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14348120>
- [Campos u. a. 2006] CAMPOS, André M. C. ; SANTOS, Emanuel B. ; CANUTO, Anne M. P. ; SOARES, Rodrigo G. ; ALCHIERI, Joao C.: A flexible framework for representing personality in agents. In: *Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems - AAMAS 2006* (2006), S. 97. – URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1160633.1160645>
- [Downie und Blumberg 2001] DOWNIE, R.B.D.I.M. ; BLUMBERG, Y.I.B.: Creature smarts: The art and architecture of a virtual brain. In: *Society* (2001). – URL <http://yayamoose.homelinux.com/~ripper/mirrors/www.gdconf.com/archives/proceedings/2001/burke.pdf>
- [Giordano u. a. 2004] GIORDANO, JC ; REYNOLDS JR, P.F. ; BROGAN, D.C.: Exploring the constraints of human behavior representation. In: *Proceedings of the 36th conference*

- on *Winter simulation*, Winter Simulation Conference, 2004, S. 912–920. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1161902>
- [Holodynski 2006] HOLODYNski, M: Emotionen-Entwicklung und Regulation. (2006). – URL <http://books.google.de/books?id=zBahu0WX7SAC&printsec=frontcover&dq=holodinsky+friedlmeier&hl=de&sa=X&ei=FANBT8TkDYnZsgalssnxBA&ved=0CDUQ6AEwAA#v=onepage&q=holodinskyfiedlmeier&f=false>
- [Koh und Zhou 2011] KOH, Wee L. ; ZHOU, Suiping: Modeling and simulation of pedestrian behaviors in crowded places. In: *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation* 21 (2011), März, Nr. 3, S. 1–23. – URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1921598.1921604>. – ISSN 10493301
- [Loyall 1997] LOYALL, AB: Believable agents: building interactive personalities. In: *Fujitsu* (1997), Nr. May. – URL <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/misc/mosaic/common/omega/Web/People/oz/papers/CMU-CS-97-123.pdf>
- [Maslow u. a. 1970] MASLOW, A.H. ; FRAGER, R. ; FADIMAN, J.: *Motivation and personality*. Bd. 2. Harper & Row New York, 1970. – URL <http://www.chaight.com/Wk15E205BMaslow-HumanMotivation.pdf>
- [Ortony u. a. 1988] ORTONY, A. ; CLORE, G. ; COLLINS, A.: The Cognitive Structure of Emotions. (1988). – URL [http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=dA3JEEAp6TsC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Ortony,+A.,+Clare,+G.L.,+%26+Collins+\(1988\):+The+Cognitive+Structure+of+Emotions&ots=HULEZo7Qn5&sig=R1P1YuVWTTok\\_2dtNS425WQSSx8#v=onepage&q&f=false](http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=dA3JEEAp6TsC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Ortony,+A.,+Clare,+G.L.,+%26+Collins+(1988):+The+Cognitive+Structure+of+Emotions&ots=HULEZo7Qn5&sig=R1P1YuVWTTok_2dtNS425WQSSx8#v=onepage&q&f=false)
- [Ortony u. a. 1990] ORTONY, Andrew ; CLORE, Gerald ; FRIJDA, Nico ; GRAY, Jeffrey ; ELLSWORTH, Phoebe ; JOHNSON-LAIRD, Philip ; TEASDALE, John ; WATTS, Fraser: Whats Basic About Basic Emotions? In: *Psychological Review* 97 (1990), Nr. 3, S. 315–331
- [Picard 2000] PICARD, R.W.: *Affective computing*. The MIT press, Dezember 2000. – 228–48 S. – URL <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2781888&tool=pmcentrez&rendertype=abstracthttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=GaVncRTcblgC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Affective+Computing&ots=F2idoowceb&sig=ySLMCCz38-TFB87naZeOOb1YHZk>. ISSN 0077-8923
- [Pittenger 1993] PITTENGER, D.J.: Measuring the MBTI ... And Coming Up Short. In: *Journal of Career Planning and Employment* 54 (1993), Nr. 1, S. 48–52. – URL <http://www.indiana.edu/~jobtalk/Articles/develop/mbti.pdf>

- [Plutchik 1997] PLUTCHIK, R.: The circumplex as a general model of the structure of emotions and personality. (1997). – URL <http://psycnet.apa.org/books/10261/001>
- [Urban und Schmidt 2001] URBAN, Christoph ; SCHMIDT, B.: PECS–Agent-Based Modelling of Human Behaviour. In: *Emotional and Intelligent II- The Tangled Knot of Social Cognition, AAAI Fall Symposium*, URL <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:PECS+?+Agent-Based+Modelling+of+Human+Behaviour#0>, 2001
- [Zhou u. a. 2010] ZHOU, Suiping ; CHEN, Dan ; CAI, Wentong ; LUO, Linbo ; LOW, Malcolm Yoke H. ; TIAN, Feng ; TAY, Victor Su-Han ; ONG, Darren Wee S. ; HAMILTON, Benjamin D.: Crowd modeling and simulation technologies. In: *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation* 20 (2010), Oktober, Nr. 4, S. 1–35. – URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1842722.1842725>. – ISSN 10493301