



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

1. Master Seminar

Nils Feyerabend

Modelling Artificial Societies with climate economic impact

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

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

Nils Feyerabend

Modelling Artificial Societies with climate economic impact

1. Master Seminar eingereicht im Rahmen der 1. Master Seminar

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

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Thiel-Clemen

Eingereicht am: 10.03.2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Motivation	1
2	Einstieg	3
2.1	Vorteile einer Artificial Society	3
3	Historie	4
3.1	Einführung in Piaget's Theory of Exchange Values	4
3.1.1	Piaget's Theory of Exchange Values	4
3.1.2	Modellierung eines Austausches	4
3.1.3	Fazit	5
3.2	Putman's Two Level Game	6
3.3	Ein Multi-Agenten Modell mit dynamischen Reaktionen auf Klimaveränderungen	6
3.3.1	Weltanschauung der Agenten	7
3.3.2	Modellierung des Weltmanagements und deren Auswirkungen	8
3.3.3	Fazit	9
4	Related Work	10
4.1	Journals & Konferenzen	11
4.1.1	Journals	11
4.1.2	Konferenzen	12
4.1.3	Arbeitsgruppen	12
5	Ausblick	13

1 Einführung

In diesem Paper soll ein Teilbereich, aus dem aktuellen Stand der Forschung im Bereich Artificial Societies, vorgestellt werden. Spezifisch handelt es sich um Modelle mit ökonomischen und klimatischen Einflüssen. Die Literatur zeigt, dass die Modellierung eines solchen Systems keine triviale Aufgabe ist. Laut (Gerst *et al.*, 2012) umfassen solche Systeme eine vernetzte Modellierung von Klima- und Sozialen-Systemen, die auf mehreren Ebenen miteinander agieren. Oft werden diese Modelle vereinfacht (z.B. mit Integrated Assesments Modelles¹). Laut (Gerst *et al.*, 2012), wurden zwar viele wichtige Erkenntnisse durch diese gewonnen, allerdings merken die Autoren an, dass diese vereinfachten Modelle oft stark von der Wirklichkeit abweichen, sodass aus einer komplexen Problemstellung ein Optimierungsproblem gemacht wird. Diese These wird von (Janssen & Vries, 1998) bestätigt. Sie fügt außerdem an, dass zur Beantwortung komplexerer Fragestellungen, wie zum Beispiel die Entwicklung einer Gesellschaft, auch komplexere Modelle benötigt werden. Als eine Möglichkeit zur Modellierung von tiefer gehenden Szenarien werden oft Artificial Societies genannt (z.B. in (Janssen & Vries, 1998), (Rodrigues & Costa, 2003), (Rodrigues & Costa, 2003) und (Vanhée *et al.*, 2013)). Das Ziel dieser Arbeit ist es, Ansätze und Theorien zu untersuchen und zu bewerten, die für die Modellierung einer virtuellen Gesellschaft die auf Klimaveränderungen und deren Auswirkungen auf die Wirtschaft reagiert, hilfreich sind.

1.1 Motivation

Die Frage, ob es einen Klimawandel geben wird und falls ja, ob dieser Auswirkungen auf das menschliche Zusammenleben hat, wird in der wissenschaftlichen Gemeinde vielerorts mit ja beantwortet (z.B. (Scricciu *et al.*, 2013) & (Pachauri, 2008)). Eine weitestgehend unbeantwortete Frage ist allerdings, welche Auswirkungen diese Änderungen auf unsere Gesellschaft haben wird und wie die Gesellschaft auf diese Veränderungen reagieren könnte. Zurzeit werden viele spannende Modelle zur Modellierung dieser Probleme erforscht. Im Verlauf des Master-Studiums möchte ich deswegen ein Modell entwickeln, das einen Ansatz bietet diese

¹http://de.wikipedia.org/wiki/Integrated_Assessment

Fragestellung zumindest teilweise zu beantworten.

Das Paper ist wie folgt aufgebaut, in Kapitel 2 wird auf den Nutzen von Artificial Societies eingegangen. In Kapitel 3 wird Piaget's Theory of Exchange Values und Putman's Two Level Game vorgestellt. Außerdem wird in dem Kapitel ein Modell vorgestellt, das eine Wirkungsgefüge aus Artificial Society und Klima-/Wirtschafts-Simulation darstellt, vorgestellt. In Kapitel 4 werden 3 themenverwandte Paper und interessante Konferenzen, Arbeitsgruppen und Journals vorgestellt. Im 5. und letzten Kapitel möchte ich einen Überblick über den geplanten Verlauf der Entwicklung einer eigenen Artificial Society geben.

2 Einstieg

2.1 Vorteile einer Artificial Society

Wie in der Einleitung bereits angesprochen, werden Modelle zur Vorhersagen des Klimas oft als Integrated Assessment Models (IAM) dargestellt. Diese haben den großen Vorteil, dass sie komplexe Problemstellung vereinfacht darstellen können, allerdings liegt in diesem Vorteil auch ein großes Risiko. Dieses Problem wurde unter anderem von [Janssen & Vries \(1998\)](#) angesprochen und taucht immer wieder in der wissenschaftlichen Gemeinde auf ([Gerst et al., 2012](#)), ([Rodrigues & Costa, 2003](#)). Im Paper von [Janssen & Vries \(1998\)](#) wird ein besonderes Augenmerk auf IAM's geworfen, die eine gegebene Problemstellung auf ein Optimierungsproblem simplifizieren. In dieser Vereinfachung haben die Agenten des Modells perfektes Wissen über ihre Umwelt und sind in der Lage die optimale Strategie zu ermitteln (Hyper-Rational). Folglich verfügen die Agenten im Rahmen der Simulation über alle relevanten Informationen und besitzen zudem die kognitiven Fähigkeiten diese zu verarbeiten, wodurch sich eine realitätsferne Lösung des Problems ergibt, da diese Voraussetzungen für eine reale Gesellschaft als utopisch erscheinen. Im Paper von ([Gerst et al., 2012](#)) und ([Rodrigues & Costa, 2003](#)) werden ähnliche Ansichten vertreten. Ein Gegenmodell zum Hyper-Rational-Modell ist die Bounded Rationality Theorie von ([Simon, 1972](#)). In dieser haben Agenten nicht die kognitiven Fähigkeiten und das Wissen um eine optimale Entscheidung zu treffen. Die Agenten handeln in dieser Theorie somit aus einer individuelleren Perspektive. Wobei beachtet werden sollte, dass IAMs einen wichtigen und oft auch notwendigen Bestandteil darstellen, um eine komplexe Fragestellung zu beantworten. Ich möchte allerdings anmerken, dass sie nicht geeignet scheinen um eine Gesellschaft zu modellieren, die sie möglichst realitätsnah, auf einen individuellen Level, verhalten soll.

3 Historie

3.1 Einführung in Piaget's Theory of Exchange Values

Im Paper von (Rodrigues & Costa, 2003) wird versucht zu beantworten was die wichtigsten Faktoren für den sozialen Austausch in einer Gesellschaft sind. Dabei wird als Lösungsansatz ein Modell, das sich Piaget's Theory of Exchange Values zunutze macht, vorgestellt. Die Theorie und die Umsetzung werden im folgenden Absatz genauer erläutert.

3.1.1 Piaget's Theory of Exchange Values

Ein gute Definition was Piaget's Theory of Exchange Values umfasst liefert Costa (2004), dort wird sie wie folgt definiert.

Im sinne vom Poaget's Theorie ist ein Exchange ein sozialer Austausch zwischen zwei oder mehreren Personen, die eine Reaktion bei den beteiligten auslöst. Anschließend bewerten die Personen die soziale Interaktion mit einem Value. Die Werte die aus diesen Aktionen resultieren können als moralische Schulden und Guthaben angesehen werden. In der Therie wird von einem Equilibrium gesprochen, sobald das Guthaben und die Schulden von zwei Personen gleich groß sind und sich Aufgewogen haben. In der Regel versucht die Personen mit dem Guthaben seine Schulden einzufordern, oder der Schuldner seine Schuld mit einer Aktion auszugleichen. Dieses Verhaken Fördert den sozialen Austausch zwischen Personen. In der interpretation von Rodrigues & Costa (2003) wird mehrmals darauf hingewiesen das die exchange Values von qualitativer und nicht quantitativer Natur sind.

3.1.2 Modellierung eines Austausches

Eine Transaktion zwischen den Agenten besteht aus mehreren Schritten, die in Abbildung 3.1 dargestellt werden.

Stage I beschreibt wie eine Person α eine Aktion auf Bitten von einer anderen α' ausführt und wie die Exchange Values für diesen Austausch verbucht werden. Die Aktion, die α für α' ausführt, wir als $r\alpha$ dargestellt. Nachdem die Aktion ausgeführt wurde, bewertet der Initiator α' diese mit einer SSatisfaktion-Funktion", wobei diese Phase als $s\alpha'$ dargestellt wird. Im

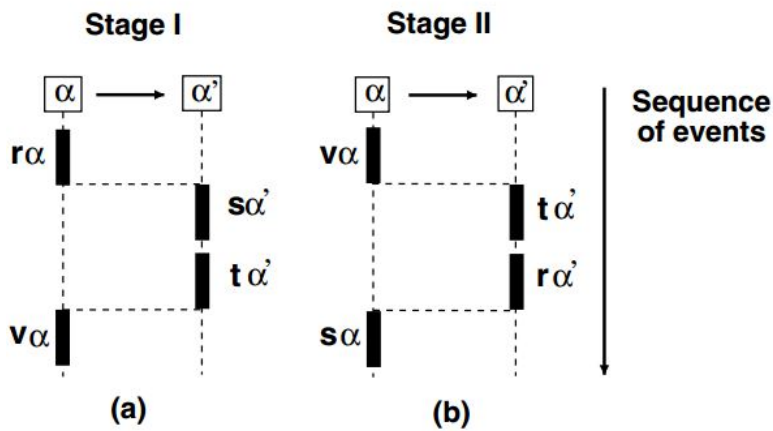


Abbildung 3.1: Modellierung eines Austausches von Exchange Values Quelle: [Rodrigues & Costa \(2003\)](#)

anschließenden Schritt $t\alpha'$, vermerkt sich α' , dass er eine moralische Schuld bei α hat und übersendet α seinem ermittelten Zufriedenheitswert aus $s\alpha'$. Dies geschieht in Schritt $t\alpha'$. Außerdem bestätigt die Nachricht α das der Austausch erfolgreich durchgeführt wurde. Im letzten Schritt $v\alpha$ erhält α den ermittelten Satisfaction-Value von α' und vermerkt sich sein Guthaben bei α' . Am Ende von Stage I hat α' eine moralische Schuld bei α ($t\alpha'$). α hat im Gegensatz ein moralisches Guthaben bei α' aufgebaut ($v\alpha$) und kann aufgrund dessen einen Gefallen von α' einfordern. In Stage II wird genau dies beschrieben. Dort fordert α , aufgrund seines Guthabens, α' auf eine Aktion für ihn auszuführen. Dies wird mit $v\alpha$ dargestellt. In der weiteren Abfolge bestätigt α' , in dem Schritt $t\alpha'$, dass er eine Schuld bei α hat und führt anschließend in Phase $r\alpha'$ die gewünschte Aktion aus. Nachdem die Aktion vollendet ist, wie in Stage I, wird eine Bewertung dieser durchgeführt. Allerdings sind diesmal die Rollen vertauscht, α bewertet die Aktion und α' nimmt die Bewertung entgegen.

3.1.3 Fazit

Das Modell aus ([Rodrigues & Costa, 2003](#)) scheint eine gute Möglichkeit zu sein, Abhängigkeiten zwischen Agenten auf einem sozialen Level zu modellieren. In [Rodrigues & Costa \(2003\)](#) wurde mit diesem Modell bereits eine Präsidentschaftswahl modelliert. Der interessante Punkt in diesem Modell ist, dass die Agenten eine sehr individuelle Beziehung untereinander entwickeln. Außerdem vermute ich, dass dieses Modell mit der Bounded Rationality vereinbar ist, welche ich in der Modellierung einer eigenen Society zu verfolgen versuche.

3.2 Putman's Two Level Game

Im Rahmen der Arbeit von (Gerst *et al.*, 2012) wird ein Methode vorgestellt, die die Modellierung von Verhandlungen zur Klimapolitik auf einer internationalen Ebene beschreibt. In den Verhandlungen fließen wirtschaftliche Interessen von z.B. Haushalten und Firmen der jeweiligen Parteien ein. Zur Modellierung der Verhandlungen wird Putman's Two Level Game verwendet. In Putman's Two Level Game finden Verhandlungen auf zwei Ebenen statt. Auf dem ersten Level(Verhandlungslevel Level) versuchen Unterhändler ein mögliches Abkommen zu erarbeiten. Es wird davon ausgegangen, dass keiner der Unterhändler ein bestimmtes Abkommen bevorzugt, sondern eines finden möchte, das den meisten Nutzen für seine Fraktion hat. Erwähnenswert ist es das im Modell von (Gerst *et al.*, 2012) die Unterhändler nicht hyperrational sind, sondern die Bestandteile der Verhandlung mit einer vagen Utility-Funktion abschätzen. Welche Werte diese Funktion für die einzelnen Bestandteile eines Abkommens berechnet ist teil des zweiten Levels(Anforderungs Level). Dort werden Bedürfnisse von z.B. Haushalten, oder Firmen definiert und aggregiert. Ergebnis dieser Funktion ist eine Annahme was wahrscheinlich das beste für die eigenen Interessen ist. Die Bedürfnisse entwickeln sich dynamisch weiter und basieren neben dem Zustand der Wirtschaft auch auf eine, sich entwickelnden, Idealvorstellung der Agenten. Dadurch das der Nutzen in den Verhandlungen geschätzt wird und die Wirtschaft von diesen beeinflusst wird, liefert das Modell von (Gerst *et al.*, 2012), laut eigenen Angaben, eine Möglichkeit Verhandlungen zu simulieren, welche direkt mit den Idealvorstellungen und Wünschen der Agenten des jeweiligen Verhandlungspartners auf Mikrolevel widerspiegeln.

3.3 Ein Multi-Agenten Modell mit dynamischen Reaktionen auf Klimaveränderungen

Ein Paper, welches sich mit Klimaeinflüssen und Wirtschaft beschäftigt, ist (Janssen & Vries, 1998). In ihrem Paper wird eine Modell vorgestellt, in dem Agenten verschiedene Anschauungen haben wie die Welt funktioniert und wie sie verwaltet werden sollte. Die Agenten repräsentieren dabei eine Gruppe von globalen Entscheidungsfindern, die eine Strategie zur weltweiten Klimapolitik vorgeben und die globalen Investments in die Wirtschaft und Emissionsreduzierungen kontrollieren. Diese beobachten die Welt und ändern, je nach Beobachtung, ihre Ansicht wie die Welt verwaltet werden soll. Mit diesem Modell wurde versucht eine Antwort zu finden, wie sich die Welt unter einer bestimmten Weltanschauungen, in Bezug auf Temperaturanstieg, Wirtschaft und CO2 Gehalt in der Luft, entwickeln könnte. Das Paper von (Janssen & Vries, 1998) ist besonders für dieses Paper interessant, da es ein Zusammenspiel

	Individualist	Hierarchist	Egalitarian
Technological development	High	Moderate	Low
Climate sensitivity	Low	Best-guess	High
Damage costs	Low	Moderate	High
Migration costs	High	Moderate	Low

Abbildung 3.2: Gewichtung der Umweltparameter Quelle: [Janssen & Vries \(1998\)](#)

von Artificial Society und Klima/Wirtschaft-Simulation beschreibt. Im Laufe des folgenden Abschnitts wird zunächst das Modell von [Janssen & Vries \(1998\)](#) erläutert und anschließend ein Fazit gezogen, welche Teilstücke des Modells für die Entwicklung einer eigenen Artificial Society nützlich sein können.

3.3.1 Weltanschauung der Agenten

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, können die Agenten verschiedene Ansichten vertreten, wie die Welt funktioniert und gehandhabt werden soll. Diese Weltanschauungen entstammen aus der Kulturtheorie und umfassen drei Ansichten. Namentlich Hierarchist (H), Egalitarian (E) und Individualist (I). Die Ansicht wie die Welt funktioniert unterscheidet sich im Modell durch vier Parameter, die in Tabelle 3.2 aufgezählt werden.

- Technological development: Dieser Parameter gibt an, wie schnell Entwicklungen in der Wirtschaft und den Energiemärkten in Richtung umweltfreundlicher Technologie geht.
- Climate sensitivity: Wie stark die Erderwärmung auf erhöhten CO₂ Ausstoß reagiert.
- Damage costs: die Höhe des wirtschaftlichen Schadens durch die Erderwärmung
- Migration costs: Die Kosten zur Energieumstellung auf CO₂ arme Alternativen.

In Tabelle 3.2 wird zusammengefasst, wie stark die Auswirkungen der verschiedenen Parametern, von den drei Gruppen eingeschätzt werden. Eine Besonderheit stellen die Hierarchisten bei der Climate sensitivity dar, da sie keine Meinung zu dem Thema haben und sich lediglich auf die Meinung von Fachexperten verlassen. Die Tabelle 3.2 gibt eine verkürzte Version aus dem Paper von ([Janssen & Vries, 1998](#)) wieder.

In ([Janssen & Vries, 1998](#)) wird zudem angemerkt, dass die Wahrnehmung der Umwelt sehr einfach dargestellt wird. Die Umwelt bietet nur Informationen über das Wirtschaftswachstum, den Anstieg der Temperatur und den CO₂ Gehalt in der Luft. Reale Akteure würden zwar

Entscheidungen auf viel komplexere Grundlagen treffen, allerdings reicht das Modell von (Janssen & Vries, 1998) aus um die Agenten mit genügend Informationen zur Entscheidungsfindung zu versorgen. Die Weltanschauung, wird im Modell, mit einem Managementstyle verknüpft, der vorgibt wo investiert werden soll und was passiert falls der Zustand der Welt sich verschlechtert. Falls sich die Welt anders verhält als erwartet, tritt ein Überraschungseffekt ein. Dieser führt dazu das sich die Weltanschauung der Agenten in eine andere Richtung verschiebt.

In der Primärliteratur wird noch genauer auf die Motivation der Agenten eingegangen. Dies würde allerdings den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschreiten, wodurch ich bei Interesse auf das originale Paper verweisen möchte.

3.3.2 Modellierung des Weltmanagements und deren Auswirkungen

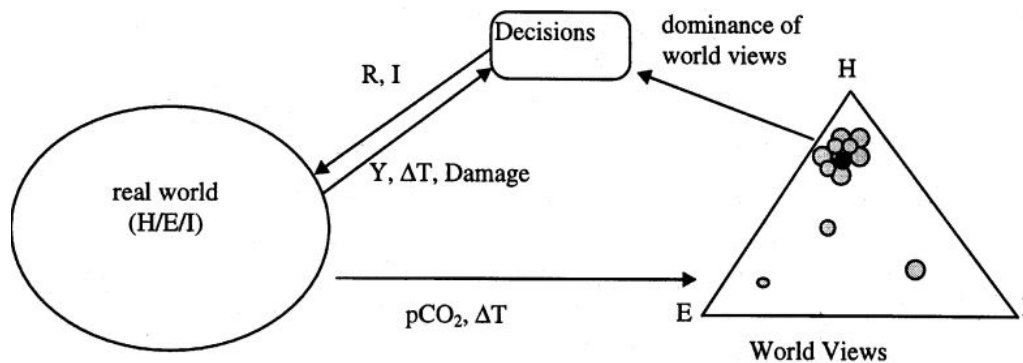


Abbildung 3.3: Wirkungsgefüge des Modells aus (Janssen & Vries, 1998) Quelle: Janssen & Vries (1998)

In Figur 3.3 wird das Wirkungsgefüge aus Entscheidungen, verschiedenen Ansichten und Beobachtung der Auswirkung visualisiert. In dem Dreieck werden die aktuellen Weltanschauungen der Agenten dargestellt, wobei die Weltanschauung mit den meisten Anhängern vorgibt, welche Klimastrategie verfolgt werden und welche Art von Wirtschaftswachstum angestrebt werden soll (dominance of world views). Zudem wird der momentane Zustand der Welt für die Entscheidungsfindung berücksichtigt. In der Abbildung wird dieser Zustand durch die runde Figur symbolisiert, wobei Änderungen in der Weltwirtschaftsleistung (Y), die Stärke mit der die globale Temperatur gestiegen ist (T), sowie die Höhe des Schadens an der Wirtschaft (Damage) als Entscheidungsfaktoren berücksichtigt werden. Beeinflusst durch die genannten Faktoren, treffen die Agenten eine Entscheidung, welche die momentane Welt verändert. Die Agenten beobachten im nächsten Zyklus die Veränderte Welt (Pfeil real World zu World Views). Falls der

erwartet Temperaturanstieg, der zusätzliche CO_2 Wert, oder der Wirtschaftliche Schaden zu sehr von einem Schwellenwert abweichen leiten die Agenten zunächst Maßnahmen ein, Falls der Wert weiter steigt ändern die Agenten ihre Weltanschauung. Die einzelnen Gruppierungen verfolgenden folgende Ziele.

Die Individualisten beobachten den Schaden des Klimawandels an der Wirtschaft(Damage). Beträgt dieser 1% des jährlichen Wirtschaftswachstums wird der Verbrauch von fossilen Brennstoffen reduziert. Falls dies nicht der Fall ist, werden die Brennstoffe unverändert benutzt. Als Ziel haben die Individualisten ein Weltwirtschaft die pro Jahr um mindestens 2% wächst, wird dieses nicht erfüllt rücken sie von der Weltanschauung ab.

Die Hierarchisten beobachten die Temperatur ΔT . Falls diese zu stark ansteigt wird versucht schneller den Verbrauch von fossilen Brennstoffen zu minimieren. Sonst wird an den Plan festgehalten die fossilen Brennstoffe in 100 Jahren minimiert zu haben. Falls die Temperatur zu stark ansteigt sie von der Weltanschauung ab.

Die Agenten mit der Egalitarian Weltanschauung beobachten den zusätzlichen CO_2 Gehalt. Ihr Ziel ist es so schnell wie möglich fossile Brennstoffe abzulösen. Im Modell dauert dies 20 Jahre. Diese Gruppe von Agenten versucht das Wirtschaftswachstum auf 0 zu reduzieren. Falls der CO_2 Gehalt trotzdem weiter ansteigt rücken die von ihrer Weltanschauung ab.

3.3.3 Fazit

Als Ergebnis der Arbeit von (Janssen & Vries, 1998) wurde gezeigt, dass es große ökonomische Nachteile hat, wenn mit der Welt zu vorsichtig umgegangen wird, oder das ein zu unvorsichtiger Management Style großen Schaden für die Bevölkerung anrichten kann. Auch wenn im Paper von (Janssen & Vries, 1998) oft darauf hingewiesen wird, dass es sich um ein Modell mit vielen Vereinfachungen handelt und die Ergebnisse, der Simulation, höchst wahrscheinlich nicht die Realität widerspiegeln weist seine Modell eine gute Methode auf um IAM's mit einer lernenden Artificial Society zu kombinieren und das Problem einer System of Systems handhabbar zu machen.

4 Related Work

Weitere themenverwandte Paper sind unter anderem ([Aschw et al., 2012](#)), in ihrem Paper wird eine Society erstellt, die in einer virtuellen Stadt lebt und ein Umweltbewusstsein besitzt. Je nach Präferenz, Umweltverschmutzung und Distanz wird ein Verkehrsmittel und die Belastung der Umwelt aufgezeichnet.

Ein weiteres Paper liefert die Arbeit von ([Stirling, 2004](#)). In dem Paper wird eine mathematische Funktion vorgestellt in der Agenten nicht die beste Lösung für sich suchen. Diese Funktion wird durch eine sozialere ersetzt, in dem der Agenten seine Ansprüche senkt um eine gute Lösung für alle zu finden.

Eine andere Methode Gesellschaften zu modellieren wird in ([Vanhée et al., 2013](#)) vorgestellt. Dort wird eine Button up Methode vorgestellt, in deren Rahmen Gesellschaften eigenständig Probleme lösen können. Das Problem wird zunächst nur durch einige Individuen observiert. Anschließend wird über die einzelnen Beobachtungen ein gesellschaftlicher Konsens gebildet. Dieser entscheidet ob das Problem gesellschaftlich anerkannt wird und eine und ob eine Institution eingeführt werden muss um das Problem zu lösen. Wie die Problemlösung der Institution aussieht, muss der Modellentwickler selbst bestimmen.

4.1 Journals & Konferenzen

4.1.1 Journals

JASSS - Journal of Artificial Societies and Social Simulation	Das Journal befasst sich mit der Erforschung und der Modellierung sozialen Prozessen und ist daher höchst relevant.
TOMACS - ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation	In diesem Journal geht es um die Modellierung und Umsetzung von Simulationszyklen, was für die spätere Umsetzung sehr relevant ist.
Environmental Modelling & Software	Dieses Journal beschäftigt sich mit der Modellierung der Umwelt und reicht von einfachen Konzepten bis hin zu sehr komplexen Modellen. Da die von mir erstellte Society auf Umwelteinflüsse reagieren soll ist dieses Journal sehr relevant.
Ecological Economics	Dieses Journal befasst sich mit der Erforschung der Ökologie und Ökonomie. Diese beiden Felder werden mit einer hoher Wahrscheinlichkeit Einfluss auf die Society haben, daher ist dieses Journal ebenfalls relevant.

4.1.2 Konferenzen

AICI – Artificial Intelligence and Computational Intelligence

In dieser Konferenz geht es allgemein um die Simulation künstlicher Intelligenz, wie z.B. einer Artificial Society.

IFAAMAS - The International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems

In dieser Konferenz geht es um künstliche Intelligenz, autonome Agenten und Multiagenten Systeme, die alle eine übergeordnete Menge von Artificial Societies sind.

ESSA - European Social Simulation Association

Diese Gruppe fördert die Entwicklung von sozialen Simulationen in Europa und stellt spannende Paper zu diesem Thema vor.

4.1.3 Arbeitsgruppen

IPCC Working Group

Das IPCC unterhält mehrere Arbeitsgruppen, die sich mit der Simulation und Entwicklung des weltweiten Klimas befassen.

The Club of Rome

Diese Arbeitsgruppe untersucht die Entwicklung der Menschheit und Arbeit sehr interdisziplinär. Sie versuchen zukünftige kritische Probleme aufzudecken, zu simulieren und auf diese aufmerksam zu machen.

5 Ausblick

Die Modellierung einer Artificial Society mit wirtschaftlichen und klimatischen Einflüssen ist keine einfache Aufgabe und erfordert die Modellierung eines System aus Systems (System of Systems - SoS). Um nicht in Details zu versinken ist es wichtig früh Vereinfachungen zu finden, ohne die Aussagekraft und die Genauigkeit des Modells zu stark zu beeinflussen. Meiner nach hat (Janssen & Vries, 1998) eine geeignete Vereinfachung gefunden, an der ich mich orientieren möchte. Für die Modellierung der Society bieten (Rodrigues & Costa, 2003) und (Gerst *et al.*, 2012) einen guten Ansatz. Die von mir erstellte Gesellschaft soll, so weit es möglich, ist der Bounded Rationality Theorie von (Simon, 1972) folgen. Wie genau diese mit den Modellen von Rodrigues & Costa (2003) und Gerst *et al.* (2012) kombiniert werden soll ist Teil des weiteren Studiums.

Literaturverzeichnis

- Aschw, Gideon D. P. A., Aschwanden, Gideon D., en, Wullschleger, Tobias, Müller, Hanspeter, & Schmitt, Gerhard. 2012. Agent based evaluation of dynamic city models. *Automation in Construction*, 22(Mar.), 81–89.
- Costa, Dimuro. 2004. The Case for Using Exchange Values in the Modelling of Collaborative Learning Interaction. *ITS 2004 Workshop W9*, June, 1–6.
- Gerst, M. D., Wang, P., Roventini, A., Fagiolo, G., Dosi, G., Howarth, R. B., & Borsuk, M. E. 2012. Agent-based modeling of climate policy: An introduction to the ENGAGE multi-level model framework. *Environmental Modelling & Software*, Volume 44(Oct.), 62–75.
- Janssen, M, & Vries, B. 1998. The battle of perspectives: a multi-agent model with adaptive responses to climate change. *Ecological Economics*, Jan.
- Pachauri, RK. 2008. Climate change 2007. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report. 2008, Jan.
- Rodrigues, MR, & Costa, AC. 2003. A system of exchange values to support social interactions in artificial societies. *autonomous agents and multiagent systems*, Jan.
- Scrieciu, S. Şerban, Barker, Terry, & Ackerman, Frank. 2013. Pushing the boundaries of climate economics: critical issues to consider in climate policy analysis. *Ecological Economics*, 85(Jan.), 155–165.
- Simon, HA. 1972. Theories of bounded rationality. *Decision and organization*, Jan.
- Stirling, WC. 2004. A Sociological Framework for Multiagent Systems. *Autonomous Agents and Multiagent Systems*, Jan.
- Vanhée, Lois, Ferber, Jacques, & Dignum, Frank. 2013. Agent-Based-Evolving Societies. *AAMAS '13*, Feb., 1241–1242.