

# Literaturarbeit

## Agentenbasierte Modellierung von Entscheidungsprozessen

VORGELEGT VON:

**Tom Meyer**

MATRIKEL-NR.: 8200839

EINGEREICHT AM:

08. Februar 2019

BETREUER:

Oliver Reinhardt

# Abstract

Bei vielen agentenbasierten Modellen, insbesondere mit sozialwissenschaftlicher Anwendung, stehen die Entscheidungsprozesse der Agenten im Vordergrund. Zur Modellierung dieser Entscheidungsprozesse wurde eine Vielzahl von Ansätzen entwickelt[1] Diese Ansätze unterscheiden sich stark in ihrer Komplexität und in der Berücksichtigung kognitionspsychologischer Phänomene.

In dieser Arbeit soll eine Auswahl an Ansätzen miteinander verglichen werden. Der Fokus des Vergleichs soll dabei auf dem Wissen der Agenten über ihre Umwelt liegen: Wie kann unvollständiges Wissen und kognitiver Bias modelliert werden? Dabei ist auch die Umsetzung in konkreten Modellen von Interesse.

**Betreuer:** Oliver Reinhardt

**Tag der Ausgabe:** 28.01.2019

**Tag der Abgabe:** 15.02.2019

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Kognitive Verzerrung . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Grundlegende Agenten</b>	<b>2</b>
2.1	BDI-Agenten . . . . .	2
2.1.1	BDI Erweiterungen . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Kognitive Agenten</b>	<b>4</b>
3.1	Consumat Modell . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>6</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>7</b>

# 1 Einleitung

Die zentrale Frage, die in dieser Arbeit geklärt werden soll ist: „Wie kann man einen Agenten mit unvollständigen Wissen und kognitiver Verzerrung modellieren?“. Dabei soll die Arbeit einen inhaltlich begrenzten Überblick geben und keine Konzepte im Detail erklären. Es wird sich dabei stark an die Zusammenfassung im Referenz-Paper [1] gehalten.

Der Begriff des „Wissens“ ist in diesem Zusammenhang relativ intuitiv als das Bekanntsein von Fakten zu verstehen. Agenten mit unvollständigen Wissen haben dabei kein komplettes Bild ihrer Umgebung. Was das genau bedeutet, soll in den nachfolgenden Abschnitten weiterführend erläutert werden.

Vorher soll jedoch noch einmal genauer auf den Begriff der kognitive Verzerrung eingegangen werden.

## 1.1 Kognitive Verzerrung

Kognitive Verzerrung ist eine systematische Abweichung von der Norm oder rationalen Einschätzungen[2]. Es ist ein Phänomen, was für gewöhnlich bei Menschen beobachtet wird und äußert sich im Denken und Verhalten der Personen. Normalerweise ist diese Abweichung dabei unbewusst.

Um kognitive Verzerrung zu beobachten, muss zunächst bekannt sein was überhaupt die Norm ist. Da die empfundene Norm (für Verhalten, Ausprägungen, auftretenden Ereignissen, etc.) jedoch bereits einer Verzerrung unterliegen kann, kann es schwierig werden eine „tatsächliche Norm“ zu definieren. Dieses Problem kann mit Wahrscheinlichkeitsmodellen teilweise begrenzt werden. So können z.B. unter gewissen Umständen die Wahrscheinlichsten „Ereignisse“ als „die Norm“ angenommen werden.

Üblicherweise ist eine kognitive Verzerrung eine hilfreiche Vereinfachung komplexer Umstände und damit auch oft mit einer Art von Heuristik beim Denken zu veranschaulichen[3].

Die Gründe für solche Verzerrungen sind vielfältig. So können sie wie eben angedeutet z.B. durch die Vereinfachung der Verarbeitung von Informationen oder durch Fehler bei der Erinnerung von Fakten auftreten. Auch die Beeinflussung durch Emotionen kann, wie sozialer Druck, eine Erklärung für gewisse Ausprägungen sein.

Wie sich ein Ansatz für kognitive Verzerrung und das Abbilden von unvollständigem Wissen, in einem der am weitesten verbreiteten Formalismen umsetzen lassen kann, wird im nächsten Abschnitt genauer betrachtet.

## 2 Grundlegende Agenten

Der Begriff des Agenten ist nicht im Speziellen definiert, allerdings gibt es verbreitete Zustimmung zu den Grundeigenschaften. So ist die zentrale Eigenschaft von Software Agenten ihre Autonomie: Agenten finden sich selbständig in ihrer Umgebung bzw. in ihrem System zurecht. Sie können auf Veränderungen in ihrer Umgebung reagieren und verfolgen üblicherweise ein bestimmtes Ziel[4].

Multi-Agenten-Systeme eignen sich gut für den Einsatz in verteilten Systemen mit loser Kopplung. So kann man ein System mit zusätzlichen Agenten erweitern, indem man einen weiteren Agenten hinzufügt. Dabei müssen bestehende Agenten nicht angepasst oder angehalten werden. Durch die Autonomie der Agenten kann außerdem ein hoher Grad an Parallelität erreicht werden.

Da das Konzept des Software-Agenten Ähnlichkeit mit dem Verhalten von Menschen aufweist, ist eine Verwendung zur Simulation und Analyse von menschlichem Verhalten naheliegend. Die verschiedenen Versuche, menschliche Eigenschaften wie Emotionen und soziale Einflüsse zu modellieren, die im Vergleichspaper zusammengefasst wurden, verdeutlichen dieses Bestreben.

### 2.1 BDI-Agenten

Das Belief-Desire-Intentions (BDI) Modell[5] ist eines der verbreitetsten Konzepte um Agenten zu modellieren.

Die drei namensgebenden Begriffe sind dabei die wesentlichen Bestandteile dieses Modells. Agenten dieser Klasse besitzen eine Wissensbasis (Beliefs) die sie für den aktuellen Zustand ihrer Umgebung halten. Die Wissensbasis ist z.B. durch Beobachtungen veränderbar. Sie muss allerdings nicht dem tatsächlichen „Zustand der Welt“ entsprechen. D.h., dass sie weder vollständig noch korrekt sein muss.

Die Wünsche (Desires) des Agenten sind Ziele, die ein Agent gerne erreichen würde. Sie bestimmen seine Aktionen nicht direkt. Erst wenn bestimmte Wünsche in die Vorhaben (Intentions) des Agenten übernommen werden, wird versucht einen Wunsch mit den eigenen Aktionen zu erfüllen.

Das Modellieren von unvollständigem Wissen kann somit gut durch die „Kontrolle“ der Beobachtungen des Agenten erreicht werden. So könnte der Agent z.B. ganze Ereignisklassen ignorieren oder die Menge von Beobachtungen beschränken (z.B. durch einen virtuellen Ort, an dem sich der Agent befindet).

Ohne die Fähigkeit Schlüsse zu ziehen, entsteht falsches Wissen vor allem durch

Veränderungen in der Umgebung, die nicht beobachtet werden. Da die Wissensbasis vor allem durch Beobachtungen gepflegt wird, können Veränderungen die nicht beobachtet werden, Fakten der Wissensbasis obsolet machen.

Das bewusste Modellieren von kognitiver Verzerrung ließe sich sowohl durch Beeinflussung der Wünsche als auch des Wissens umsetzen.

Letzteres könnte bereits durch das initiale Festsetzen des Grundwissens eines Agenten umgesetzt werden. So könnten falschen Fakten – Vorhaben und die resultierenden Aktionen beeinflussen. Es ist allerdings möglich, dass der Agent seine Wissensbasis durch neue Beobachtungen anpasst und das Grundwissen nach gewisser Zeit „repariert“. Eine Verhinderung dieser Selbstheilung könnte durch Einschränkung der Beobachtungen weiter gehemmt werden.

Eine permanentere Möglichkeit die Handlungen des Agenten zu beeinflussen, ist die Definition von entsprechenden Wünschen, die später in Aktionen umgewandelt werden. Diese könnten Ziele definieren die bestimmte Aktionen bevorzugen bzw. vernachlässigen. So könnte eine Verhaltensweise definiert werden die von der Norm oder Ratio abweicht.

Durch die komplexen Zusammenhänge und der eher indirekten Beeinflussung der Aktionen ist die Umsetzung dieses Ansatzes allerdings nicht trivial. Zum einen ist es schwierig die Aktionen des Agenten vorauszusagen. Zum anderen ist es schwierig den Grad des Einflusses einer bestimmten Regel zu bestimmen. Außerdem ist bei diesem Ansatz eine genaue Definition der Norm notwendig, von der eine Abweichung modelliert werden soll. Eine Voraussetzung, die an sich schon kompliziert sein kann und bei einigen Ausprägungen von Verzerrungen bereits umstritten ist.

### 2.1.1 BDI Erweiterungen

Es gibt einige Erweiterungen zu BDI-Agenten die versuchen menschliches Verhalten weiter auszumodellieren.

So wurde bei der Emotional-BDI[6] Erweiterung versucht, menschliche Emotionen zu simulieren. Aufgrund der Tatsache, dass emotionales Verhalten quasi per Definition nicht rational ist, wäre dies eine passende Erweiterung um bestimmte emotionsbasierte Verzerrungen zu modellieren. Leider scheint es keine komplette Spezifikation von zentralen Komponenten für diese Erweiterung zu geben[1, paragraph 4.16].

Eine andere Erweiterung versucht BDI Agenten um soziale Verpflichtungen (Obligations) zu ergänzen. Auch hier ist die grundlegende Idee bereits einen Menschlicheren weniger rationalen Agenten zu modellieren. Besonders Verzerrungen die auf sozialem Druck basieren lassen sich mit diesem Ansatz abbilden. Diese Erweiterung ist offenbar besser formalisiert. Eine Implementierung existiert jedoch noch nicht[1, stand 2015].

## 3 Kognitive Agenten

Eine weitere Klasse von Agenten sind kognitive Agenten. Sie sind von der kognitiven Forschung beeinflusst und berücksichtigen dementsprechend besonders den Prozess der Entscheidungsfindung. Die Art und Weise wie diese Entscheidungen getroffen werden orientiert sich wieder am Menschen. Dementsprechend eignen sich auch diese Modelle gut dazu soziales Verhalten zu simulieren und zu analysieren.

Eines der Modelle – das Consumat Modell – soll im folgenden Abschnitt, als ein Vertreter dieser Klasse, genauer betrachtet werden.

### 3.1 Consumat Modell

Das Consumat Modell wurde von Jager und Janssen entwickelt, um das Verhalten von Konsumenten am Markt zu modellieren[7].

In dem Modell wird davon ausgegangen, dass ein Agent verschiedenen Bedürfnissen unterliegt, die er zu befriedigen versucht. Dabei werden drei zentrale Annahmen gemacht:

- Bedürfnisse sind mehrdimensional
- Der Entscheidungsprozess benötigt sowohl kognitiven als auch zeitlichen Aufwand
- Entscheidungen werden unter einem variierenden Grad der Unsicherheit getroffen

Außerdem wird davon ausgegangen, dass sich Bedürfnisse nicht nur abschwächen, wenn sie befriedigt werden, sondern auch mit dem Verstreichen von Zeit.

Als Vorlage für die modellierten Bedürfnisse wurde die Arbeit von Maslow[8] und Max-Neef[9] genommen. Dort werden neun menschliche Bedürfnisse unterschieden, die für das Consumat Modell auf persönliche-, soziale- und Statusbedürfnisse reduziert wurden. Dabei können die Arten auch untereinander im Konflikt stehen.

Dadurch, dass der Entscheidungsprozess Kosten unterliegt, werden verschiedene Heuristiken eingeführt, die diesen Vorgang vereinfachen können. Somit werden unter den entsprechenden Umständen nicht nur die Resultate von Entscheidungen optimiert, sondern auch der Entscheidungsprozess selbst.

Die Wahl der Heuristik ist dabei abhängig von der Ausprägung der Bedürfnisse als auch von der Unsicherheit der Resultate. Bei erhöhter Unsicherheit werden Entscheidungen an anderen Agenten orientiert und somit eine gewisse soziale Komponente integriert. Außerdem korreliert die Stärke eines Bedürfnisses mit dem kognitiven Aufwand, der für die Lösung aufgewendet wird. Bei starken Bedürfnissen wird z.B. versucht das

Ergebnis jeder möglichen Entscheidung zu berücksichtigen. Während bei einer geringen Ausprägung nur die nächst bessere Möglichkeit übernommen wird.

Das Consumat Modell fokussiert sich weniger auf Wissen das auf Fakten basiert. Agenten kennen ihre eigenen Bedürfnisse und können Möglichkeiten diese zu befriedigen nutzen[7, Kapitel 4]. Somit ist es nicht möglich unvollständiges oder falsches Wissen zu repräsentieren, da davon ausgegangen werden kann, dass die eigenen Bedürfnisse immer korrekt wahrgenommen werden.

Dafür könnten kognitive Verzerrungen durch die verwendeten Heuristiken relativ natürlich entstehen. Durch Verringerung des Aufwands zur Lösungsfindung werden beispielsweise besonders einfache oder naheliegende Lösungen bevorzugt. Zusätzlich können sich Verzerrungen ausbreiten, wenn die Lösungsansätze anderer Agenten übernommen werden.

Das Feld der kognitiven Agenten ist noch deutlich breiter. Ansätze wie PECS[10] bieten z.B. einen Aufbau der Ähnlichkeiten zu BDI Agenten hat, aber sowohl um Emotionen als auch um einen sozialen Kontext erweitert. Hier kann der Agent sein Wissen auch durch Beobachtungen verändern.



## 4 Auswertung

Wir haben uns zwei Arten von Agenten etwas genauer angeguckt. Dabei kann man bereits bei diesem begrenzten Umfang einige Erkenntnisse und gewisse Ansätze feststellen.

Das Wissen eines Agenten einzuschränken, sollte bei Agenten mit eigener Wissensbasis relativ unkompliziert sein. Es kann von vornherein Wissen weggelassen oder falsches Wissen definiert werden. Durch Manipulation der Aktualisierung von Wissen kann auch zur Simulationszeit Wissen begrenzt werden. Außerdem können Zeitabhängige Fakten durch fortlaufen der Zeit obsolet und damit falsch werden.

Komplizierter wird es bei dem Thema der kognitiven Verzerrung. Es ist selbst schon weitläufig und stark Kontextabhängig. Um eine genaue Analyse von kognitiver Verzerrung (die einer Modellierung vorausgehen sollte) überhaupt vornehmen zu können, muss aber die Norm, von der die Verzerrung abweicht, sinnvoll definiert werden.

Eine allgemeine Modellierung von kognitiver Verzerrung ist schwer vorstellbar, da es so viele Ausprägungen gibt. Zusätzlich kann das Modell des Agenten die Umsetzung bestimmter Verzerrungen vereinfachen bzw. erschweren. Es sollte also vorher klar sein, welche Art von Verzerrung betrachtet werden soll. Mit der Festlegung der Art kann ein passendes Agentenmodell ausgewählt werden, welches diese Art unterstützt.

Abschließend kann noch die Frage gestellt werden, ob man ein Agentenmodell überhaupt ohne kognitive Verzerrung umsetzen kann. Zum einen ist die Simulation von menschlichem Verhalten durch Agenten selbst nur eine Abstraktion des tatsächlichen Verhaltens. Zum anderen besteht beim Modellieren immer die Gefahr, dass Verzerrungen durch den Modellierer eingeführt werden.

Das Integrieren von bestimmter kognitiver Verzerrung ist also eine Aufgabe die sicherlich umsetzbar ist. Ob das jedoch auch für den Ausschluss von kognitiver Verzerrung gilt, ist mindestens fraglich.

# Literaturverzeichnis

- [1] T. Balke and N. Gilbert, “How do agents make decisions? a survey,” Journal of Artificial Societies and Social Simulation, vol. 17, no. 4, p. 13, 2014.
- [2] M. G. Haselton, D. Nettle, and D. R. Murray, “The evolution of cognitive bias,” The handbook of evolutionary psychology, pp. 1–20, 2015.
- [3] A. Tversky and D. Kahneman, “Judgment under uncertainty: Heuristics and biases,” science, vol. 185, no. 4157, pp. 1124–1131, 1974.
- [4] M. Wooldridge, “Intelligent agents: The key concepts,” in ECCAI Advanced Course on Artificial Intelligence. Springer, 2001, pp. 3–43.
- [5] M. Bratman, Intention, plans, and practical reason. Harvard University Press Cambridge, MA, 1987, vol. 10.
- [6] D. Pereira, E. Oliveira, N. Moreira, and L. Sarmento, “Towards an architecture for emotional bdi agents,” in 2005 portuguese conference on artificial intelligence. IEEE, 2005, pp. 40–46.
- [7] M. A. Janssen and W. Jager, “Fashions, habits and changing preferences: Simulation of psychological factors affecting market dynamics,” Journal of economic psychology, vol. 22, no. 6, pp. 745–772, 2001.
- [8] A. Arlow, Jacob, “Motivation and personality: By ah maslow. new york: Harper & brothers, 1954. 411 pp,” Psychoanalytic Quarterly, vol. 24, pp. 447–448, 1955.
- [9] M. Max-Neef, A. Elizalde, and M. Hopenhayn, “Development and human needs,” Real-life economics: Understanding wealth creation, pp. 197–213, 1992.
- [10] C. Urban, “Pecs—a reference model for the simulation of multi-agent systems, tools and techniques for social science simulation,” 1999.