



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

VIENNA
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

DIPLOMARBEIT

Modellierung und Simulation von Verhandlungen zwischen zwei Agentengruppen

Ausgeführt am Institut für Wirtschaftsmathematik
der Technischen Universität Wien

unter Anleitung von
Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Alexander Mehlmann

durch
Albert Moik
Vivenotgasse 32/4
1120 Wien

Abstract

Die Arbeit umfasst die mathematische Modellierung einer Verhandlungssituation und deren Simulation, wobei der Verhandlungsprozess mit einbezogen wird. Dazu wurde ein Simulationsmodell mit NetLogo 3.1.4 entwickelt. Aus der Analyse der Simulationsergebnisse werden Erkenntnisse über Auswirkungen von Veränderungen der Startsituation gewonnen. Auch wird ansatzweise der Einfluss der Nutzenfunktion der Agenten untersucht. Unter Berücksichtigung der getroffenen Einschränkungen können einige Empfehlungen für reale Verhandlungen abgeleitet werden. Zugrunde gelegt sind dem Modell ein sequentieller Verhandlungs- und Entscheidungsprozess, Verhandlung unter Gleichen und rationales Verhalten der Agenten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Charakterisierung von Verhandlungen	4
2.1	Formen und Situationen von Verhandlungen	4
2.2	Technische Betrachtung	7
2.3	Mathematische Betrachtung des Modells	9
3	Ziele und Motivation der Arbeit	14
4	Mathematische Grundlagen	16
5	Das Modell	19
5.1	Die Startsituation	20
5.2	Der Verhandlungsprozess	25
5.3	Die Ausgabe	28
6	Der Code	30
7	Analyse der Ergebnisse	51
7.1	Ceteris Paribus Untersuchungen	54
7.1.1	Abbruchwert	54
7.1.2	Abbruchwahrscheinlichkeit	55
7.1.3	Anzahl der Gruppenmitglieder	56
7.1.4	Abstimmungsregeln	57

7.1.5	Mindestschrittgröße	59
7.1.6	Zeitdiskont	59
7.1.7	Soft Skills	61
7.1.8	Take-it-or-Leave-it	61
7.1.9	Streik	61
7.2	Wechselwirkungen	62
7.3	Nutzenfunktion	63
8	Fortsetzungs- und Erweiterungsmöglichkeiten	65
9	Zusammenfassung	67

1 Einleitung

Verhandlungen sind Gegenstand unseres täglichen Lebens. Sie treten in den unterschiedlichsten Situationen und Formen auf. Wir begegnen Verhandlungen sowohl im beruflichen als auch im privaten Umfeld. Privat sind wir von Partnerschaften über Elternschaft bis hin zu Einkäufen mit Verhandlungen konfrontiert. Gehalts-, Budget- und Beschaffungsverhandlungen sind wichtige Bestandteile des beruflichen Umfelds.

Zu den Verhandlungen an denen wir aktiv teilnehmen, kommen noch solche, deren Ergebnisse uns beruflich oder privat betreffen. Durch das öffentliche Leben werden wir häufig mit Ergebnissen von Verhandlungen, an denen wir nicht teilgenommen haben konfrontiert. Jede Regierungsentscheidung ist Ergebnis einer vorhergehenden Verhandlung zwischen den beteiligten politischen Parteien. Obwohl nur wenige in politischen und wirtschaftlichen Verhandlungen aktiv involviert sind, haben viele Interesse sich mit dem Ablauf solcher Verhandlungen auf die unterschiedlichste Art und Weise zu beschäftigen.

Lange Zeit waren Verhandlungsvorgänge vielen ein Mysterium. Die Wenigen, die sich damit beschäftigten, haben ihre Erkenntnisse meist für sich behalten, um in Verhandlungen einen möglichen Vorteil gegen den Verhandlungspartner zu erreichen. Heute beschäftigen sich zahlreiche Arbeiten mit dem Ablauf von Verhandlungen und die Erkenntnisse werden veröffentlicht. Mit dem fortschreitenden Wissensstand in Fachgebieten, die zur Analyse von Verhandlungen notwendig sind, stieg auch das Verständnis für diese. Diese Fachgebiete erstrecken sich von Psychologie über Kulturwissenschaft

und Soft Skills bis hin zur Mathematik. Seitens der Mathematik werden Ansätze der Spieltheorie verwendet, um Verhandlungsablauf und -strategie zu analysieren. Basierend auf den grundlegenden Arbeiten [1], [2], [3], [4] begann man theoretische Konzepte für Verhandlungen zu entwickeln [5], [6]. Die eingesehenen Arbeiten konzentrieren sich auf theoretische Untersuchungen mit Ermittlung des Lösungsgleichgewichts. Der hinführende Prozess wird kaum behandelt.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Verhandlungsprozess selbst als wesentlicher Teil einbezogen. Mit dem Fortschreiten der informationstechnischen Möglichkeiten stehen nun Werkzeuge zur Modellierung und Simulation von Verhandlungen zur Verfügung. Mit diesem noch in den Anfängen steckenden Ansatz wird in dieser Arbeit die Modellierung und Simulation von Verhandlungen sowie die Analyse der Ergebnisse behandelt.

In Kapitel 2 wird eine Charakterisierung von Verhandlungen vorgenommen, wobei dies mangels einer allgemein gültigen Definition die Sicht des Verfassers dieser Arbeit wiedergibt. Zuerst werden Verhandlungsformen und -situationen aus allgemeiner Sicht betrachtet, dann werden mathematisch-informationstechnische Aspekte der Entwicklung von Verhandlungsunterstützungssystemen basierend auf spieltheoretischen Modellen kurz erläutert. Aus dem Studium der relevanten mathematischen Arbeiten werden abschließend die Grundlagen für das mathematische Modell dargelegt. Damit soll Verständnis für die mathematische Formulierung von Verhandlungen geschaffen werden.

Kapitel 3 beschreibt Ziele und Motivation der Arbeit. Es wird dargelegt, dass trotz der bestehenden Skepsis die mathematische Formulierung von Verhandlungen sowie die Simulation von Verhandlungsprozessen nützliche Erkenntnisse liefern kann. In Kapitel 4 werden die benötigten mathematischen Grundlagen angeführt. Kapitel 5 beschreibt das für diese Arbeit entwickelte und implementierte Modell sowie den verwendeten Verhandlungsprozess. In Kapitel 6 ist der Code des mit NetLogo 3.1.4 [12] implemen-

tierten Modells angegeben. Die Analyse der Simulationsergebnisse erfolgt in Kapitel 7. In Kapitel 8 werden Fortsetzungs-, Erweiterungs- und Abänderungsmöglichkeiten des Modells und Prozesses angeführt. Die Zusammenfassung der Arbeit ist in Kapitel 9 angegeben.

Begriffserklärungen

Modell	Modell, das der theoretischen oder informationstechnischen Arbeit zugrunde liegt
Simulation	informationstechnische Implementierung eines Modells
Verhandler (Spieler)	reale Person
Agent	Person in Modellen und Simulationen
Ausgangssituation	Anfangswerte einer realen Verhandlung
Startsituation	Anfangswerte der Simulation
Parameter	die für die Startsituation einzustellenden Größen (Anfangswerte)
Verhandlungsablauf	realer Ablauf
Verhandlungsprozess	simulierter Ablauf
Protokoll	Startsituation und Verhandlungsprozess
Abbruchlösung	Nutzen der Agenten falls es zu einem exogenen Abbruch kommt

2 Charakterisierung von Verhandlungen

In diesem Abschnitt wird versucht, das Wesen von Verhandlungen aus der Sicht des Autors darzustellen, da es keine eindeutige Definition dafür gibt. Dies erfolgt in drei Teilen:

- allgemeine Betrachtung der Formen und Situationen von Verhandlungen
- technische Betrachtung
- Einbettung der Verhandlung in ein technisch-mathematisches Konstrukt

Nach der allgemeinen Charakterisierung von Verhandlungen und ihren Eigenschaften soll ein Verständnis für die mathematische Herangehensweise an diese geschaffen werden.

2.1 Formen und Situationen von Verhandlungen

In der Einleitung wurde überblicksmäßig dargelegt, in welchen Bereichen wir Verhandlungen begegnen. Um diese modellieren und analysieren zu können ist es wichtig, ihr Wesen zu erörtern und die Formen in denen sie auftreten zu spezifizieren. Dadurch soll ein allgemeines Verständnis dieses Themas geschaffen werden.

Verhandlungen des beruflichen Lebens haben häufig auf eine monetäre Basis, da ihr Kern meist eine finanzielle Transaktion im weitesten Sinne beinhaltet. Bei Gehaltsverhandlungen, Einstellungsgesprächen, Beschaffungen oder Verkäufen steht immer der ökonomische Aspekt, sei er kurz-, mittel- oder langfristig, im Vordergrund. Verhandlungsgegenstände können auch Organisationsstruktur und Kompetenzverteilung sein.

Im Vergleich zu Verhandlungen des beruflichen Lebens werden Menschen im privaten Alltag oft mit Verhandlungen konfrontiert, die als Interessenausgleich auftreten. Im Privaten sind neben den schon genannten noch beispielsweise Entscheidungen über Urlaubsdestination, Interessenfindung mit dem Partner über Fahrzeug oder Wohnung weitere Verhandlungssituationen. Auch ist jede finanzielle Transaktion im Privaten als Verhandlung anzusehen, selbst wenn in Industriestaaten viele Verhandlungen mit einer finanziellen Transaktion auf "Ja" oder "Nein" reduziert worden sind. Nur wenige werden den täglichen Einkauf im Supermarkt als Verhandlung ansehen. In manchen Erdteilen ist es jedoch nach wie vor üblich bei jeder finanziellen Transaktion zu verhandeln. Finanzielle Verhandlungen im privaten Bereich werden beispielsweise mit Kreditinstituten über die Rahmenbedingungen des Gehaltskontos oder eines Kredits geführt. Im weitesten Sinn kann jede Transaktion und jeder Interessenausgleich als Verhandlungssituation angesehen werden. Schon hier lässt sich erkennen, dass sich Verhandlungen in unterschiedliche Formen einteilen lassen.

Verhandlungen können sich auch nur auf einen binären Ausgang beschränken. Ein Beispiel hierfür ist die Interessenfindung eines Paares über Kauf oder Miete von Wohnung oder Haus, oder ob ein Auto gekauft wird oder nicht. Hierbei kann auch von einer Grundsatzentscheidung im Rahmen der Interessenfindung gesprochen werden. Eine ähnliche Form der Verhandlung ist die Einigung über ein gemeinsames Urlaubsziel. Um zu einer Lösung zu kommen, ist eine Interessenfindung wie "Miami oder Dubrovnik" notwendig. Am anderen Ende des Spektrums liegen Verhandlungen deren Ausgänge sich nahezu nicht mehr voneinander unterscheiden lassen. Bei monetär messbaren Ver-

handlungsergebnissen ist der Unterschied zwischen den verschiedenen Ausgängen die kleinste monetäre Einheit. Da diese theoretisch infinitesimal klein werden kann, ist der Verhandlungsgegenstand beliebig teilbar. In dieser Arbeit liegt das Hauptaugenmerk auf Verhandlungssituationen des privaten und beruflichen Alltags, die sich auf eine monetäre Basis zurückführen lassen. Nachdem nun erläutert wurde in welchen Zusammenhängen und Formen wir auf Verhandlungen treffen, ist es notwendig allgemeine Grundlagen festzulegen, um theoretisch und modellierend arbeiten zu können.

Eine Voraussetzung, um von einer Verhandlung zu sprechen und sie analysieren oder informationstechnisch modellieren zu können, ist die Involvierung von mindestens zwei Agenten. In der Verhandlungstheorie ergeben sich Konflikte in Situationen in denen die Agenten, Entscheidungsträger oder Spieler beidseitig von einer Einigung profitieren können. Somit müssen sie sich über die Aufteilung des Mehrnutzens einigen. Um von einer Verhandlung sprechen zu können ist Voraussetzung, dass die beteiligten Parteien gegensätzliche Interessen über den zugrunde liegenden Verhandlungsgegenstand haben. Dies wirft die entscheidende Frage einer Verhandlung auf: „Wie soll eine Einigung werden“. Da die Ziele der einzelnen Parteien verschieden sind, ist eine Kompromissbereitschaft notwendig, um einen Mehrnutzen zu erreichen. Somit müssen alle Beteiligten eine „medio limite“ zwischen Kompromiss und Sturheit finden, um sich über die Aufteilung des „Kuchens“, der allen einen Mehrnutzen bringt, zu einigen. Mit diesem inneren Konflikt muss man mit größter Vorsicht umgehen.

Zur Simulierung des Agentenverhaltens bei diesem inneren Konflikt sind Annahmen notwendig, die nicht notwendigerweise die Realität wiedergeben. Dabei werden in der Modellierung Verallgemeinerungen der Agenten angenommen, da sonst jedes Individuum einzeln analysiert und anschließend modelliert werden müsste. Diese Persönlichkeitsanalyse wird bei technischen Ansätzen weitestgehend vernachlässigt. Die Untersuchung der einzelnen Individuen bezüglich Persönlichkeitsanalyse und Soft Skills ob-

liegt vorrangig anderen Fachrichtungen. In dieser Arbeit wird die Individualität der Agenten vernachlässigt.

Carl von Clausewitz [11] kommt zu dem Schluss, dass sich in hochentwickelten Zivilisationen die militärische Bewaffnung und Ausbildung nahezu gleichen und kaum einen Einfluss auf den Ausgang eines Gefechts oder einer Schlacht haben. Dieser Überlegungen folgend, gehe ich davon aus, dass in hochentwickelten Gesellschaften Soft Skills und spezielle intellektuelle Fähigkeiten der Verhandler nahezu gleich sind und somit bei Verhandlungen kaum einen Einfluss auf den Ausgang haben. Ähnliches gilt für persönliche Tugenden, diese gleichen sich bei Verhandlungen, in denen größere Gruppen oder Ausgewählte einer größeren Gruppe sich gegenüber stehen, oftmals aus und haben somit nur geringen Einfluss. Wichtig ist, dass diese Annahmen nur für Verhandlungen unter Gleichen gelten können. Eine Verhandlung unter Gleichen ist gegeben, wenn die Verhandler von einem ähnlichen Bildungs- oder beruflichen Niveau kommen. Dies ist beispielsweise der Fall wenn Diplomaten über bilaterale Abkommen verhandeln oder wenn Vertreter von Konzernen sich in Verhandlungen gegenüber sitzen. Hingegen ist eine Verhandlung zwischen einem kleinen Landbesitzer und einem Vertreter eines multinationalen Konzerns keine Verhandlung unter Gleichen. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Simulation von Verhandlungen unter Gleichen.

2.2 Technische Betrachtung

Die Häufigkeit, mit welcher wir mit Verhandlungen konfrontiert sind legt nahe, mit den heute zur Verfügung stehenden mathematischen und informationstechnischen Mitteln Verhandlungunterstützungssysteme auf theoretischer Basis zu entwickeln und mit erforderlichen einschränkenden Annahmen informationstechnisch zu modellieren. Diese Entwicklungen sind noch relativ neu und beschränken sich in universitären Arbeiten bis jetzt hauptsächlich auf den theoretischen Bereich.

Spieltheoretische Modelle von Verhandlungen beschreiben den ablaufenden Prozess. Ziel ist, aus den Ergebnissen Vorschläge für das Verhalten der Spieler und die Ausgangssituation zu erhalten. Sowohl in der Modellierung als auch in der Simulation liegt das Interesse darin, Erkenntnisse über Auswirkungen von Veränderungen in der Startsituation auf das Ergebnis zu erhalten. Wegen der Einschränkungen und Annahmen in Modellierung und Simulation lassen sich die aus den Ergebnissen gewonnenen Erkenntnisse nur beschränkt auf reale Verhandlungen umsetzen. Aus diesen Vereinfachungen resultiert, dass viele Modelle und ihre Simulationen als nicht nutzbar für die reale Entscheidungsfindung eingestuft und daher von Verhandlern kaum beachtet und nur selten genutzt werden. Ein weiterer Grund für die geringe Nutzung von Computermodellen ist die Komplexität vieler Verhandlungssituationen.

Bei der Simulation einer Verhandlung ergeben sich durch Modellierung der Strategien, der Vorschläge und der Abstimmungsverhältnisse innerhalb der gegenüberstehenden Agentengruppen sowie durch die Annahmen über die Kompromissbereitschaft und Akzeptanz eines Vorschlags, weitere Schwierigkeiten. Auch Annahmen über Zeitpräferenzen und Diskontierungen stellen mögliche Einschränkungen der Realität dar. Der "Plan B", die beste Alternative zu einer Verhandlungslösung, stellt bei der Einbindung in den Verhandlungsablauf einige Probleme dar. Solange die Agenten bei jeder Verhandlungslösung besser gestellt sind als bei der Abbruchlösung, ist dies ein triviales Problem da diese bei der Bewertung der Vorschläge nicht einfließt. Andernfalls ist jedoch die beste Alternative zu berücksichtigen und muss bei der Entscheidungsfindung über das Weiterverhandeln einfließen. Hier bietet sich eine Möglichkeit, das für diese Implementierung zugrundeliegende Modell für nachfolgende Arbeiten zu verfeinern und zu adaptieren. Die Hauptprobleme einer Implementierung liegen in der Bestimmung von Nutzenfunktionen der Agenten, in der Festlegung des Prozessablaufs und in der Beschränkung auf die in der Startsituation veränderbaren Parameter.

Die teilnehmenden Verhandler müssen sich über die Auswirkungen von Vorgehensalternativen und über den Einfluss der Parameter auf die Verhandlung im klaren sein. Das Erkennen und Analysieren von Schemata und Verhaltensweisen, welche die Verhandler bei diesen Fragestellungen unterstützen sollen, ist das Ziel der Modellierung und Simulation von Verhandlungen.

2.3 Mathematische Betrachtung des Modells

Die erstmalige mathematische Formulierung des Problems: „Decision with risk under uncertainty“ erfolgte durch von Neumann und Morgenstern [1]. Die formale Verhandlungstheorie begann mit John Nash's Arbeiten [2], [3], [4]. Erstmals beschrieb Rubinstein [7] den sequentiellen Prozess, der zur Einigung bei nicht kooperativem Verhandeln führt. Das Hauptanwendungsgebiet sind Verhandlungen des privaten und beruflichen Bereichs mit ökonomischen Interesse. Diese sind im Vergleich zu anderen Verhandlungsformen aufgrund der Eigenschaft der monetären Messbarkeit des Ausgangs für alle Beteiligten leichter zu modellieren. Auch ziehen die daraus resultierenden Ergebnisse und Erkenntnisse mehr Interesse auf sich.

Aus mathematischer Sicht gibt es zwei Möglichkeiten Verhandlungen zu untersuchen. Einerseits den theoretischen Ansatz. Dieser stellt theoretische Modelle auf, untersucht diese und versucht hiermit zu Erkenntnissen zu gelangen. Andererseits wird versucht mittels Modellierung und nachfolgender Simulation von Verhandlungssituationen zu Erkenntnissen zu gelangen.

Neben den Erkenntnissen aus den Ergebnissen beschäftigt sich die Verhandlungstheorie mit dem Agentenverhalten und der Charakterisierung der Startsituation, wobei es nicht darum geht was eine “faire Lösung” ist oder welche Lösung für die Gesamtheit der von dem Ergebnis Betroffenen optimal ist. Es werden alle Agenten, die ein-

ander gegenüberstehen gleich behandelt. Persönliche, emotionale und politische Motive, die einen Einzelnen dazu bringen würden a priori nicht mit dem Gegenüber zu verhandeln, werden nicht berücksichtigt. Ebenso fließen Faktoren wie Emotionen und Stress, die während der Verhandlung wirksam werden können, nicht ein. Es wird immer angenommen, dass alle teilnehmenden Agenten rational handeln und wohldefinierte Präferenzen über alle möglichen Ausgänge haben. Muss ein Agent zwischen mehreren Möglichkeiten wählen, wird er sich immer für die Variante mit dem für ihn höheren Nutzen entscheiden.

Essentiell für eine Simulation ist die genaue Bestimmung der Nutzenfunktionen aller Agenten. Im Unterschied zu der theoretischen Modellierung reicht nicht die allgemeine Beschränkung auf von-Neumann-Morgenstern-Nutzenfunktionen, sie müssen auch genau spezifiziert werden.

Für die Simulation einer Verhandlung muss die Startsituation festgelegt und die diese beeinflussenden Parameter ermittelt werden. Die Analyse des Einflusses den diese Parameter auf den Verhandlungsablauf und das Verhandlungsergebnis haben, ist Hauptziel der Simulation.

Die Bestimmung der Nutzenfunktionen der Agenten bringt ebenso wie die Voraussetzung des rationalen Verhaltens Einschränkungen der Realität mit sich. Die genauere Spezifikation der Nutzenfunktion erfolgt in Kapitel 4. Zusätzliche Anforderungen an die Nutzenfunktionen der Agenten, die im Rahmen der Simulation getroffen werden, sind in Kapitel 5 dargelegt.

Bemerkung Nicht zu vergessen ist die Annahme, dass die beiden Agentengruppen entgegengesetzte Nutzenfunktionen haben. Der Verlauf der Nutzenfunktion ist immer vom Startpunkt des entsprechenden Agenten aus zu betrachten.

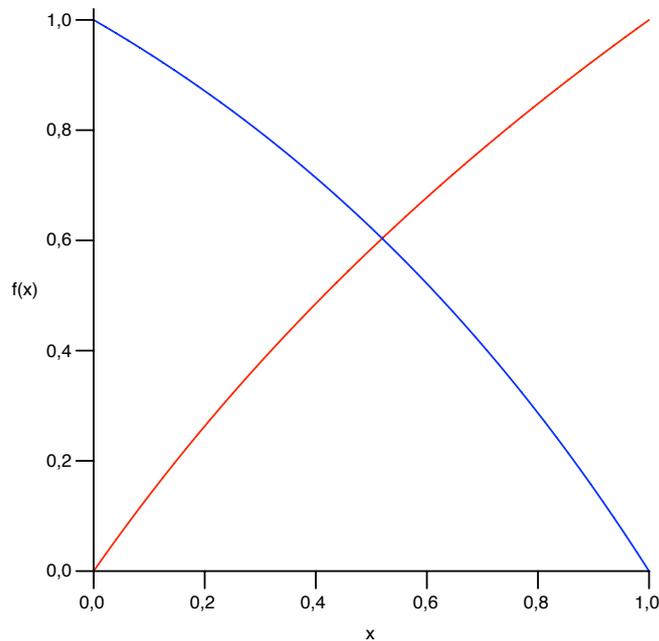


Abbildung 2.1: Gegenläufige Nutzenfunktionen

Bei der Analyse der Ergebnisse ist es wichtig, sich immer aller getroffenen Einschränkungen des (für die Simulation verwendeten) Modells bewusst zu sein. Dies ist notwendig, um die Ergebnisse interpretieren zu können und keine unzulässigen Schlüsse für die Realität zu ziehen. Dass diese Voraussetzungen über Nutzenfunktionen der Agenten beispielsweise bei dem Interessensausgleich wohin eine Reise unternommen wird, nicht zutreffen müssen kann leicht nachvollzogen werden.

Sobald bei der Nutzenfunktion eine Wechselwirkung zwischen dem Nutzen der einen Agentengruppe und dem Nutzen der anderen besteht, wird die Bestimmung derselben sehr anspruchsvoll, wenn nicht unmöglich. Verhandlungen in Partnerschaften oder bei der Erziehung können hier leicht vorstellbar als Beispiele dienen.

Der Verhandlungsprozess selbst kann in einer Simulation als rationaler Entscheidungsprozess der einem festgelegten Protokoll folgt, angesehen werden. Ziel ist immer den

persönlichen Nutzen der Kontrahenten zu maximieren. Die Festlegung des Protokolls stellt weitere Anforderungen an den Modellierenden. Die Einbeziehung des Protokolls in die Analyse und Beurteilung der Ergebnisse ist wichtig, um unzulässige Schlussfolgerungen zu vermeiden.

Aus der Summe der Einschränkungen, die im Rahmen des Modells und der Simulation vorgenommen werden müssen, ergibt sich, dass die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse nur beschränkt für Verhandlungen des realen Lebens gelten. Dennoch ist es möglich aus den Erkenntnissen von theoretischen Arbeiten und Simulationen Richtlinien und Empfehlungen für reale Verhandlungen zu erhalten.

Weitere wichtige Annahmen in Simulationen betreffen den Informationsstatus der Agenten bzw. das Informationsniveau, das man den einzelnen Agenten für ihr Verhalten mitgibt. Dieses lässt sich in drei Bereiche gliedern:

- Informationen über sich selbst bzw. die eigene Agentengruppe (Nutzenfunktion, Agentenverhalten während des Prozesses,...)
- Informationen über die gegenüberstehende Agentengruppe w.o.
- Informationen über die Verhandlungssituation (Startsituation und Prozess)

In vielen Modellen und Simulationen wird, wie auch in dieser Arbeit, der Informationsstand in der Startsituation festgelegt und bleibt dann statisch. Dies ist klarerweise eine Einschränkung gegenüber der Realität.

Ein weiteres Ziel der Verhandlungstheorie besteht darin, den Verhandlern bei der Eliminierung von Ineffizienzen zu assistieren und somit eine "optimale" Lösung zu erreichen. Ineffizienzen treten auf, wenn Verhandler logische Fehler machen oder irrational handeln.

Ein Teil einer Verhandlungssimulation ist auch der Zeithorizont. Oftmals erstreckt sich die reale Verhandlung der modellierten Situation über einen längeren Zeitraum. Dies kann zu einem Wertverlust des Verhandlungsgegenstands führen. Beispiele dafür sind Inflation, Veralterung der Technologie oder Nivilierung eines Zeitvorsprunges. Bei vielen Verhandlern kommt es zu einer nicht rationalen Bewertung der Zukunft und somit zu einer systematischen Fehleinschätzung derselben. Dies stellt eine weitere Herausforderung an die Modellierung und Simulation dar, da die Zeitkomponente einen wichtigen Einfluss auf die Verhandlung haben kann. Dadurch gewinnt deren Berücksichtigung im Prozess an Bedeutung.

Ein Simulationsmodell muss hinreichend flexibel sein, um Änderungen des Protokolls zu ermöglichen. Sind in einem Modell mehrere Parameter *Ceteris Paribus* untersuchbar, erlangen die Erkenntnisse und Ergebnisse der Analyse des Modells mehr Aussagekraft.

3 Ziele und Motivation der Arbeit

Es wurde gezeigt, dass die Verhandlungstheorie interessante und anspruchsvolle Aufgabenstellungen für theoretische Untersuchungen und praktische Simulationen bietet. Durch jüngere informationstechnische Entwicklungen, vor allem im Bereich der Computersimulation, besteht heute die Möglichkeit Verhandlungssituationen und den anschließenden Prozess zu simulieren.

Das noch junge Gebiet der Verhandlungstheorie beschränkte sich anfänglich, bedingt durch mangelnde Hilfsmittel auf theoretische Untersuchungen. Durch die Entwicklung von Simulationssprachen erlangt nun die Simulation von Verhandlungen zunehmende Bedeutung. Aufgrund der "Jugend" dieses mathematischen Teilgebiets sind kaum Arbeiten darüber frei zugänglich [8].

Die aktive oder passive Konfrontation mit Verhandlungen weckt das Interesse, deren Abläufe besser zu verstehen und das eigene Verhandeln möglichst zu verbessern. Eine Verbesserung der Verhandlungsergebnisse wird oft dem zusätzlichen Erwerb von Soft Skills oder psychologischen Kenntnissen zugeschrieben. Die dieser Arbeit zugrundeliegenden Überlegungen wurden im Kapitel 2.1 erläutert. Clausewitz's Überlegungen zur "Überlegenheit der Zahl" [11] folgend liegt der entscheidende Vorteil in Verhandlungen nach Ansicht des Autors in einer "Überlegenheit der Information". Bevor sich Arbeiten mit diesem Ansatz, der in der vorliegenden Arbeit vertreten wird, genauer beschäftigen können ist es notwendig, Erkenntnisse über den Prozess und über die Auswirkungen

einer Veränderung der Startsituation zu erlangen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit genauere Untersuchungen zum Thema "Überlegenheit der Information" vorzunehmen.

Die Motivation für diese Arbeit besteht darin, mit mathematischen Mitteln Erkenntnisse über den Einfluss Ausgangssituationen und Verhandlungsabläufen zu gewinnen. Dies besonders, da der mathematischen Zugang verbunden mit der Analyse von Simulationen noch vielfach auf Ablehnung stößt.

Die Arbeit umfasst die Modellierung einer Verhandlungssituation, deren Simulation und die anschließende Untersuchung der Ergebnisse. Das Ziel ist es, aus den mittels der Simulation gewonnenen Ergebnissen Erkenntnisse über die Startsituation und den Verhandlungsprozess zu erhalten. Des Weiteren wird schematisch der Einfluss der Nutzenfunktion der Agenten eruiert. Das entwickelte Simulationsmodell kann als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen dienen.

Abschließend werden die erhaltenen Erkenntnisse unter Berücksichtigung der getroffenen Einschränkungen durch die Annahmen und Voraussetzungen sowohl des Modells als auch der Simulation genutzt, um Empfehlungen für reale Verhandlungen zu erhalten. Damit soll auch ein Beitrag zum Abbau der Skepsis gegenüber diesem Vorgehen geliefert werden.

4 Mathematische Grundlagen

Definition Formal besteht eine nicht-kooperative Verhandlung aus vier Komponenten
: $\{\mathbb{I}, \mathbb{A}, f_i(x), \Pi^l\}$

- \mathbb{I} Menge der Agenten $i \quad i : i = 1, 2, \dots, N$
- \mathbb{A} Menge der Lösungsmöglichkeiten
- $f_i(x)$ Nutzenfunktionen der Agenten i
- Π^m Startsituation mit $\Pi^m = \{\pi^1, \pi^2, \dots, \pi^m\}$
(es sind m Parameter in der Starteinstellung festzulegen)

Ausgangsmöglichkeiten des verwendeten Modells

Die beiden Agentengruppen verhandeln über die Aufteilung eines "Kuchens" der Größe 1. Eine Verhandlungslösung wird durch das Paar (x_1, x_2) beschrieben, wobei x_i der Anteil der Agentengruppe i am "Kuchen" ist. Die Menge der möglichen Verhandlungslösungen ist

$$X = \{(x_1, x_2) \in \mathbb{R}^2 : x_1 + x_2 = 1 \text{ und } x_i \geq 0 \text{ für } i = 1, 2\} \quad (4.1)$$

Hinzu kommt noch die Abbruchlösung D . Daraus ergibt sich

$$\mathbb{A} = X \cup D \quad (4.2)$$

Nutzenfunktion

Die Nutzenfunktion ordnet jedem möglichen Verhandlungsausgang den Nutzen des Agenten zu

$$f_i(x) : \mathbb{A}|_i \rightarrow \mathbb{R} \quad \forall i \quad (4.3)$$

streng monotoner Verlauf $f(x) < f(x + \epsilon)$

stets positiver Grenznutzen $\frac{\partial f}{\partial x} > 0$

nicht zunehmender Grenznutzen $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \leq 0$

Exponentialverteilung

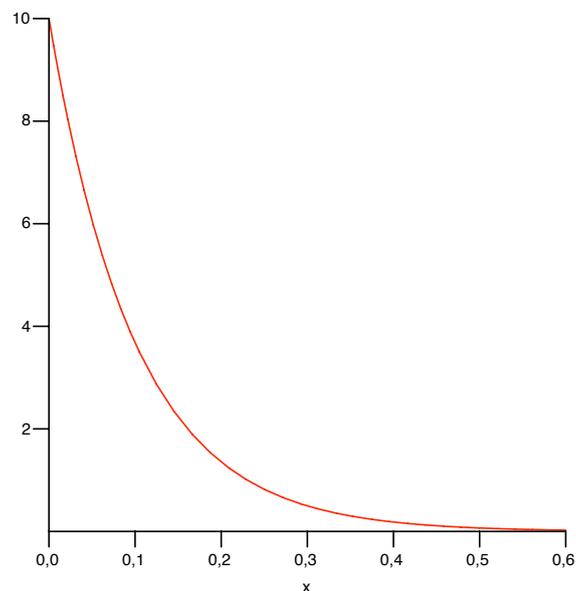


Abbildung 4.1: Dichte einer Exponentialverteilung mit $\lambda = 10$

Die Exponentialverteilung wird bei der Simulation dieser Arbeit zur Vorschlagsfindung herangezogen. Eine Exponentialverteilung mit Parameter λ besitzt die Dichte

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (4.4)$$

$$\mathbb{E}X = \frac{1}{\lambda} \quad \text{var}(X) = \frac{1}{\lambda^2} \quad (4.5)$$

Test auf identische Mittelwerte (t-Test)[13]

Beobachtungen x_1, \dots, x_m und y_1, \dots, y_n stammen von zwei Normalverteilungen mit gleicher aber nicht bekannter Varianz σ^2 . Es soll getestet werden ob die Erwartungswerte der beiden Stichproben gleich sind, also $H_0 : \mu_x = \mu_y$. H_0 wird verworfen, wenn

$$|\bar{x}_m - \bar{y}_n| > s \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n}} t_{m+n-2, 1-\frac{\alpha}{2}} \quad (4.6)$$

wobei

$$s^2 := \frac{(m-1)s_x^2 + (n-1)s_y^2}{m+n-2} \quad (4.7)$$

s^2 ist ein Schätzwert für die Varianz aus beiden Stichproben und s_x^2 bzw. s_y^2 sind die jeweiligen Stichprobenvarianzen. Der vorgegebene Wert α ist die Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 1. Art. $t_{m+n-2, 1-\frac{\alpha}{2}}$ ist das Fraktile der t -Verteilung

5 Das Modell

Im folgenden Kapitel wird das für die Simulation entwickelte Modell vorgestellt. Es wurde informationstechnisch in NetLogo 3.1.4 [12] implementiert und stellt eine Möglichkeit dar Verhandlungen zu simulieren. Als Grundlage für dieses Modell dienten neben den Überlegungen des Autors einige Publikationen, die sich theoretisch mit dem Thema Verhandlungen beschäftigen [5], [6], [9], [10].

In der Literatur über die theoretische Analyse von Verhandlungen wird der Verhandlungsprozess, also der Ablauf von Vorschlagfindung und -annahme, meist gänzlich vernachlässigt. Für die Simulation ist dies aber ein entscheidender Bestandteil, um zu Ergebnissen zu gelangen. Neben der Erklärung der Simulation wird auch der Zusammenhang mit der Realität behandelt. Die Einführung in das Modell erfolgt in drei Teilen:

- die Startsituation d.h. Erklärung der variierbaren Parameter
- der Verhandlungsprozess
- die Ergebnisausgabe

Das Modell repräsentiert eine sequentielle Verhandlung zwischen zwei Agentengruppen, die jeweils aus ein oder mehreren Agenten bestehen können. Die gegenüberstehenden Agentengruppen haben entgegengesetzte Bewertungen über den Verhandlungsgegenstand. Der Verhandlungsbereich ist auf das Intervall $[0,1]$ beschränkt. Dies ist eine

Annahme, die die Simulation erleichtert, jedoch aufgrund des gegensätzlichen Nutzens der Agenten keine weiteren Einschränkungen mit sich bringt. Der Nutzen der Agenten beschränkt sich auch auf das Intervall $[0,1]$. Dies kann als prozentuelle Ausbeute des Maximums betrachtet werden und stellt damit ebenfalls keine größeren Einschränkungen dar.

Das Ergebnis der Simulationen ist die Aufteilung des Intervalls $[0,1]$ zwischen den Agentengruppen, mit dem sich aus der realisierten Aufteilung ergebenden Nutzen. Es ist zu beachten, dass diese Simulation nicht notwendigerweise zu einer Einigung zwischen den Agenten führt muss, da die Simulation eine exogene Abbruchmöglichkeit vorsieht.

5.1 Die Startsituation

Im folgenden wird die Startsituation und ihre einzustellenden Parameter erklärt. In Kapitel 2.2 wurde erläutert, dass die Startsituation ein entscheidender Bestandteil der Verhandlungssimulation ist. Die Untersuchung, wie sich Veränderungen der Startsituation auf das Ergebnis auswirken ist eine zentrale Fragestellung in der Analyse von Simulationen und ein wesentlicher Teil dieser Arbeit. Die einzustellenden Parameter haben Auswirkungen auf das Verhandlungsprozess. Da es sich in diesem Modell um eine sequentielle Verhandlung zwischen zwei Agentengruppen handelt, sind die Parameter (mit Ausnahme von "Abwarten") für beide Gruppen separat einzustellen.

Folgende Parameter charakterisieren die Startsituation dieser Simulation

- beste Alternative ("Plan B")
- Abbruchwahrscheinlichkeit
- Größe der Agentengruppe

- Abstimmungsverhalten der Agentengruppen
- Mindestschrittgröße für neuen Vorschlag
- zeitlicher Diskontierungsfaktor
- Soft Skills
- Forderung eines letzten Angebots (“Take-it-or-leave-it”)
- Möglichkeit zum einmaligen Aussetzen einer Runde (“Streik”)
- Angaben zur Nutzenfunktion

Bemerkung Bei der folgenden Beschreibung werden die Parameter so bezeichnet wie sie im Simulationmodell vorkommen.

Da die Parameter für beide Agentengruppen einzustellen sind, werden diese o.B.d.A. nur für Gruppe A erläutert. “Abbruchwahrscheinlichkeit-A” bedeutet, dass nachdem Agent B einen Vorschlag von Agent A abgelehnt hat, die Verhandlung mit einer Wahrscheinlichkeit von “Abbruchwahrscheinlichkeit-A” endet. In diesem Wert fließen mehrere Ursachen zusammen, die einen Abbruch der Verhandlung mit sich bringen können. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um exogene Gründe, die in der Realität häufig auftreten. Der Verhandlungsgegenstand kann beispielsweise durch Innovation abgelöst werden und ein Weiterverhandeln würde somit obsolet. Bei Verkaufs- oder Beschaffungsverhandlungen kann für eine Agentengruppe ein ökonomisch lukrativerer Verhandlungspartner erscheinen und deshalb die Verhandlung enden. Zusätzlich zu exogenen Gründen besteht die Möglichkeit, dass Agent A beispielsweise aus Eitelkeit oder Verstimmung die Verhandlung abbricht nachdem sein Angebot abgelehnt wurde. Dieses Verhalten ist mathematisch kaum formulierbar, jedoch in der Realität beobachtbar. Für eine effiziente Verhandlung (rationales Agentenverhalten und keine logischen Fehler) muss diese agentenbedingte Abbruchwahrscheinlichkeit gleich Null sein. Für die

mathematische Simulation spielt nur der Wert "Abbruchwahrscheinlichkeit" und nicht die dazu führenden Gründe eine Rolle. "Abbruchwert" beschreibt den Nutzen für die Agenten falls es zu einem Abbruch und somit zu keiner Verhandlungslösung kommt. Dieser ist ebenso wie der Nutzen auf das Intervall $[0,1]$ beschränkt.

Für beide Agentengruppen ist "Zeitdiskont" einzustellen. Es handelt sich um die Wertverminderung zwischen den einzelnen Runden. Eine Runde umfasst zwei Sequenzen der Simulation, also einen Vorschlag der Agentengruppe A und einen von Agentengruppe B. In diesem Zeitdiskont werden sämtliche Einflüsse, die den Wert mit fortlaufender Zeit vermindern können, zusammengefasst. Neben Inflation oder der Entwertung eines zu beschaffenden Objekts aufgrund der Alterung können hier noch weitere zeitabhängige Aspekte einfließen.

Aus dem Intervall $[0,1]$ ist für beide Agentengruppen ein Parameter einstellbar, der sämtliche unter Soft Skills fallenden Aspekte zusammen fasst. Je höher dessen Wert bei einer Agentengruppe ist, desto ausgeprägter sind ihre diesbezüglichen Fähigkeiten. Die bisher angeführten Parameter haben im Prozess selbst entscheidende Auswirkung auf den Vorschlag der Agenten in den einzelnen Runden und auf die Überlegungen, ob ein Vorschlag angenommen werden soll oder nicht.

Im Simulationsmodell ist die Größe der beiden Agentengruppen einstellbar. Diese kann zwischen einem Agenten und 100 pro Gruppe variieren. Aus dem Umstand, dass Agentengruppen mehr als ein Mitglied haben können folgt, dass innerhalb einer Gruppe Abstimmungen nötig sind. Die notwendigen Mehrheitsverhältnisse können in den Parametern "Abstimmung-A-Vorschlag" und "Abstimmung-A-Annahme" eingestellt werden. Bei "Abstimmung-A-Vorschlag" handelt es sich um den prozentuellen Anteil der Agenten der Gruppe A der in jeder Vorschlagssequenz der Gruppe A mit dem Angebot das der Gruppe B unterbreitet wird, einverstanden sein muss. Bei dem Parameter "Abstimmung-A-Annahme" handelt es sich um den geforderten Anteil an Agenten der Gruppe A damit ein Vorschlag der Gruppe B angenommen wird. Die Möglichkeit auch

diese Parameter einzustellen und somit ihren Einfluss zu untersuchen erlaubt es, auch Erkenntnisse über Verhandlungen, die nicht von einem hierarchisch übergeordneten Chef dominiert sind, zu gewinnen. Praktische Beispiele sind politische Verhandlungen.

Weiters kann eine Mindestschrittgröße "Mindestschritt" festgelegt werden. Diese garantiert, dass sich der Vorschlag der Agentengruppe A um mindestens "Mindestschritt" vom letzten Vorschlag der Agentengruppe A unterscheidet (Anm. ein Nichtabweichen vom letzten Angebot ist erlaubt). Für viele Verhandlungen mit ökonomischem Hintergrund ist die Einführung einer Mindestschrittgröße eine sinnvolle Einschränkung der Simulation, da eine solche auch in der Realität gegeben ist. Beispiele sind Verhandlungen mit finanziellen Transaktionen. Bei diesen ist die theoretische Mindestschrittgröße die kleinste monetäre Einheit.

Mit dem Parameter "Take-it-or-Leave-it" kann festgelegt werden, ob den jeweiligen Agentengruppen die Möglichkeit zu einem solchen Verhalten eingeräumt wird. In der Simulation bedeutet dies, dass eine Agentengruppe von der gegenüberstehenden Gruppe ein letztes Angebot verlangen kann.

Mit dem Parameter "StreikB" kann eingestellt werden wie oft die Agentengruppe B eine Runde aussetzen kann, d.h. wie oft Agentengruppe B eine Sequenz überspringen kann und somit auf ein Angebot von Gruppe A noch ein Angebot von A erfolgt. Dadurch soll Agentengruppe A zu einer höheren Kompromissbereitschaft geführt werden. In der vorliegenden Simulation gelten all diese Einstellungen jeweils für die gesamte Agentengruppe und können innerhalb dieser nicht variieren.

Die Nutzenfunktionen der Agenten sind durch die Starteinstellungen nur begrenzt variierbar. Mittels Zufallsgenerator wird jedem Agenten eine Nutzenfunktion aus einer vorgegebenen Menge zugewiesen. Je höher der Wert dieser Einstellung ist, desto größer ist die zur Verfügung stehende Menge. Zusätzlich zu den in 4 angegebenen Eigenschaften besitzen alle verwendeten Nutzenfunktionen noch die Eigenschaft

$$\forall f_a \mid f_a(0) = 0 \text{ und } f_a(1) = 1 \quad (5.1)$$

$$\forall f_b \mid f_b(0) = 1 \text{ und } f_b(1) = 0 \quad (5.2)$$

In der folgenden Graphik sind die für diese Simulation verwendeten Nutzenfunktionen dargestellt.

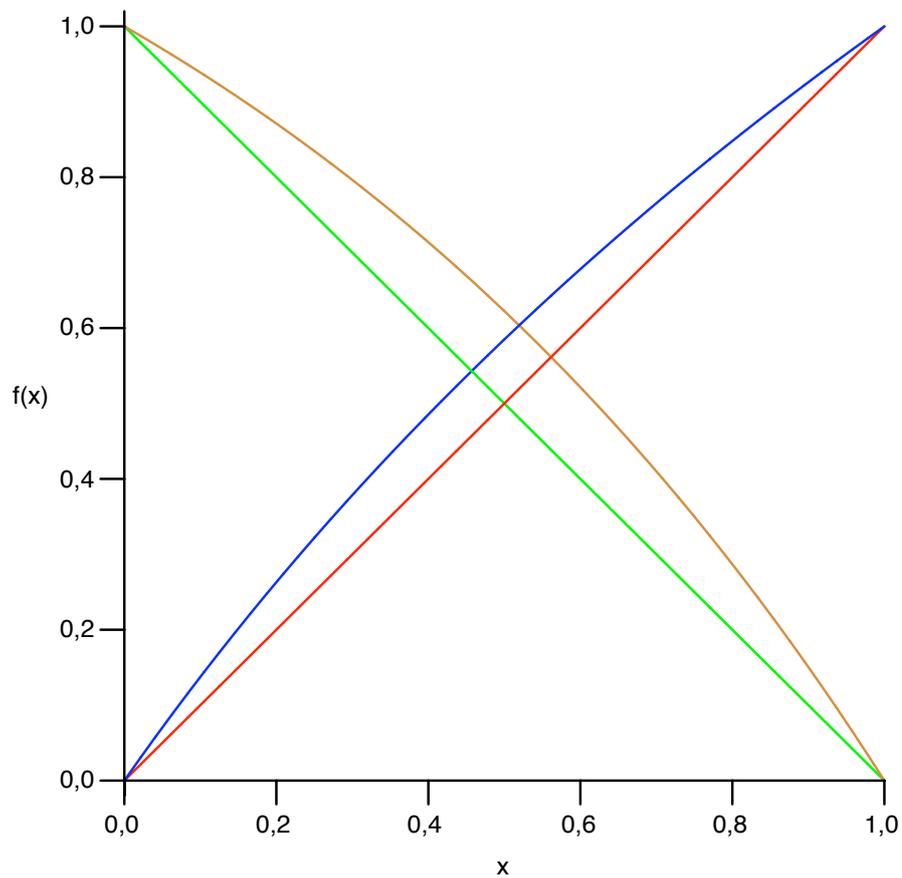


Abbildung 5.1: Verwendete Nutzenfunktionen

Schlussendlich besteht noch die Möglichkeit die Simulation auszusetzen. Dies geschieht mittels der Einstellung "Abwarten". Sinnvollerweise ist diese Einstellung nur während

einer laufenden Simulation anzuwenden. Es handelt sich um eine exogene Unterbrechung der Simulation und gilt somit für beide Agentengruppen gleichermaßen. Während diese Einstellung auf "on" gestellt ist, werden keine Angebote eingebracht. Nur der Rundenzähler schreitet voran und vermindert somit den Nutzen der Agenten entsprechend ihrem Zeitdiskont.

Die Agenten besitzen in dieser Simulation sämtliche sie selbst betreffenden Informationen und die Information über die exogene Abbruchwahrscheinlichkeit des Gegeübers. Diese fließen auch in den Verhandlungsprozess ein. Die übrigen Informationsbereiche (siehe Kapitel 2.3) werden in diesem Simulationsmodell nicht berücksichtigt.

5.2 Der Verhandlungsprozess

Der Verhandlungsprozess ist die Simulation des Verhandlungsablaufes, festgelegt durch den Code der Simulation. Der in dieser Arbeit simulierte Verhandlungsprozess folgt den Überlegungen des Autors und stellt nicht den Anspruch, ein Abbild aller Verhandlungen zu sein. Daraus folgt, dass der Versuch die Erkenntnisse der Simulation auf die Realität umzulegen nur sinnvoll ist, wenn die reale Verhandlung den Regeln des hier simulierten Prozesses entspricht. Erkenntnisse und daraus folgende Empfehlungen für reale Verhandler sind nur dann sinnvoll, wenn sich diese an den hier implementierten Prozess halten. Es sei noch einmal erwähnt, dass sämtliche Voraussetzungen und Annahmen immer in die Interpretation der Ergebnisse und in mögliche Empfehlungen einfließen müssen.

Im folgenden wird der simulierte Prozess beschrieben. Nachdem der Benutzer die Anfangsparameter eingestellt hat, beginnt die Verhandlungssimulation. Wie schon erwähnt handelt es sich in dieser Arbeit, um ein sequentielles Modell. Dies bedeutet, dass es immer eine aktive und eine passive Agentengruppe gibt. Kommt es zu keiner Einigung,

wechseln die Agenten ihren Status von aktiv in passiv bzw. umgekehrt. Die Unterschiede zwischen den Agentengruppen liegen in der durch die Anfangsparameter bestimmten Startsituation und in den Nutzenfunktionen der Agenten. Der Prozess selbst behandelt alle Agenten gleichwertig. In den folgenden Erläuterungen wird o.B.d.A die Agentengruppe A als aktiv angenommen.

Am Anfang jeder Sequenz wird der Status der Agenten gewechselt und es werden die eingestellten Parameter der Anfangssituation zugewiesen. Nach Überprüfung, ob die Verhandlung unterbrochen wurde kommt es im Falle der Fortführung der Verhandlungen zum ersten Angebot. Jeder Agent der aktiven Gruppe ermittelt seinen Vorschlag. In dieser Arbeit ergibt sich das neue Angebot der Gruppe aus einer Annäherung an das Gegenüber um einen Wert, der aus einer Exponentialverteilung mit Parameter λ erhalten wird.

$$\lambda = \frac{\text{Soft Skills A}}{|\text{letztes Angebot A} - \text{letztes Angebot B}| * (c_a + (0.1 * \text{Zeitdiskont A}))} \quad (5.3)$$

mit c = Abbruchwahrscheinlichkeit.

Dies ist das zugrundeliegende Konzept das in dieser Arbeit verwendet wird, um einen neuen Vorschlag zu ermitteln. Daraus folgt, dass jeder Agent der Gruppe A nun einen Vorschlag für die Gruppe B hat. Der Agent der Gruppe A, dessen Vorschlag der Abstimmungsregel entspricht ("Abstimmung-A-Vorschlag), wird zum repräsentativen Agenten der Gruppe in dieser Sequenz erkoren. Sein Vorschlag wird als Angebot A der Gruppe B unterbreitet. Die Agenten der Gruppe B ermitteln für sich einen möglichen nächsten Vorschlag. Ebenso wie in Gruppe A wird ein repräsentativer Agent erkoren. Trifft für diesen

$$\text{Angebot von A} \geq (d_b * c_b) + (1 - c_b) * b \quad (5.4)$$

d = Abbruchwert

b = möglicher nächster Vorschlag des repräsentativen Agenten der passiven Gruppe

zu, so wird das Angebot der Gruppe A angenommen, andernfalls wird dieses abgelehnt. Die Gleichung (5.4) bindet den Abbruchwert in das Modell ein. Dies ist eine Möglichkeit den "Plan B" einzubeziehen. In dieser Arbeit werden die Nutzen der repräsentativen Agenten als Nutzen für alle Gruppenmitglieder herangezogen.

Hat die Gruppe B die Möglichkeit ein "Take-it-or-Leave-it" Angebot zu verlangen, wird dieses eingefordert falls der Nutzen des repräsentativen Agenten von B kleiner ist als der Nutzen, den der repräsentative Agent der Gruppe B beim letzten Angebot der Gruppe A hatte. Kommt es zu dieser Forderung, ist dies das letzte Angebot, das gemacht wird bevor der Verhandlungsprozess endet. In diesem Fall wird der Parameter λ der Exponentialverteilung von (5.3) auf

$$\lambda = \frac{\text{letztes Angebot A} - \text{letztes Angebot B}}{3} \quad (5.5)$$

abgeändert. Bei diesem Angebot handelt es sich um das letzte zur Verfügung stehende, deshalb wird es nur mehr mit dem Abbruchwert der Gruppe B verglichen.

Hat die Gruppe B noch die Möglichkeit des "Streik", wird dieser durchgeführt falls der Nutzen des repräsentativen Agenten von B kleiner ist als

$$(\text{Nutzen des letzten Angebots von A}) * (1.05 + \text{Zeitdiskont-B}) \quad (5.6)$$

In diesem Fall ermitteln die Agenten der Gruppe A ihre Vorschläge wie in einer Standardrunde und "StreikB" wird um 1 reduziert. Nach der Nachbesserung des Angebots der Gruppe A wegen des Streiks von Gruppe B startet, sofern es nicht zu einem Ab-

bruch der Verhandlungsprozesses kam, eine neue Sequenz der Simulation. Am Beginn dieser wird der Status "aktiv" und "passiv" der Agenten getauscht. Details sind dem Code mit Kommentaren in Kapitel 6 zu entnehmen. Während der gesamten Simulation werden Zwischenresultate in der Ausgabe angezeigt.

5.3 Die Ausgabe

Nun folgt die Erklärung der Ausgabefelder, in denen während der Simulation die Zwischenresultate und schlussendlich das Ergebnis angezeigt werden. Die Ausgabe ist in drei Teile unterteilt:

- graphischer Teil
- Monitore (fortlaufende Bildschirmanzeigen)
- Statusreporter

Im graphischen Teil werden die jeweiligen Agentengruppen anhand der Farbe unterschieden. Er besteht aus drei Komponenten. In einem Plot werden die Angebote des repräsentativen Agenten der aktiven Gruppe eingezeichnet, in einem weiteren der Nutzen der repräsentativen Agenten beider Gruppen. Um Verwechslungen der Gruppen zu vermeiden, ist die farbliche Kennung von Bedeutung. Schließlich besteht dieser Teil noch aus einem Spielfeld auf dem die Agenten verteilt sind. Am Ende der Verhandlung werden alle Agenten, die mit der Lösung einverstanden sind grün eingefärbt.

Monitore geben Auskunft über das aktuelle Angebot, das letzte Angebot, den aktuellen Nutzen der repräsentativen Agenten, die Nummer des repräsentativen Agenten der aktuellen Gruppe, die Rundenanzahl und die Anzahl der mit dem Angebot einverstanden Agenten.

Im dritten Teil der Ausgabe wird der Benutzer über den Status des Verhandlungsprozesses informiert. Statusreporter (geben nur "true" oder "false" an) sind

- ist die Verhandlung beendet
- kam es zu einer Verhandlungslösung
- wurde ein "Take-it-or-Leave-it" Angebot eingefordert
- befindet sich eine Gruppe gerade im Streik

6 Der Code

Die Simulation dieser Arbeit wurde in NetLogo 3.1.4 [12] implementiert. Der entwickelte Code ist in der Folge angegeben.

```
;;Simulation einer Verhandlung zwischen zwei Agentengruppen

breed [ Gruppe-A ]
breed [ Gruppe-B ]

globals [coffer oldoffer cplayer myoffer done art
          streik take mybreak myprob nutzenGA
          nutzenGB rd awertl aplayer bplayer awert
          bwert lhs aliste bliste alliste blliste yourprob
          bwertl sa sb za abbruch gut]

turtles-own [gammanutzen my10ffer mydiff diff youroffer]

to setup
  ca
  set-default-shape turtles "person"
  create-Gruppe-A Gruppe-Alpha
```

```

create-Gruppe-B Gruppe-Beta
set rd 0
set sa 0
set sb 0
set za 2
set awertl [1 0]
set bwertl [0 1]
set streik false
set done false
set art false
set take false
ask turtles
  [if breed = Gruppe-A
    [set color red
      set gammanutzen random 10]
    if breed = Gruppe-B
      [set color blue
        set gammanutzen random 10]
    rt random 360
    fd 50 ]
;; Start der Verhandlungsprozess, Start mit A
set aplayer max-one-of Gruppe-A [nutzena 1] ;;setzt Startnutzen A fest
set bplayer max-one-of Gruppe-B [nutzenb 0] ;;setzt Startnutzen B fest
set oldoffer 1
set cplayer aplayer
subbaplot oldoffer
set cOffer 0
set cPlayer bplayer
subbaplot cOffer

```

```

n1plot 1
nplot 0
n1plot 0
nplot 1
end

to go
  set rd rd + 1
  set streik false          ;; setzt Streikstatus zurück auf falsch
  ifelse cplayer = bplayer  ;; wechselt Spieler
    [set cplayer aplayer]
    [set cplayer bplayer]
  ifelse cplayer = aplayer  ;; fixier Abbruchwert & -wahrscheinlichkeit
    [set mybreak Abbruchwert-B
     set myprob Abbruchwahrscheinlichkeit-A
     set yourprob Abbruchwahrscheinlichkeit-B]
    [set mybreak Abbruchwert-A
     set myprob Abbruchwahrscheinlichkeit-B
     set yourprob Abbruchwahrscheinlichkeit-A]
  set abbruch random-float 1 ;; Zufallszahl für einen exogenen Abbruch
  while [Abwarten]
    [set rd rd + 1
     wait 0.1
     let Abbruch1 random-float 1
     if Abbruch1 < myprob    ;; überprüft ob es zu einem Abbruch kommt
       [set done true
        set art false]
     if done = true

```

```

        [stop]                ;; Falls Abbruchbedingung erfüllt => Ende
ifelse cplayer = aplayer
[ask turtles                ;;nächster Vorschlag der aktiven Spieler
  [if breed = Gruppe-A
    [set mydiff random-exponential ((abs (coffer - oldoffer)) *
      (myprob + (0.1 * ( 1 + Zeitdiskont-A )))) / Soft-Skills-A
    ifelse mydiff < 0.000001
      [set diff 0]
      [set diff mydiff]
    ifelse mydiff < mindestschritt-A
      [set mydiff mindestschritt-A]
      [set mydiff myDiff]
    if diff = 0
      [set mydiff 0]
    ifelse oldoffer - mydiff < 0
      [set my1offer 0 + 0.01]
      [set my1offer oldoffer - mydiff]]]
set aliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
  [breed = Gruppe-A] [nutzena my1offer]
set nutzenga item (ceiling (Abstimmung-A-Vorschlag *
  Gruppe-Alpha) - 1) aliste
set aplayer one-of turtles with [breed = Gruppe-A and
  nutzenga = nutzena my1offer]
;;setzt repräsentativen Spieler fest
set cplayer aplayer
set myoffer value-from aplayer [my1offer]
set bliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
  [breed = Gruppe-B] [nutzenb myoffer]
set nutzengb item (ceiling (Gruppe-Beta -

```

```

(Abstimmung-B-Annahme * Gruppe-Beta))) bliste
set nutzenga (nutzenga) / (1 + Zeitdiskont-A) ^ (ceiling (rd / 2))
set nutzengb (nutzengb) / (1 + Zeitdiskont-B) ^ (ceiling (rd / 2))
subbaplot myoffer
ask turtles
  [if breed = Gruppe-B ;; möglicher Folgevorschlag für B wird ermittelt
    [set mydiff random-exponential ((abs (coffer - myoffer)) *
(myprob + (0.1 * ( 1 + Zeitdiskont-B )))) / Soft-Skills-B
    ifelse mydiff < 0.000001
      [set diff 0]
      [set diff mydiff]
    ifelse mydiff < mindestschritt-B
      [set mydiff mindestschritt-B]
      [set mydiff myDiff]
    if diff = 0
      [set mydiff 0]
    ifelse coffer + mydiff > 1
      [set youroffer 1 - 0.01]
      [set youroffer coffer + mydiff]]]
set blliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
[breed = Gruppe-B] [nutzenb youroffer]
set bwert item (ceiling (Abstimmung-B-Vorschlag *
  Gruppe-Beta) - 1) blliste
;; ermittelt repräsentativen Spieler der passiven Gruppe
set bwert (bwert) / (1 + Zeitdiskont-B) ^ (ceiling ((rd + 2) / 2))
set awertl lput nutzenga awertl
set bwertl lput nutzengb bwertl
;; hält die aktuellen Nutzen der repräsentativen Agentenfest
set za za + 1

```

```

nplot nutzenga
n1plot nutzengb
set lhs myprob * mybreak + (1 - yourprob) * bwert
;; bewertet das mögliche folgende Angebot mit Abbruchrisiko
if lhs <= nutzengb
  [set done true
   set art true]
if nutzenga <= Abbruchwert-A
  [set done true
   set art false]
if Abbruch < myprob
  [set done true
   set art false]
if art = false and done = true
  [set nutzenga Abbruchwert-A
   set nutzengb Abbruchwert-B
   nplot nutzenga
   n1plot nutzengb]
ask turtles
  [if breed = Gruppe-A
   [ifelse nutzenga myoffer <= nutzenga
    [set color green]
    [set color red]]
   if breed = Gruppe-B
   [ifelse nutzenb myoffer >= lhs
    [set color green]
    [set color blue]]]
set gut count turtles with [color = green]
if done = true

```

```

[stop]
if take-it-or-leave-it-B
  [if nutzengb < (item (ceiling (za - 3)) bwertl)
    [set take true
      ask turtles
        [if breed = Gruppe-A
          [set mydiff random-exponential ((abs (myoffer - coffer) / 3))
            ifelse mydiff < 0.000001
              [set diff 0]
              [set diff mydiff]
            ifelse mydiff < mindestschritt-A
              [set mydiff mindestschritt-A]
              [set mydiff mydiff]
            if diff = 0
              [set mydiff 0]
            ifelse myoffer - myDiff < 0
              [set my1offer 0 + 0.01]
              [set my1offer myoffer - mydiff]]]
          set aliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
            [breed = Gruppe-A] [nutzena my1offer]
          set nutzenga item (ceiling (Abstimmung-A-Vorschlag *
            Gruppe-Alpha) - 1) aliste
          set aplayer one-of turtles with [breed = Gruppe-A and
            nutzenga = nutzena my1offer]
          set cplayer aplayer
          set myoffer value-from aplayer [my1offer]
          set bliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
            [breed = Gruppe-B] [nutzenb myoffer]
          set nutzengb item (ceiling (Gruppe-Beta -

```

```

    (Abstimmung-B-Annahme * Gruppe-Beta))) bliste
set nutzenga (nutzenga)/(1 + Zeitdiskont-A) ^ (ceiling (rd / 2))
set nutzengb (nutzengb)/(1 + Zeitdiskont-B) ^ (ceiling (rd / 2))
subbaplot myoffer
set art true
set done true
if nutzenga <= Abbruchwert-A
    [set done true
     set art false]
if nutzengb <= Abbruchwert-B
    [set done true
     set art false]
if art = false
    [set nutzenga Abbruchwert-A
     set nutzengb Abbruchwert-B
     nplot nutzenga
     n1plot nutzengb]
nplot nutzenga
n1plot nutzengb
ask turtles
[if breed = Gruppe-A
 [ifelse nutzena myoffer <= nutzenga
  [set color green]
  [set color red]]
if breed = Gruppe-B
 [ifelse nutzenb myoffer >= lhs
  [set color green]
  [set color blue]]]
set gut count turtles with [color = green]

```

```

    if done = true
        [stop]]]
if nutzengb < (item ((za - 3)) bwertl) * (1.05 + Zeitdiskont-B)
;; überprüft ob gestreikt werden soll
[ifelse sb < StreikB
    ;; überprüft ob noch einmal gestreikt werden darf
    [set streik true
        set sb sb + 1
        set rd rd + 2
        ask turtles
            [if breed = Gruppe-A
                [set myDiff random-exponential ((abs (myoffer - coffer)) *
                    ((myprob + (0.1 * ( 1 + Zeitdiskont-A ))))) / Soft-Skills-A
                ifelse mydiff < 0.000001
                    [set diff 0]
                    [set diff mydiff]
                ifelse mydiff < mindestschritt-A
                    [set mydiff mindestschritt-A]
                    [set mydiff mydiff]
                if diff = 0
                    [set mydiff 0]
                ifelse myoffer - myDiff < 0
                    [set myloffer 0 + 0.01]
                    [set myloffer myoffer - mydiff]]]
set aliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
    [breed = Gruppe-A] [nutzena myloffer]
set nutzenga item (ceiling (Abstimmung-A-Vorschlag *
    Gruppe-Alpha) - 1) aliste
set aplayer one-of turtles with [breed = Gruppe-A and

```

```

    nutzenga = nutzena my1offer]
set cplayer aplayer
set myoffer value-from aplayer [my1offer]
set bliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
    [breed = Gruppe-B] [nutzenb myoffer]
set nutzengb item (ceiling (Gruppe-Beta -
    (Abstimmung-B-Annahme * Gruppe-Beta))) bliste
set nutzenga (nutzenga)/(1 + Zeitdiskont-A) ^ (ceiling (rd / 2))
set nutzengb (nutzengb)/(1 + Zeitdiskont-B) ^ (ceiling (rd / 2))
subbaplot myoffer
ask turtles
    [if breed = Gruppe-B
        [set mydiff random-exponential ((abs (cOffer - myOffer)) *
            (myProb + (0.1 * ( 1 + Zeitdiskont-B )))) / Soft-Skills-B
        ifelse mydiff < 0.000001
            [set diff 0]
            [set diff mydiff]
        ifelse mydiff < mindestschritt-B
            [set mydiff mindestschritt-B]
            [set mydiff mydiff]
        if diff = 0
            [set mydiff 0]
        ifelse coffer + myDiff > 1
            [set youroffer 1 - 0.01]
            [set youroffer coffer + mydiff]]]
set blliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
    [breed = Gruppe-B] [nutzenb youroffer]
set bwert item (ceiling (Abstimmung-B-Vorschlag *
    Gruppe-Beta) - 1) blliste

```

```

set bwert (bwert)/(1 + Zeitdiskont-B) ^ (ceiling ((rd + 1) / 2))
set awertl lput nutzenga awertl
set bwertl lput nutzengb bwertl
nplot nutzenga
n1plot nutzengb
set lhs myprob * mybreak + (1 - myprob) * bwert
if lhs <= nutzengb
  [set done true
   set art true]
if nutzenga <= Abbruchwert-A
  [set done true
   set art false]
if Abbruch < myprob
  [set done true
   set art false]
if art = false and done = true
  [set nutzenga Abbruchwert-A
   set nutzengb Abbruchwert-B
   nplot nutzenga
   n1plot nutzengb]
ask turtles
  [if breed = Gruppe-A
   [ifelse nutzena myoffer <= nutzenga
    [set color green]
    [set color red]]
   if breed = Gruppe-B
   [ifelse nutzenb myoffer >= lhs
    [set color green]
    [set color blue]]]

```

```

    set gut count turtles with [color = green]
    if done = true
        [stop]]
    [set sb sb + 1]]
set oldoffer coffer ;; Wechsel des aktuellen zum alten Angebot
set coffer myoffer] ;; Wechsel des neuen zum aktuellen Angebot
[ask turtles
  [if breed = Gruppe-B
    [set mydiff random-exponential ((abs (coffer - oldoffer)) *
      (myprob + (0.1 * (1 + Zeitdiskont-B)))) / Soft-Skills-B
    ifelse mydiff < 0.000001
      [set diff 0]
      [set diff mydiff]
    ifelse mydiff < mindestschritt-B
      [set mydiff mindestschritt-B]
      [set mydiff mydiff]
    if diff = 0
      [set mydiff 0]
    ifelse oldoffer + mydiff > 1
      [set my1offer 1 - 0.01]
      [set my1offer oldoffer + mydiff]]]
set bliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
  [breed = Gruppe-B] [nutzenb my1offer]
set nutzengb item (ceiling (Abstimmung-B-Vorschlag *
  Gruppe-Beta) - 1) bliste
set bplayer one-of turtles with [breed = Gruppe-B and
  nutzengb = nutzenb my1offer]
set cplayer bplayer
set myoffer value-from bplayer [my1offer]

```

```

set aliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
  [breed = Gruppe-A] [nutzena myoffer]
set nutzenga item (ceiling (Gruppe-Alpha -
  (Abstimmung-A-Annahme * Gruppe-Alpha))) aliste
set nutzenga (nutzenga)/(1 + Zeitdiskont-A) ^ (ceiling (rd / 2))
set nutzengb (nutzengb)/(1 + Zeitdiskont-B) ^ (ceiling (rd / 2))
subbaplot myoffer
ask turtles
  [if breed = Gruppe-A
    [set mydiff random-exponential ((abs (coffer - myoffer)) *
      (myprob + (0.1 * ( 1 + Zeitdiskont-A )))) / Soft-Skills-A
    ifelse mydiff < 0.000001
      [set diff 0]
      [set diff mydiff]
    ifelse mydiff < mindestschritt-A
      [set mydiff mindestschritt-A]
      [set mydiff mydiff]
    if diff = 0
      [set mydiff 0]
    ifelse coffer - myDiff < 0
      [set youroffer 0 + 0.01]
      [set youroffer coffer - mydiff]]]
set alliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
  [breed = Gruppe-A] [nutzena youroffer]
set awert item (ceiling (Abstimmung-A-Vorschlag *
  Gruppe-Alpha) - 1) alliste
set awert (awert)/(1 + Zeitdiskont-A) ^ (ceiling ((rd + 1) / 2))
set awertl lput nutzenga awertl
set bwertl lput nutzengb bwertl

```

```

set za za + 1
n1plot nutzenga
nplot nutzengb
set lhs myprob * mybreak + (1 - myprob) * awert
if lhs <= nutzenga
  [set done true
   set art true]
if nutzengb <= Abbruchwert-B
  [set done true
   set art false]
if Abbruch < myprob
  [set done true
   set art false]
if art = false and done = true
  [set nutzenga Abbruchwert-A
   set nutzengb Abbruchwert-B
   nplot nutzengb
   n1plot nutzenga]
ask turtles
  [if breed = Gruppe-A
   [ifelse nutzena myoffer >= lhs
    [set color green]
    [set color red]]
   if breed = Gruppe-B
   [ifelse nutzenb myoffer <= nutzengb
    [set color green]
    [set color blue]]]
set gut count turtles with [color = green]
if done = true

```

```

[stop]
if take-it-or-leave-it-A
  [if nutzenga < (item ((za - 3)) awertl)
    [set take true
      ask turtles
        [if breed = Gruppe-B
          [set myDiff random-exponential ((abs (myoffer - coffer) / 3))
            ifelse mydiff < 0.000001
              [set diff 0]
              [set diff mydiff]
            ifelse mydiff < mindestschritt-B
              [set mydiff mindestschritt-B]
              [set mydiff mydiff]
            if diff = 0
              [set mydiff 0]
            ifelse myoffer + myDiff > 1
              [set my1offer 1 - 0.01]
              [set my1offer myoffer + mydiff]]]
          set bliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
            [breed = Gruppe-B] [nutzenb my1offer]
          set nutzengb item (ceiling (Abstimmung-B-Vorschlag *
            Gruppe-Beta) - 1) bliste
          set bplayer one-of turtles with [breed = Gruppe-B and
            NutzenGB = nutzenb my1offer]
          set cplayer bplayer
          set myoffer value-from bplayer [my1offer]
          set aliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
            [breed = Gruppe-A] [nutzena myoffer]
          set nutzenga item (ceiling (Gruppe-Alpha -

```

```

    (Abstimmung-A-Annahme * Gruppe-Alpha))) aliste
set nutzenga (nutzenga)/(1 + Zeitdiskont-A) ^ (ceiling (rd / 2))
set nutzengb (nutzengb)/(1 + Zeitdiskont-B) ^ (ceiling (rd / 2))
subbaplot myoffer
set art true
set done true
if nutzenga <= Abbruchwert-A
  [set done true
   set art false]
if nutzengb <= Abbruchwert-B
  [set done true
   set art false]
if art = false
  [set nutzenga Abbruchwert-A
   set nutzengb Abbruchwert-B
   nplot nutzengb
   n1plot nutzenga]
nplot nutzengb
n1plot nutzenga
ask turtles
[if breed = Gruppe-A
  [ifelse nutzenga myoffer >= lhs
   [set color green]
   [set color red]]
 if breed = Gruppe-B
  [ifelse nutzenb myoffer <= nutzengb
   [set color green]
   [set color blue]]]
set gut count turtles with [color = green]

```

```

    if done = true
        [stop]]]
if nutzenga < (item ( (za - 3)) awert1) * (1.05 + Zeitdiskont-A)
    [ifelse sa < StreikA
        [set streik true
            ;;wait 1
            set sa sa + 1
            set rd rd + 2
            ask turtles
                [if breed = Gruppe-B
                    [set mydiff random-exponential ((abs (myoffer - coffer)) *
                        ((myprob + (0.1 * ( 1 + Zeitdiskont-B ))))) / Soft-Skills-B
                    ifelse mydiff < 0.000001
                        [set diff 0]
                        [set diff mydiff]
                    ifelse mydiff < mindestschritt-B
                        [set mydiff mindestschritt-B]
                        [set mydiff mydiff]
                    if diff = 0
                        [set mydiff 0]
                    ifelse myoffer + mydiff > 1
                        [set my1offer 1 - 0.01]
                        [set my1offer myoffer + mydiff]]]
                set bliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
                    [breed = Gruppe-B] [nutzenb my1offer]
                set nutzengb item (ceiling (Abstimmung-B-Vorschlag *
                    Gruppe-Beta) - 1) bliste
                set bplayer one-of turtles with [breed = Gruppe-B and
                    nutzengb = nutzenb my1offer]

```

```

set cplayer bplayer
set myoffer value-from bplayer [myloffer]
set aliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
    [breed = Gruppe-A] [nutzena myoffer]
set nutzenga item (ceiling (Gruppe-Alpha -
    (Abstimmung-A-Annahme * Gruppe-Alpha))) aliste
set nutzenga (nutzenga)/(1 + Zeitdiskont-A) ^ (ceiling (rd / 2))
set nutzengb (nutzengb)/(1 + Zeitdiskont-B) ^ (ceiling (rd / 2))
subbaplot myoffer
ask turtles
    [if breed = Gruppe-A
        [set mydiff random-exponential ((abs (coffer - myoffer)) *
            (myprob + (0.1 * ( 1 + Zeitdiskont-A )))) / Soft-Skills-A
            ifelse mydiff < 0.000001
                [set diff 0]
                [set diff mydiff]
            ifelse mydiff < mindestschritt-A
                [set mydiff mindestschritt-A]
                [set mydiff mydiff]
            if diff = 0
                [set mydiff 0]
            ifelse coffer - myDiff < 0
                [set youroffer 0 + 0.01]
                [set youroffer coffer - mydiff]]]
set alliste sort-by [?1 < ?2] values-from turtles with
    [breed = Gruppe-A] [nutzena youroffer]
set awert item (ceiling (Abstimmung-A-Vorschlag *
    Gruppe-Alpha) - 1) alliste
set awert (awert)/(1 + Zeitdiskont-A) ^ (ceiling ((rd + 1) / 2))

```

```

set awertl lput nutzenga awertl
set bwertl lput nutzengb bwertl
nplot nutzengb
n1plot nutzenga
set lhs myprob * mybreak + (1 - myprob) * awert
if lhs <= nutzenga
  [set done true
   set art true]
if nutzengb <= Abbruchwert-B
  [set done true
   set art false]
if Abbruch < myprob
  [set done true
   set art false]
if art = false and done = true
  [set nutzenga Abbruchwert-A
   set nutzengb Abbruchwert-B
   nplot nutzengb
   n1plot nutzenga]
ask turtles
[if breed = Gruppe-A
  [ifelse nutzena myoffer >= lhs
    [set color green]
    [set color red]]
  if breed = Gruppe-B
    [ifelse nutzenb myoffer <= nutzengb
      [set color green]
      [set color blue]]]
set gut count turtles with [color = green]

```

```

        if done = true
            [stop]]
            [set sa sa + 1]]
        set oldOffer cOffer
        set cOffer myOffer]
end

to subbaplot [offer]      ;; plotet die Angebote
    set-current-plot "Offer"
    ifelse cPlayer = aplayer
        [set-current-plot-pen "offerA"]
        [set-current-plot-pen "offerB"]
    plot offer
end

to nplot [pnutzen]      ;; plotet den Nutzen der aktiven Gruppe
    set-current-plot "Nutzen"
    ifelse cPlayer = aplayer
        [set-current-plot-pen "pnutzenA"]
        [set-current-plot-pen "pnutzenB"]
    plot pnutzen
end

to n1plot [p1nutzen]    ;; plotet den Nutzen der passiven Gruppe
    set-current-plot "Nutzen"
    ifelse cPlayer = aplayer
        [set-current-plot-pen "pnutzenB"]
        [set-current-plot-pen "pnutzenA"]

```

```
plot p1nutzen
end
```

```
to-report nutzena [offer] ;; Nutzenfunktion der Gruppe A
  if nutzenfunktionA = 0
    [report offer]
  if nutzenfunktionA = 1
    [report ln(offer + 1)/(ln 2)]
  if nutzenfunktionA = 2
    [report ln(offer ^ (1 / (gammanutzen + 1)) + 1)/(ln 2)]
end
```

```
to-report nutzenb [offer] ;; Nutzenfunktion der Gruppe B
  if nutzenfunktionB = 0
    [report 1 - offer]
  if nutzenfunktionB = 1
    [report (1 - exp (offer - 1))/(1 - exp(-1))]
  if nutzenfunktionB = 2
    [report (1 - exp (offer ^ (gammanutzen + 1) - 1))/(1 - exp(-1))]
end
```

Die aus den Simulationsläufen mit diesem Code erhaltenen Ergebnisse werden in Kapitel 7 analysiert.

7 Analyse der Ergebnisse

Zuerst wird der Prozess analysiert, um ein Verständnis für diesen zu erlangen. Dazu wird eine Startsituation ausgewählt, welche auch für die gesamte weitere Analyse als Basis dient. In dieser Basisstartsituation sind sämtliche Parameter für beide Agentengruppen gleich und wie folgt festgelegt:

- Abbruchwert = 0
- Abbruchwahrscheinlichkeit = 0.001
- Anzahl der Gruppenmitglieder = 100
- in allen Abstimmungen wird eine 2/3 Mehrheit gefordert
- Mindestschritt = 0.001
- Zeitdiskont = 0
- Soft Skills = 1
- Take-it-or-Leave-it "off"
- Streik = 0
- lineare Nutzenfunktion \forall Agenten

Bemerkung Da ohne Berücksichtigung der Nutzenfunktionen insgesamt $4 * 10^{50}$ unterschiedliche Startsituationen existieren, können im Rahmen dieser Arbeit nur ausgewählte Startsituationen mit hinreichender Häufigkeit simuliert werden. Es besteht dadurch die Möglichkeit, dass bei weiteren Analysen im Gefolge dieser Arbeit zusätzliche signifikante Ergebnisse erkannt werden.

Sämtliche Simulationsergebnisse setzen sich aus drei Komponenten zusammen

- Nutzen der Agenten (Aufteilung des Intervalls $[0, 1]$)
- Anzahl der Runden die “verhandelt” wurde
- Art des Endes (d.h. ist die Aufteilung D oder $\in X$; Gl. (4.1) und (4.2))

\bar{x}_a, \bar{x}_b bezeichnen den mittleren Nutzen der repräsentativen Agenten über die Anzahl der mit einer Startsituation durchgeführten Simulationsläufe. Mit der Basisstartsituation wurden 10000 Simulationen durchgeführt. 90% dieser Simulationen führten zu einer Verhandlungslösung. Die restlichen 10% brachen aufgrund der Abbruchwahrscheinlichkeit ab. Die mittlere Dauer einer Simulation bis eine Lösung $\in \mathbb{A}$ erreicht wurde betrug 103.58 Sequenzen. Betrachtet man nur die Versuche, die ein Ergebnis $\in X$ liefern dauerte eine Simulation im Mittel 109.18 Sequenzen. Die Aufteilung des Intervalls $[0,1]$ zwischen Agentengruppe A und B ergab:

$$\bar{x}_a = 0.4406 \quad \bar{x}_b = 0.4596 \quad (7.1)$$

Dieses Ergebnis wird fortan als \bar{x} bezeichnet

Bemerkung Da auch die Simulationen, die D als Lösung hatten, einbezogen sind, gilt für das Zahlenpaar (\bar{x}_a, \bar{x}_b) nicht notwendigerweise $(\bar{x}_a, \bar{x}_b) \in X$.

Betrachtet man nur die Simulationen, die zu einer Lösung $\in X$ geführt haben erhält man $\bar{x}_a = 0.4894$, $\bar{x}_b = 0.5106$. In beiden Fällen ist der Unterschied signifikant.

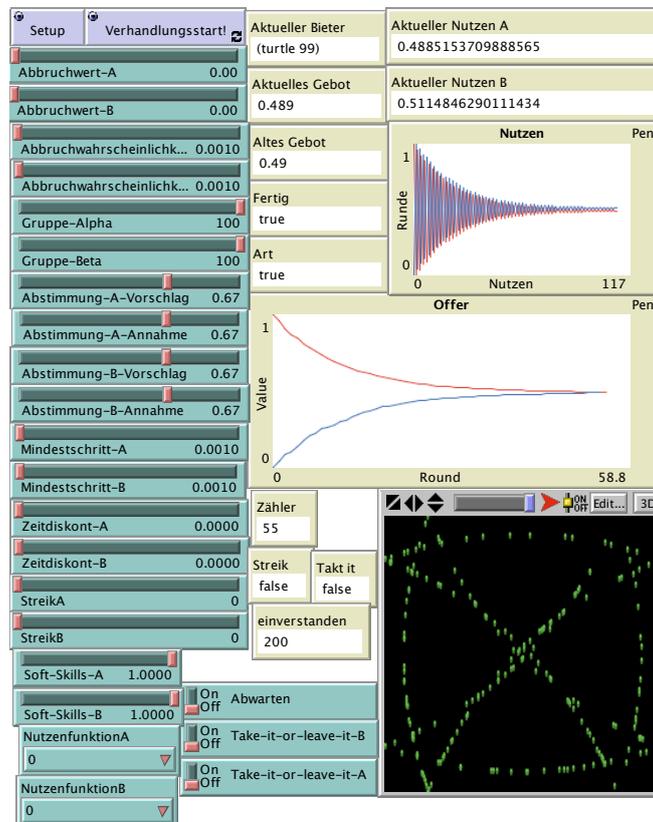


Abbildung 7.1: Screenshot eines Simulationslaufs der Basisstartsituation

Daraus gelangt man zu der Erkenntnis, dass in diesem Simulationsmodell ein signifikanter "second move" Vorteil existiert. Für die weiteren Untersuchungen stellt sich die Frage, welchen Bedingungen die Startsituation genügen muss, damit der prozessbedingte "second move" Vorteil ausgeglichen wird. Die weitere Analyse gliedert sich in drei Teile

- Ceteris Paribus Untersuchungen
- Untersuchung von Wechselwirkungen
- Einfluss der Nutzenfunktion

7.1 Ceteris Paribus Untersuchungen

Bemerkung Für diesen Abschnitt wurde immer nur ein Parameter einer Gruppe aus der Basisstartsituation abgeändert. So wird der Einfluss der einzelnen Parameter untersucht, Wechselwirkungen spielen noch keine Rolle für diese Untersuchungen.

Bemerkung Aufgrund der vielen Startsituationen wurde bei Ceteris Paribus Untersuchungen mit einer geringen Anzahl von Simulationsläufen ein Gespür für den Einfluss der jeweiligen geschaffen. Folgend wurden die Werte, bei denen signifikante Unterschiede verschwinden oder auftauchen, genauer (mit 1000 Simulationen der entsprechenden Startsituation) untersucht. Das geforderte Signifikanzniveau ist standardmäßig auf 1% gesetzt. Andere Werte werden explizit angegeben. Als Ergebnis ist das gemittelte Ergebnis der Simulationen zu verstehen.

Bemerkung Bei den folgenden Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass für die exogene Abbruchwahrscheinlichkeit c_i gilt $c_i \neq 0$. Dies hat neben dem schon erwähnten Effekt auch die Auswirkung, dass sich signifikante Unterschiede schwieriger nachweisen lassen.

7.1.1 Abbruchwert

Die Veränderung von "Abbruchwert-B" ergab, dass sich der "second move" Vorteil sukzessiv vergrößert. Bei "Abbruchwert-B" = 0.4 veränderte sich das Ergebnis von \bar{x} auf $\bar{x}_a = 0.4268$, $\bar{x}_b = 0.5007$. Bei diesem Wert traten keine Veränderungen der Rundenanzahl und Häufigkeit der Abbrüchlösung auf. Ab "Abbruchwert-B" = 0.5 waren die Lösungen fast immer D und nur noch selten $\in X$. Dies bringt auch eine Verringerung der Rundenanzahl mit sich.

Beim Abbruchwert der Gruppe A trat dieser Wechsel zur Lösung D mit denselben Begleiterscheinungen schon ab einem Wert 0.47 auf. Genauer wurde untersucht, ab welchem Wert der "second move" Vorteil verschwindet bzw. ab wann ein "first move" Vorteil zum Vorschein kommt. Diese Untersuchungen ergaben, dass der Vorteil der Gruppe B ab einem Wert von 0.1 ausgeglichen werden kann. Bei 0.05 ist ihr Vorteil mit einem Signifikanzniveau von 5% bzw. bei einem Wert von 0.08 von 10% feststellbar. Erst ab einem Wert von 0.3 erreicht die Gruppe A einen signifikanten Vorteil. Die Aufteilung, die aus dieser Startsituation folgt ist $\bar{x}_a = 0.4696$, $\bar{x}_b = 0.4561$. Bei einer weiteren Erhöhung von "Abbruchwert-A" vergrößert sich der Vorteil der Gruppe A.

7.1.2 Abbruchwahrscheinlichkeit

Ab einer Abbruchwahrscheinlichkeit von 2% treten Verhandlungslösungen nur noch sporadisch auf. Auch hier zeigt sich ein "second move" Vorteil. Steigt der Wert des Parameters "Abbruchwahrscheinlichkeit-B", kommt es häufiger zu Verhandlungslösungen als bei einem Anstieg von "Abbruchwahrscheinlichkeit-A". Für die Lösungen $\in X$ können keine Aussagen gemacht werden, da die vornehmbareren Simulationsläufe dafür nicht ausreichen.

Abbruchwahrscheinlichkeiten von unter 2% wurden genauer untersucht. Bei einem Erhöhen der "Abbruchwahrscheinlichkeit-A" veränderte sich der signifikante Vorteil von B kaum. Auch ein Herabsetzen der "Abbruchwahrscheinlichkeit-A" auf 0 hatte diesbezüglich keine Auswirkungen. Die Hauptidee dieser Untersuchung ist, dass der Anteil der Abbruchlösungen rasant zunimmt aber keine Auswirkungen auf die Verhandlungslösung bei einer Einigung hat.

Das Anheben von "Abbruchwahrscheinlichkeit-B" ergab, dass ab einem Wert von 0.5% der "second move" Vorteil verschwindet und bei 2% ein Vorteil für ein Signifikanzniveau von 10% für Gruppe A auftritt.

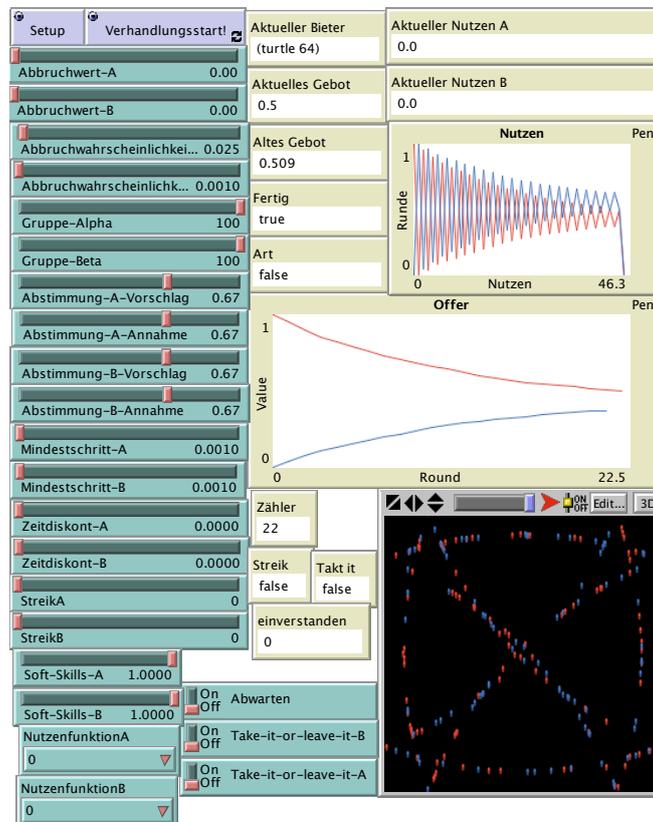


Abbildung 7.2: Screenshot eines Simulationslaufs mit höherer Abbruchwahrscheinlichkeit

7.1.3 Anzahl der Gruppenmitglieder

Die Untersuchung bezüglich des Einflusses der Mitgliederanzahl der Gruppe A zeigte keine Auswirkungen auf das Ergebnis. Nur bei einer Größe der Gruppe A von 5 verstärkte sich der Vorteil von B. Die Analyse der Gruppengröße von B ergab, dass selbst bei einem Verhältnis von 15:100 ein signifikanter "second move" Vorteil vorhan-

den ist. Bei noch weniger Agenten der Gruppe B verschwindet dieser und bei nur 5 Agenten der Gruppe B ergibt sich ein Vorteil für Gruppe A ($\bar{x}_a = 0.4617$, $\bar{x}_b = 0.4413$). Weitere Einflüsse der Gruppengröße konnten abgesehen von einer marginalen Verringerung der Rundenanzahl nicht ausgemacht werden.

7.1.4 Abstimmungsregeln

Die Untersuchung der Parameter "Abstimmung-A-Annahme" und "Abstimmung-B-Annahme" ergab kein Abweichen von den Ergebnissen der Basisstartsituation. Daraus lässt sich schließen, dass diese Parameter in diesem Prozess keinen Einfluss haben.

Die Analyse des Einflusses des Parameters "Abstimmung-A-Vorschlag" zeigt, dass bei minimalen Veränderungen des Basiswertes sich das Ergebnis signifikant ändert. Zu beachten ist, dass die beiden Gruppengrößen 100 sind. Durch eine Erhöhung der geforderten Mehrheitsverhältnisse von 67% auf 68% wurde der "second move" Vorteil der Gruppe B ausgeglichen. Bei 69% konnte mit einem Signifikanzniveau von 5% ein Vorteil für Gruppe A nachgewiesen werden. Ab 70% war der Vorteil signifikant. Weitere Erhöhung von "Abstimmung-A-Vorschlag" verstärkte den Vorteil für A beträchtlich. Für die Gruppe B verstärkt sich der Vorteil bei einer Erhöhung von "Abstimmung-B-Vorschlag" und verschwindet bei 66%, bei 65% hat A einen signifikanten Vorteil. Für beide Parameter gilt, dass ein Erhöhen zu einer Verlängerung der Verhandlungssimulation führt (bei 100% 162 Sequenzen) bzw. eine Verminderung des Parameters zu einer Verkürzung der Verhandlungssimulation (bei 51% 83 Sequenzen). Es zeigt sich ein starker Einfluss dieser Parameter auf das Ergebnis. Die folgende Tabelle sind kennzeichnende Einzelergebnisse aufgelistet.

Vorschlag Gruppe A	\bar{x}_a	\bar{x}_b	Vorschlag Gruppe B	\bar{x}_a	\bar{x}_b
51%	0.2916	0.6144	51%	0.5596	0.3527
61%	0.3865	0.5214	61%	0.5116	0.4082
65%	0.4139	0.4654	65%	0.4515	0.4428
66%	0.4295	0.4641	66%	0.4439	0.4469
67%	0.4464	0.4598	67%	0.4331	0.4518
68%	0.4518	0.4522	68%	0.4322	0.4677
69%	0.4528	0.4328	69%	0.4248	0.4761
70%	0.4566	0,4254	70%	0.4129	0.4819
71%	0,4649	0,4161	71%	0.4049	0.4878
80%	0.5889	0.3287	80%	0.3216	0.5983
90%	0.7065	0.1982	90%	0.1726	0.7472
100%	0.8628	0.0506	100%	0.0424	0.8769

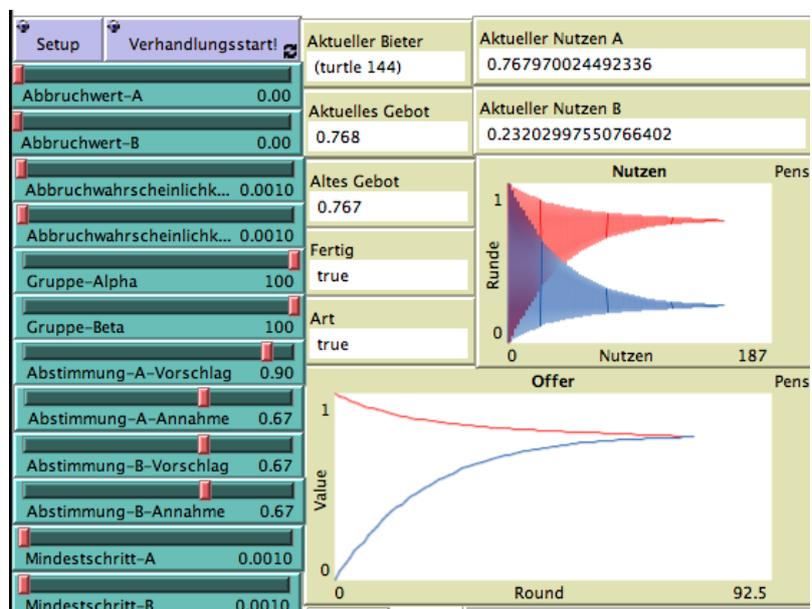


Abbildung 7.3: Screenshot eines Simulationslaufs mit
 “Abstimmung-A-Vorschlag” = 90%

7.1.5 Mindestschrittgröße

Die Mindestschrittgröße hat bei beiden Gruppen einen signifikanten Einfluss auf die Dauer der Simulation. Mit einher geht, dass es häufiger zu einem Ergebnis $\in X$ kommt. Durch eine Erhöhung von "Mindestschritt" einer Gruppe wird die gegenüberstehende bevorzugt. Eine Abänderung in der Startsituation von "Mindestschritt-A" von 0.001 auf 0 gleicht den signifikanten Vorteil der Gruppe B aus. Das Ergebnis dieser Simulationläufe ist: $\bar{x}_a = 0.4385, \bar{x}_b = 0.4483$. Bei einem Wert von 0.01 verringert sind die Anzahl der Sequenzen auf 62.5, der Anteil der Ergebnisse $\in X$ steigt auf 93.8% und liefert eine Aufteilung von $\bar{x}_a = 0.4135, \bar{x}_b = 0.5175$. Weiteres Erhöhen setzt diesen Trend fort. Bei einem Wert von 0.03 liegt das gemittelte Ergebnis X bei von $\bar{x}_a = 0.3389, \bar{x}_b = 0.6259$ bei 38.32 Sequenzen und einem Anteil der Abbruchlösungen von 3.4%.

Während sich bei einer Erhöhung von "Mindestschritt-A" der Vorteil der Gruppe B verstärkt, liegt bei der Analyse einer Veränderung von "Mindestschritt-B" das Interesse darin zu ergründen, wann der "second move" Vorteil verschwindet bzw. ab welchem Wert ein Vorteil für Gruppe A nachweisbar ist. Bei einem Wert von 0.002 für "Mindestschritt-B" verliert Gruppe B ihren "second move" Vorteil. Ab einem Wert von 0.005 ist ein signifikanter Vorteil von Gruppe A nachweisbar. Die sich einstellende Aufteilung der Simulationläufe ist $\bar{x}_a = 0.4768, \bar{x}_b = 0.4582$. Eine weitere Erhöhung von "Mindestschritt-B" verstärkt den Vorteil der Gruppe A. Die Auswirkungen auf Dauer des Simulationslaufs und Anteil der Abbruchlösungen sind wie bei "Mindestschritt-A".

7.1.6 Zeitdiskont

Der Einfluss von "Zeitdiskont" auf den Nutzen der Gruppe ist offensichtlich, da in jeder Runde der Nutzen um den eingestellten Prozentwert vermindert wird. Das Interesse liegt darin, neben der Dauer die Aufteilung des Intervalls $[0,1]$ zu untersuchen. Die Aufteilung des Intervalls zum Vorteil von Gruppe B erfolgt nur langsam. Bei einer

Diskontrate von 5% pro Runde erhöht sich der Wert \bar{x}_b von $\bar{x}_b = 0.4596$ der Basisstart-situation auf $\bar{x}_b = 0.4887$. Bei 10% ist $\bar{x}_b = 0.5619$ und bei 50% $\bar{x}_b = 0.6759$. Es zeigt sich eine geringfügige Steigerung der Einigungslösungen (bei 5% liegt sie bei 91.6%). Auf die Anzahl der Sequenzen ist der Einfluss bedeutend. Bei 5% sinkt die mittlere Anzahl der Sequenzen auf 80 und bei 10% sind es noch 69 und bei 50% gar nur noch 32. Der

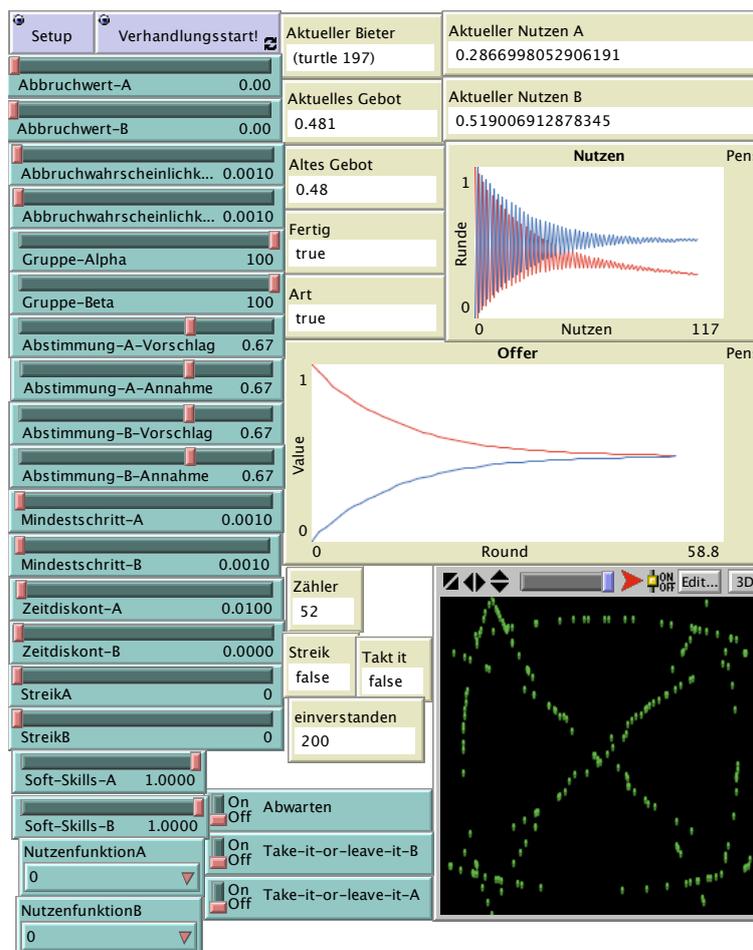


Abbildung 7.4: Screenshot eines Simulationslaufs mit "Zeitdiskont-A" = 1.0%

Einfluss eines Zeitdiskonts der Gruppe B ist wie jener der Gruppe A. Ab 4% verschiebt sich die Aufteilung zu Gunsten der Gruppe A ($\bar{x}_a = 0.4714$).

7.1.7 Soft Skills

Wie alle bisher untersuchten Parameter haben auch "Soft-Skills-A" und "Soft-Skills-B" denselben Einfluss auf Verhandlungsdauer und Art der Lösung. Bei einer Reduzierung des Wertes sinkt der Anteil der Abbruchlösungen auf 6.5% und die Anzahl der Sequenzen auf 75. Bei einer weiteren Verringerung des Wertes setzt sich dieser Trend fort. Gruppe B kann durch Verminderung des Wertes "Soft-Skills-A" ihren Vorteil sukzessive ausbauen (bei 0.9 ist das Ergebnis $\bar{x}_a = 0.4325$, $\bar{x}_b = 0.5075$). Eine Verminderung des Wertes "Soft-Skills-B" zeigt, dass der "second move" Vorteil bei 0.97 verloren geht und unter einem Wert von 0.92 Gruppe A einen signifikanten Vorteil inne hat.

7.1.8 Take-it-or-Leave-it

Aufgrund des verwendeten Prozesses kann der Parameter "Take-it-or-Leave-it-A" nur einen Einfluss haben, wenn der "Zeitdiskont-A" > 0 ist. Selbiges gilt auch für Gruppe B. Daraus folgt, dass dieser Parameter nur in 7.2 untersucht wird.

7.1.9 Streik

Bei einer Ceteris Paribus Veränderung des Parameters "Streik" zeigt sich, dass in Bezug auf Anzahl der Sequenzen und Anteil der Einigungslösungen kein Unterschied zwischen "StreikA" und "StreikB" feststellbar ist. Beide Parameter haben keinen Einfluss auf den Anteil der Lösungen $\in X$, auch in Bezug auf die Dauer der Verhandlungssimulation lässt sich kein signifikanter Einfluss erkennen.

Die Analyse des Einflusses des Parameters "Streik" auf das Simulationsergebnis zeigt einen starken Einfluss desselben. Besitzt Gruppe B die Möglichkeit des Streiks, so wird der "second move" Vorteil weiter ausgebaut. Setzt man den Wert von "StreikB" auf 7, so erhält man als Ergebnis $\bar{x}_a = 0.4042$, $\bar{x}_b = 0.4808$ (für "StreikB" = 2 $\bar{x}_a = 0.4288$, $\bar{x}_b = 0.4712$). Für Gruppe A reicht eine Streikmöglichkeit aus, um den "second move" Vorteil zu nivellieren ($\bar{x}_a = 0.4520$, $\bar{x}_b = 0.4599$; für "StreikA" = 4 ist $\bar{x}_a = 0.4569$, $\bar{x}_b = 0.4353$). Bei einem Wert von 3 lässt sich mit einem Signifikanzniveau von 5% ein Vorteil für Gruppe A feststellen. Dieser Vorteil verstärkt sich bei einer weiteren Erhöhung des Parameters und bei 7 erhält man als Simulationsergebnis $\bar{x}_a = 0.4827$, $\bar{x}_b = 0.4443$

7.2 Wechselwirkungen

Die Analyse der Auswirkungen einer Abänderung mehrerer Parameter von der Basisstartsituation ergab, dass diese Auswirkungen additiv sind, d.h. die Gesamtauswirkung ist die Summe der einzelnen Auswirkungen, welche sich bei einer Ceteris Paribus Veränderung ergeben haben. Zur Erklärung wird dies an einem Beispiel demonstriert. Untersucht man die Wechselwirkungen zwischen "StreikA", "StreikB", "Abstimmung-A-Vorschlag" und "Abstimmung-B-Vorschlag", so ist das sich einstellende Ergebnis die Summe aus dem Ergebnis \bar{x} und den erwarteten Abweichungen von diesem durch die einzelnen Ceteris Paribus Untersuchungen. Betrachtet man als Beispiel die Startsituation mit "StreikA" = 4, "StreikB" = 2, "Abstimmung-A-Vorschlag" = 0.65 und "Abstimmung-B-Vorschlag" = 0.68, so erhält man aus der Summe der gezeigten Ceteris Paribus Veränderungen $\bar{x}_a = 0.4117$, $\bar{x}_b = 0.4684$ (Werte aus (7.1) sowie aus Kapitel 7.1.4 und 7.1.9). Die Testsimulationen dieser veränderten Startsituation ergaben für $\bar{x}_a = 0.4172$ und $\bar{x}_b = 0.4718$.

Der Parameter "Take-it-or-Leave-it" ist nur im Zusammenhang mit einem positiven "Zeitdiskont" von Einfluss. Die diesbezüglichen Analysen zeigen, dass Gruppe A diese

Möglichkeit ab einer Diskontrate von 0.23% und Gruppe B ab einer Diskontrate von 0.18% nutzen. Gruppe B hat in der sequentiellen Simulation als Erste die Möglichkeit diese Option zu nutzen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Inanspruchnahme von "Take-it-or-Leave-it" den Nutzen beider Gruppen erhöht. Die ausführende Gruppe profitiert davon etwas weniger als die gegenüberstehende. Durch diese Option werden Dauer der Verhandlung und Anteil der Abbruchlösungen stark reduziert.

7.3 Nutzenfunktion

Die Untersuchungen in diesem Kapitel beschränken sich darauf, dass alle Agenten einer Gruppe dieselbe Nutzenfunktion haben. Die Implementierung erlaubt zwar unterschiedliche Nutzenfunktionen innerhalb einer Gruppe, um jedoch die Ergebnisse vergleichen und gerechtfertigte Schlüsse ziehen zu können ist es hilfreich, allen Agenten einer Gruppe dieselbe Nutzenfunktion zuzuweisen. Die Untersuchung "gemischter" Gruppen sowie die Untersuchung zusätzlicher Nutzenfunktionen wird weiteren Arbeiten überlassen. Aufgrund der Vielfalt der Untersuchungen bei mehreren Nutzenfunktionen beschränkt sich diese Arbeit auf nur eine weitere Nutzenfunktion pro Gruppe zusätzlich zur linearen. Wegen der Anforderungen, die im Rahmen dieser Arbeit an Nutzenfunktionen gestellt werden, weisen alle weiteren Nutzenfunktionen den Agenten einen Nutzen zu, der größer oder gleich dem der linearen ist.

Sei $x \in [0, 1]$ das Angebot, so wird die lineare Nutzenfunktion der Gruppe A

$$f(x) : x \mapsto x \tag{7.2}$$

durch die Nutzenfunktion

$$f(x) : x \mapsto \frac{\ln(x+1)}{\ln(2)} \quad (7.3)$$

ersetzt. Die Analyse des Ersetzens der Nutzenfunktion bei Belassen der übrigen Basisstartsituation ergab, dass neben der naheliegenden Erhöhung des Nutzens keine weiteren Auswirkungen auf das Ergebnis festgestellt werden konnten.

Wird die lineare Nutzenfunktion der Gruppe B

$$f(x) : x \mapsto 1 - x \quad (7.4)$$

durch

$$f(x) : x \mapsto \frac{1 - e^{x-1}}{1 - e^{-1}} \quad (7.5)$$

ersetzt, ergibt sich ebenfalls keine signifikante Änderung der Ergebnisse (Ausnahme: wie bei Gruppe A eine Erhöhung des Nutzens).

Da die Nutzenfunktionen nicht direkt in den Prozess einfließen (Anm.: die Einbindung in den Prozess bietet sich als Erweiterung und Fortsetzung der Arbeit an), ist dies keine überraschende Erkenntnis.

8 Fortsetzungs- und Erweiterungsmöglichkeiten

Das entwickelte Simulationsmodell bietet zahlreiche Möglichkeiten für weitere Untersuchungen. Durch weitere Simulationsläufe könnten zusätzliche Erkenntnisse über Wechselwirkungen der Startparameter und über den Einfluss der Nutzenfunktionen gewonnen werden.

Der Einfluss der Nutzenfunktionen wurde in dieser Arbeit nicht erschöpfend untersucht, auch gehen diese nicht in die Vorschlagsfindung ein. Dies bietet Raum für weiterführende Erweiterungen und Analysen. Die Verwendungen zusätzlicher Nutzenfunktionen, die den Anforderungen (4.3), (5.1) und (5.2) entsprechen, erlaubt weitere Erkenntnisse über die Bedeutung der Nutzenfunktionen und ihrer Wechselwirkungen mit der Startsituation einer Verhandlung zu gewinnen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage inwieweit eine Gruppe durch ihre Nutzenfunktion Nachteile des Prozesses und der Startsituation wettmachen kann.

Das Simulationsmodell bietet die Möglichkeit, Parameter in denen mehrere Faktoren zusammengefasst sind, aufzuspalten und folglich die einzelnen Faktoren zu analysieren. Zusätzlich können weitere Parameter in die Startsituation eingebaut und ihr Einfluss untersucht werden.

Eine andere Erweiterungsmöglichkeit besteht darin, den Gruppennutzen nicht als reinen Nutzen des repräsentativen Agenten anzunehmen, sondern mit gemischten Werten aller Agenten der Gruppe zu arbeiten. In diesem Zusammenhang besteht auch die Möglichkeit, unterschiedliche Wahlsysteme einzubauen und ihren Einfluss zu analysieren. Als Beispiele seien hier Wahlsysteme wie "Borda Count", "Coombs' method", "Kemeny-Young method" oder "Schulze method" genannt.

Auch kann der in dieser Arbeit verwendete Prozess verfeinert und erweitert werden. Dazu sind die Gleichungen (5.3), (5.4), (5.5), (5.6) entsprechend zu modifizieren. Die daraus erhaltenen Ergebnisse können mit den in dieser Arbeit gewonnenen verglichen werden woraus sich weitere Erkenntnisse ergeben.

Der verwendete Prozess ist symmetrisch (beide Agentengruppen werden gleich behandelt). Eine Aufgabe dieser Einschränkung bietet ebenfalls Möglichkeiten für weiterführende Untersuchungen. Asymmetrien im Prozess widerspiegeln jedoch nicht mehr eine Verhandlung unter Gleichen.

Die Änderung des sequentiellen Verlaufs in einen simultanen eröffnet weitere Analysemöglichkeiten. Damit würde das verwendete Prozedere von Angebot - Annehmen oder Verwerfen - Gegenangebot in einen Prozess des zeitgleichen Angebotlegens der beiden Gruppen abgeändert werden.

Abschließend sei erwähnt, dass die Verteilung der Agenten auf dem Spielfeld in den Prozess eingebaut und somit genutzt werden kann. Der Abstand der Agenten einer Gruppe zu jenen der gegenüberstehenden Gruppe bzw. das Verhältnis zwischen der Anzahl der Gruppenmitglieder in der Umgebung eines Agenten sowie Bewegungen der Agenten auf dem Spielfeld könnten in den Prozess einfließen.

9 Zusammenfassung

Gegenstand vieler Verhandlungen ist die Aufteilung vorhandener Mittel auf konkurrierende Bewerber. So geht es bei die Organisationsstruktur betreffenden Verhandlungen um Einigung über Gliederung und Kompetenzverteilung. Budgetverhandlungen haben die Aufteilung geplanter Mittel auf einzelne Bereiche und Projekte zum Ziel.

In der vorliegenden Arbeit wurde im Gegensatz zu anderen veröffentlichten Werken ein Verhandlungsprozess dargestellt, implementiert und anschließend wurden die erhaltenen Simulationsergebnisse analysiert. Diese Analyse zeigt, wie sich Veränderungen in der Startsituation auf das Ergebnis auswirken. Daraus gewonnenen Erkenntnisse können in realen Verhandlungen genutzt werden, um die Auswirkungen der Ausgangssituation einzuschätzen. Eine der wichtigsten Erkenntnisse mit dem in dieser Arbeit verwendeten Prozess ist, dass in sequentiellen Verhandlungen bei Gleichbehandlung der Agentengruppen ein Vorteil für die als Zweite spielende existiert. Es wurde gezeigt durch welche Maßnahmen dieser Vorteil ausgeglichen werden kann. Es wäre ratsam in sequentiellen Verhandlungen unter Gleichen nicht als Erster ein Angebot abzugeben. Zwei weitere Empfehlungen für Verhandlungen aus den Ergebnissen dieser Arbeit sind:

- die Abstimmungsregeln innerhalb einer Gruppe sind von entscheidender Bedeutung

- kann die Startsituation beeinflusst werden, soll das Hauptaugenmerk auf jene Parameter gelegt werden, die bei der Vorschlagsfindung der Verhandler berücksichtigt werden. Schon marginale Veränderungen können zu einem systematischen Vorteil führen.

Es wurde gezeigt, dass durch die Modellierung eines Verhandlungsprozesses und Implementierung mittels einer Simulationssprache die Auswirkungen von Veränderungen in der Startsituation auf das Ergebnis von Verhandlungen simuliert werden können. Für die Modellierung mussten einschränkende Annahmen getroffen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass weitere Arbeiten in Hinblick auf die in Kapitel 8 angeführten Erweiterungen sinnvoll wären.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Gegenläufige Nutzenfunktionen	11
4.1	Exponentialverteilung	17
5.1	Verwendete Nutzenfunktionen	24
7.1	Screenshot Basisstartsituation	53
7.2	Screenshot höhere Abbruchwahrscheinlichkeit	56
7.3	Screenshot mit anderer Mehrheitsregel	58
7.4	Screenshot mit Zeitdiskont	60

Literaturverzeichnis

- [1] Neumann, John von und Morgenstern, Oskar, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, 1944.
- [2] Nash, John F., *The Bargaining Problem*, *Econometrica* 18, 155-162, 1950.
- [3] Nash, John F., *Equilibrium Points in N -Person Games*, *Proceedings of the National Academy of Sciences (U. S. A.)* 36, 48-49, 1950.
- [4] Nash, John F., *Two-Person Cooperative Games*, *Econometrica* 21,128-140, 1953.
- [5] Osborne, Martin J. und Rubinstein, Ariel, *Bargaining and Markets*, <http://ww2.economics.utoronto.ca/osborne/bm/>.
- [6] Osborne, Martin J., Rubinstein, Ariel und Binmore, Ken, *Noncooperative Models of Bargaining*, 179-221 in Aumann R. J. und Hart J. (ed.), *Handbook of Game Theory Vol.1*, Elsevier Science Publishers B.V.,1992.
- [7] Rubinstein, Ariel, *A Sequential Strategic Theory of Bargaining*, 197–224 in Bewley T. F. (ed.), *Advances in Economic Theory*, Cambridge University Press, 1987.
- [8] Carraro, Carlo, Marchiori, Carmen und Sgobbi, Alessandra, *Applications of Negotiation Theory to Water Issues*, <http://www.feem.it/NR/rdonlyres/2C7ADB45-DD1E-4DD3-87D9-906DCD49012E/1582/6507.pdf>.

- [9] Berninghaus, Siegfried, Güth, Werner und Keser, Claudia, Decentralized or Collective Bargaining in a Strategy Experiment, <https://depot.erudit.org/retrieve/335/99s-31.pdf>.
- [10] Gächter, Simon und Riedl, Arno, Dividing justly in bargaining problems with claims: Normative judgments and actual negotiations, <http://ideas.repec.org/p/iza/izadps/dp1375.html>.
- [11] Clausewitz, Carl von, Vom Kriege, Ullstein, 2003.
- [12] Wilensky, U. 1999. NetLogo.<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modelling, Northwestern University. Evanston, IL.
- [13] Felsenstein, Klaus, Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik, Institut für Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie, Technische Universität Wien, 2004.