

**Eberhard Wolff**

# Genetische Programmiermodelle für automatische Verhandlungen

**Diplomarbeit**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2000 Diplomica Verlag GmbH  
ISBN: 9783832425227

**Eberhard Wolff**

# **Genetische Programmiermodelle für automatische Verhandlungen**

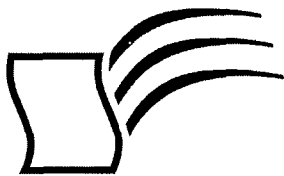


---

Eberhard Wolff

# **Genetische Programmiermodelle für automatische Verhandlungen**

**Diplomarbeit  
an der Universität Hamburg  
Fachbereich Informatik  
Prüfer Prof. Dr. Winfried Lamersdorf  
Februar 2000 Abgabe**



***Diplomarbeiten Agentur***  
**Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey**  
**Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke**  
**und Guido Meyer GbR**

**Hermannstal 119 k**  
**22119 Hamburg**

**agentur@diplom.de**  
**www.diplom.de**

ID 2522

Wolff, Eberhard: Genetische Programmiermodelle für automatische Verhandlungen /

Eberhard Wolff - Hamburg: Diplomarbeiten Agentur, 2000

Zugl.: Hamburg, Universität, Diplom, 2000

---

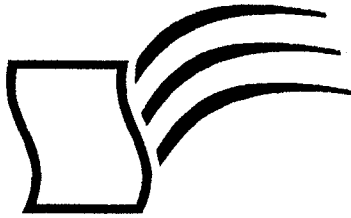
Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey, Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke & Guido Meyer GbR  
Diplomarbeiten Agentur, <http://www.diplom.de>, Hamburg 2000

Printed in Germany



**Diplomarbeiten Agentur**

## **Wissensquellen gewinnbringend nutzen**

**Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität** zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Magisterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

**Wettbewerbsvorteile verschaffen** – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

**<http://www.diplom.de>** bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

**Individueller Service** – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit

### **Ihr Team der *Diplomarbeiten Agentur***

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey –  
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke —  
und Guido Meyer GbR —————

Hermannstal 119 k —————  
22119 Hamburg —————

Fon: 040 / 655 99 20 —————  
Fax: 040 / 655 99 222 —————

[agentur@diplom.de](mailto:agentur@diplom.de) —————  
[www.diplom.de](http://www.diplom.de) —————

# **Genetische Programmiermodelle für automatische Verhandlungen**

Eberhard Wolff

**Diplomarbeit**

vorgelegt am 15. Februar 2000 bei

Prof. Dr. Winfried Lamersdorf  
AB Verteilte Systeme  
und  
Dr. Daniel Moldt  
AB Theoretische Grundlagen der Informatik

am Fachbereich Informatik der  
UNIVERSITÄT HAMBURG



**Erklärung:**

Ich versichere hiermit, diese Arbeit selbständig und unter ausschließlicher  
Zuhilfenahme der in der Arbeit aufgeführten Hilfsmittel und Quellen erstellt  
zu haben.

Hamburg, den 11.2.2000

Eberhard Wolf  
Hagenbeckstr. 60  
22527 Hamburg

### **Zusammenfassung**

Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden genetische Algorithmen zur Optimierung von Strategien für automatische Verhandlungen verwendet. Dabei kommen im Gegensatz zu anderen Arbeiten endliche Automaten als Datenstruktur zum Einsatz. Diese werden für bilaterale Verhandlungen und Auktionen verwendet; die Ergebnisse werden mit anderen Ansätzen verglichen. Die Arbeit gibt außerdem eine Einführung in die Gebiete der automatischen Verhandlungen und genetische Algorithmen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>4</b>
1.1	ECommerce . . . . .	4
1.2	Automatische Verhandlungen . . . . .	6
1.3	Genetische Algorithmen . . . . .	7
1.4	Genetische Programmierung . . . . .	8
1.5	Optimierung von Verhandlungsstrategien mit Genetischen Algorithmen . . . . .	8
1.6	Überblick über das Dokument . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Automatische Verhandlungen</b>	<b>10</b>
2.1	Motivation . . . . .	10
2.2	Vorangegangene Arbeiten . . . . .	12
2.3	Klassifikation von Verhandlungen . . . . .	13
2.4	Verhandlungsprotokolle . . . . .	16
2.5	Verhandlungsstrategien . . . . .	20
2.6	Modellierung von Verhandlungsstrategien als endliche Automaten	23
<b>3</b>	<b>Genetische Algorithmen</b>	<b>26</b>
3.1	Einführung . . . . .	26
3.2	Prinzipien genetischer Algorithmen . . . . .	28
3.2.1	Das Schematheorem . . . . .	29
3.3	Genetische Programmierung . . . . .	33
3.4	Anwendung für Verhandlungsstrategien . . . . .	35
3.5	Vorangegangene Arbeiten . . . . .	38
3.5.1	Das Iterated Prisoners Dilemma . . . . .	38
3.5.2	Anwendung von genetischen Algorithmen auf Verhandlungsszenarien . . . . .	40
3.6	Endliche Automaten als Datenstruktur . . . . .	45

<b>4 Implementierung</b>	<b>52</b>
4.1 Anforderungen an die Implementierung . . . . .	52
4.2 Verwendete Technologien und Vorgehensweisen . . . . .	54
4.3 Generisches Framework für genetische Algorithmen . . . . .	56
4.4 Anwendung auf numerische Probleme . . . . .	62
4.5 Implementierung der endlichen Automaten . . . . .	70
4.6 Anwendung auf Verhandlungsszenarien . . . . .	75
<b>5 Anwendung auf bilaterale Verhandlungsszenarien</b>	<b>77</b>
5.1 Beschreibung der Szenarien . . . . .	77
5.2 Implementierung . . . . .	80
5.3 Ergebnisse . . . . .	85
5.4 Analyse und Bewertung der Ergebnisse . . . . .	98
<b>6 Anwendung auf Auktionsszenarien</b>	<b>104</b>
6.1 Beschreibung der Szenarien . . . . .	104
6.2 Implementierung . . . . .	108
6.3 Ergebnisse . . . . .	113
6.4 Analyse und Bewertung der Ergebnisse . . . . .	126
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>135</b>
7.1 Bewertung . . . . .	135
7.2 Andere Anwendungsgebiete für genetische Algorithmen . . . . .	138
7.3 Mögliche Erweiterungen bei automatischen Verhandlungen . . . . .	139

# Kapitel 1

## Einführung

### 1.1 ECommerce

Allgemein kann ECommerce definiert werden als ein Oberbegriff für all jene Handelstransaktionen, die auf elektronischem Wege stattfinden und meist auch zumindest teilweise automatisiert sind. Dabei sind viele sehr unterschiedliche Szenarien heute schon im Einsatz. So gibt es mittlerweile eine Vielzahl von Einzel- und Großhändlern, die ihr Angebot über das weltumspannende World Wide Web (WWW) ihren Kunden anbieten. Neben diesen *Business-to-Consumer* Märkten gibt es auch zahlreiche *Business-to-Business* Anwendungen, die meist auch schon länger im Einsatz sind. Wesentliche Technologien sind dabei z.B. EDI (Electronic Data Interchange), das einen Standard für die elektronische Übertragung von Handelstransaktionen darstellt. Desweiteren gibt es verschiedene Verfahren für Online-Zahlungen, also elektronisches Geld. Es hat sich jedoch gezeigt, daß meistens bereits die verschlüsselte Übertragung von Kreditkartennummern ausreicht, um entsprechende Zahlungsvorgänge auszulösen, so daß diese Technik inzwischen den größten Teil der ECommerce Umsätze ermöglicht. Wichtiger werden hingegen die *Portal-Sites*, die meistens früher Suchmaschinen für das Durchsuchen des Internets waren. Diese haben sich inzwischen zu Katalogdiensten entwickelt, die Verweise auf unterschiedliche Online-Angebote haben. Solche Katalogdienste sind auch in der Forschung immer wieder implementiert worden, so zum Beispiel in [Wol99].

Der wesentliche Faktor für den Erfolg von ECommerce ist dabei, daß durch die großen Automatisierungspotentiale meist geringere Transaktionskosten realisierbar sind, als dies bei herkömmlicher Bearbeitung der Transaktionen der Fall wäre. Darüber hinaus erlaubt der direkte Zugriff auf die Informationssysteme des Geschäftspartners oft auch einen besseren Kundenservice. Mit Hilfe dieser Systeme ist es zum Beispiel möglich, stets aktuelle und umfassende Produktinformationen anzubieten oder ein System zu realisieren, das 24 Stunden am Tag an 7 Tagen in der Woche Bestellungen annehmen kann.

Durch das Internet in Verbindung mit ECommerce wird auch ein *offener Dienstemarkt* [Mer99] geschaffen, in dem es für jeden möglich ist, mit äußerst niedrigem Aufwand seine jeweiligen Dienstleistungen oder Waren anzubieten.

Plötzlich werden somit die Vorteile egalisiert, die zum Beispiel Banken lange Zeit durch ihr gut ausgebautes Filialnetz hatten, da Online-Banken genauso an jedem Punkt der Welt präsent sein können. Im Gegenteil: Die Banken mit guten Filialnetzen haben einen nicht zu vernachlässigenden Kostennachteil, da sie auch weiterhin das Filialnetz finanzieren müssen und somit den Kostenvorteil von ECommerce nicht vollständig nutzen können. Dieser Aspekt hat auch Auswirkungen auf andere Wirtschaftsbereiche: Es entsteht ein völlig neuer Marktplatz, der prinzipiell jedem Anbieter zu äußerst geringen Kosten offen steht und damit können Vorteile anderer Anbieter auf „traditionellen“ Märkten aufgewogen werden.

In Zukunft wird ECommerce noch weitergehende Auswirkungen haben: Nachdem es mittlerweile zahlreiche Online-Shops gibt, zeichnen sich jetzt als nächste Welle die Online-Auktionshäuser ab. Neben dem, was traditionelle Auktionshäuser anbieten, nämlich gebrauchte und meist auch relativ seltene Waren, gehen Online-Auktionshäuser auch dazu über, neuwertige Waren zu versteigern. Damit besteht die Möglichkeit, daß in Zukunft Waren immer weniger zu festen Preisen verkauft werden, sondern vielmehr die Preise durch Verhandlungen festgelegt werden. Wieder zeichnet sich ab, daß hier ein neuer Marktplatz mit eigenen Gesetzen entsteht. Auch hier gilt es, neben dem Business-to-Consumer Bereich auch den Business-to-Business Bereich zu betrachten: In Zukunft könnte der Einkauf bei Unternehmen auch durch Online-Auktionen oder ähnliche Verfahren organisiert werden. Feste Preise sind in diesem Bereich oft schon nicht mehr vorhanden. Es gilt also nur noch, hier ECommerce Verfahren zur Kostensenkung einzuführen.

Wesentlicher Vorreiter ist hier zur Zeit eBay [eBa]. Auf dieser Website können Kunden einzelne Waren oder auch Dienstleistungen zur Versteigerung anbieten. Dabei ergibt sich für Anbieter der Vorteil, daß sie wegen der Popularität der Website auf viele potentielle Käufer treffen können. Dieses ist gerade bei Auktionen besonders wichtig, da dann viele Käufer zueinander in Konkurrenz stehen, so daß der Verkäufer damit rechnen kann, einen guten Preis zu erzielen. Für den Käufer wiederum gibt es eine große Menge von Angeboten, was gerade bei der Vielfalt gebrauchter Gegenstände ein wichtiger Aspekt ist. Außerdem können sie im Gegensatz zu traditionellen Auktionen festlegen, wie hoch ihr höchstes Gebot sein wird. Das Auktionssystem bietet dann mit jeweils kleinen Gebotserhöhungen, bis dieses höchste Angebot erreicht wird. Somit kann das Auktionssystem auch darauf reagieren, wenn später ein anderer Bieter das bisherige Höchstgebot überbietet. Auch wird es so möglich, Auktionen über einen längeren Zeitraum zu führen, da die Bieter nicht für die gesamte Dauer der Auktion anwesend sein müssen. Für eBay als Auktionator ist der wesentliche Vorteil, daß sie relativ einfach Profit machen können: Sie nehmen für sich einen bestimmten Teil des erzielten Preises in Anspruch. Da die Kosten für die Unterhaltung des Auktionssystems im Vergleich zu dem Umsatz der Auktionen gering sind, kann eBay unmittelbar Profit machen, während andere ECommerce-Anbieter erst später bei einer weiteren Verbreitung damit rechnen können, wirkliche Gewinne zu machen. Das wiederum beeinflußt potentielle Kapitalgeber positiv, so daß weitere Auktionshäuser entstehen.

## 1.2 Automatische Verhandlungen

Neben den erwähnten Auktionen, die als eine Art Verhandlung aufgefaßt werden können, gibt es zahlreiche weitere Szenarien, in denen Verhandlungen eine Rolle spielen. Viele der Transaktionen, die im Bereich Business-to-Business stattfinden, sind Ergebnisse umfangreicher Verhandlungen zwischen Vertretern der jeweiligen Geschäftspartner.

Eine grundlegende Eigenschaft von Verhandlungen ist, daß alle Verhandlungspartner für sich jedem Angebot einen gewissen Wert mit Hilfe ihrer *Nutzenfunktion* zuordnen können. So kann für einen Verhandlungspartner zum Beispiel eine Lieferung am nächsten Tag sehr wichtig sein, also einen hohen Nutzen haben. Jedoch kennt jeder nur seine eigene Nutzenfunktion, die er auch den anderen Verhandlungspartnern nicht mitteilt, da dann diese Verhandlungspartner einen Vorteil haben könnten. So könnte im erwähnten Beispiel der Verhandlungspartner eine Lieferung am nächsten Tag zu einem außergewöhnlich hohen Preis anbieten, wenn er weiß, daß dies für die Gegenseite von so außerordentlicher Wichtigkeit ist. Also versuchen — abstrakt betrachtet — die Verhandlungspartner das Verhandlungsergebnis bei ihrer Verhandlung zu erzielen, das für alle beteiligten Parteien den optimalen Kompromiß darstellt.

Es gibt für solche Verhandlungen Untersuchungen, die zeigen, daß menschliche Verhandlungspartner meist nicht dazu in der Lage sind, diesen optimalen Kompromiß zu erzielen [RS96]. Meist ist es sogar so, daß ein Verhandlungsergebnis hätte erzielt werden können, daß für alle beteiligten Parteien besser gewesen wäre. Durch diese schlechten Verhandlungsergebnisse werden also nicht unbedingt nur ein Verhandlungspartner benachteiligt, sondern es kann sogar sein, daß beide Partner geschädigt werden.

Diese Problematik legt es nahe, nach Verfahren zu suchen, die diesen Verhandlungsprozeß automatisieren. Damit könnten möglicherweise bessere Ergebnisse erzielt werden, als dies bei menschlichen Verhandlungspartnern der Fall wäre. Außerdem würden so die Kosten, die eine Verhandlung verursacht, niedriger werden und man könnte Verhandlungen in Bereichen nutzen, bei denen bisher die Kosten zu hoch wären. Dieses würde wiederum den bereits beschriebenen Prozeß verstärken, daß zunehmend Preise zu einem Verhandlungsgegenstand werden, da die Kosten für Verhandlungen weiter sinken.

In diesem Bereich gibt es bereits erste Arbeiten, so zum Beispiel die Arbeit von Oliver [Oli96].

Eine Grundlage der vorliegenden Arbeit ist die Modellierung von Verhandlungsstrategien als endliche Automaten. Diese eignen sich gut, da sie dem typischen Vorgehen bei einer Verhandlung entsprechen: Man bekommt bestimmte Verhandlungsangebote als Eingabe, und abhängig von den vorherigen Angeboten befindet man sich in einem bestimmten Zustand. Da auch das Abgeben eigener Angebote erforderlich ist, müssen die endlichen Automaten entsprechend Automaten mit einer Ausgabe sein (Mealy oder Moore Automaten, siehe [HU79]). Die Ausgaben hängen dann also von dem Zustand (also den vorher eingegangenen Angeboten) und dem aktuellen Angebot ab. Wesentlicher Vorteil gegenüber anderen Modellierungen ist dabei, daß endliche Automaten auf der einen Seite ein sehr einfaches Modell sind, auf der anderen Seite aber auch dazu in der

Lage sind, z.B. Entscheidungen auszudrücken und Zustände, in denen sich ein Verhandlungspartner befinden kann. Sie bieten sich daher als „natürliche“ Modellierung von Verhandlungsstrategien an.

### 1.3 Genetische Algorithmen

„Genetische Algorithmen“ ist ein Oberbegriff für Systeme, die sich an der Evolution in der Natur orientieren [Jac97]. Durch die drei wesentlichen Methoden Vererbung, Mutation und Crossover werden Objekte erzeugt, die hinsichtlich einer bestimmten Funktion optimiert sind. Dabei wird immer eine Menge von Objekten betrachtet (*Population*) und zwar zu bestimmten, diskreten Zeitpunkten (die *Generationen*). Jedes Mitglied der Population hat eine gewisse Wahrscheinlichkeit, in die nächste Generation aufgenommen zu werden. Diese hängt davon ab, wie gut es in Bezug auf die zu optimierende Funktion ist (die *Fitness*). Außerdem hat es eine gewisse Wahrscheinlichkeit, durch zufällige Mutation oder durch ein Crossover mit anderen Individuen verändert zu werden. Bei Mutationen wird dabei ein Teil des Objektes zufällig modifiziert, und bei Crossover findet ein Austausch von Teilen des Objektes gegen Teile eines anderen Objektes statt.

Dieses entspricht weitestgehend dem, was man in der Natur beobachten kann. Innerhalb einer Population von Individuen gibt es immer zufällige Mutationen, die auf Fehler bei dem Kopieren des Erbguts zurückzuführen sind. Daneben kommt es bei höheren Lebewesen im Rahmen sexueller Fortpflanzung zu Crossover innerhalb ihres jeweiligen Erbguts. Die Fitness zeigt sich dabei bei natürlichen Lebewesen in der Fähigkeit, sich in der Natur fortzupflanzen.

Der Vorteil der genetischen Algorithmen liegt dabei im wesentlichen darin, daß die genetischen Operatoren auf den Datenstrukturen (also zum Beispiel Zahlen oder Tupel) definiert werden müssen. Die Fitness ergibt sich meist unmittelbar aus der zu optimierenden Funktion. Es kann also mit Hilfe genetischer Algorithmen ein Verfahren gewählt werden, das unabhängig von dem konkreten Problem arbeitet. Insbesondere ist kein zusätzliches Wissen über die Funktion notwendig, d.h. sie muß nicht differenzierbar sein oder Ähnliches. Darüber hinaus haben genetische Algorithmen im Bereich numerischer Probleme auch den Vorteil, daß sie sich durch die Mutationen im Gegensatz zu beispielsweise Hill-Climbing-Algorithmen häufig nicht in einem lokalen Optimum fangen, sondern das globale finden.

Im Bereich der numerischen Optimierungsprobleme stellen genetische Algorithmen also einen interessanten Lösungsansatz dar. Wesentlicher Vorteil ist dabei, daß einige wenige einfache Prinzipien für die Implementierung genetischer Algorithmen ausreichen, die zudem auch noch allgemein für viele Probleme verwendet werden können. Ein Vergleich mit der Natur legt nahe, genetische Algorithmen vor allem dort einzusetzen, wo komplexe Probleme zu bearbeiten sind, da genetische Algorithmen nur wenig Wissen über das Problem verlangen. Außerdem wird mit hoher Wahrscheinlichkeit sogar das globale Optimum gefunden. Diese Bewältigung komplexer Probleme ist auch im Hinblick darauf verständlich, das genetische Algorithmen durch die natürliche Evolution motiviert sind, die eine außergewöhnlich komplexe Umgebung geliefert hat.