

*Integrationsaspekte der Simulation:
Technik, Organisation und Personal*
Gert Zülch & Patricia Stock (Hrsg.)
Karlsruhe, KIT Scientific Publishing 2010

Modellierung und Simulation von Wertschöpfungsnetzwerken unter Berücksichtigung realer Entscheidungsstrukturen durch die Verwendung von Software-Agenten

***Modelling and Simulation of Value-Added-Networks
under Consideration of Real Decision Making Structures
using Software Agents***

Gisela Lanza, Johannes Book
wbk Institut für Produktionstechnik,
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe (Germany)
lanza@wbk.uka.de, book@wbk.uka.de

Abstract: Production in international value-added networks is becoming increasingly important. Companies have to handle and control numerous production sites and suppliers of different regional and cultural background to maintain key success factors as for instance cost and quality. To support companies in planning and controlling their value-added networks an approach for the simulation of production networks under consideration of different target systems for each unit in the network, like production plants, suppliers and also relevant decision makers, was developed at the wbk Institute for Production Science. The unconsidered influences during the implementation phase of network configurations developed with existing simulation and optimization tools are in focus of the approach. Therefore, the simulation model integrates realistic hierarchies, organizational borders and individual target systems.

1 Einleitung

Unternehmen erzielen ihre Wertschöpfung zunehmend in international verteilten und unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken (MILBERG 2002, S. 3). Die kontinuierlich sinkende Wertschöpfungstiefe hat eine stärkere Vernetzung verschiedener Unternehmen zur Schließung der gesamten Wertschöpfungstiefe eines Produktes zur Folge (KOCH 2006, S. 91). In den letzten Jahren haben viele Unternehmen den Schritt zur Gründung von Standorten in Niedriglohnländern und zur Integration von lokalen Lieferanten gemacht. Diese Entwicklungen haben zur Folge, dass strategische Entscheidungen über die Planung und Steuerung des Unterneh-

mensnetzwerks auf Grund der Zunahme an Möglichkeiten und Einflussgrößen immer komplexer werden. Außerdem wird der Betrieb des Produktionsnetzwerks durch die Zunahme an beteiligten Unternehmen mit unterschiedlichen Reifegraden und kulturellen Hintergründen schwieriger. Auf Grund dieser Herausforderungen werden immer öfter Simulations- und Optimierungsmodelle als Entscheidungs- und Planungsunterstützungssysteme zur strategischen Netzwerkgestaltung eingesetzt.

Nach der Beschreibung der Defizite und Herausforderungen von Entscheidungsunterstützungssystemen für die Planung und Steuerung von Wertschöpfungsnetzwerken wird der entwickelte Simulationsansatz unter Verwendung von Software-Agenten vorgestellt. Daran anschließend wird der mögliche Anwendungs- und Nutzungsrahmen des Simulationswerkzeuges dargestellt und das Lösungskonzept präsentiert.

2 Herausforderung der Simulation von Produktionsnetzwerken

Bisherige Zielstellungen bei der Simulation und Optimierung von Produktionsnetzwerken sind auf die bestmögliche Erreichung von Zielkriterien für das Gesamtnetzwerk durch die Variation von Parametern im Netzwerk, wie beispielsweise Bauteilspektren, Produktionsmengen usw. ausgerichtet. Diese Ansätze gehen in der Regel davon aus, dass die Netzwerkstruktur und die Tätigkeiten in den einzelnen Einheiten zentral gesteuert werden können (KÖHLER 2008, S. 9; JACOB 2006, S. 13). Reale Produktionsnetzwerke sind jedoch nicht zentral gesteuert und basieren auf verschiedenen Hierarchieebenen. Obwohl die Kommunikation zwischen den Ebenen die Weisungsmöglichkeit von der höheren zur niederen Hierarchieebene beinhaltet, ist der Weisungsraum dennoch begrenzt. Zusätzlich zu dieser Eigenschaft sind reale Produktionsnetzwerke aus einer Vielzahl an Untereinheiten aufgebaut, von denen jede ein unternehmerisches Ziel (siehe Abb. 1), wie z.B. die Umsatz- oder Gewinnsteigerung, verfolgt. Die Führung dieser Einheiten liegt im Aufgabebereich von Menschen in Entscheidungspositionen. Jeder dieser Akteure verfolgt wiederum ein eigenes Zielsystem aus Zielgrößen, wie z.B. die Einkommens- oder Ansehenssteigerung, persönliche Bestätigung, Verfolgung ideeller Ziele usw., die kulturell und individuell unterschiedlich sein können.

Viele existierende Ansätze zur Planung und Gestaltung von Produktionsnetzwerken zielen darauf ab unter den gegebenen Voraussetzungen und getroffenen Annahmen annähernd optimale Netzwerkkonfigurationen aufzuzeigen (LANZA 2009, S. 561). Die Umsetzung dieser Konfigurationen gestaltet sich in der Praxis jedoch auf Grund der dargestellten Unterschiede zur Realität häufig problematisch. Geplante Veränderungen lassen sich vielfach nicht durchsetzen, da sie nicht konform mit den Zielen von Untereinheiten und deren Akteuren sind. Unterstützungsaufwände zur Verbesserung von Lieferantenprozessen werden oft nicht angenommen, da dies nicht konform mit den Zielen der Untereinheiten ist und nicht die richtigen Anreize geboten werden.

Erste Ansätze der Netzwerkmodellierung begannen mit der Abbildung verschiedener Netzwerkvarianten und den daraus resultierenden Gesamtkosten (HAUG 1985, S. 83). In weiteren Arbeiten wurden die Optimierungsmodelle um zusätzliche Ein-

gangparameter und auch Zielgrößen erweitert (KÖHLER 2008, S. 78). Systeme mit mehreren Zielgrößen, in der Regel jedoch nur wenigen, werden als multikriterielle Optimierungsmodelle bezeichnet (SUHL 2006, S. 18). Eine Auswahl der jeweils optimalen Lösung basiert auf der Gewichtung der einzelnen Zielkriterien. Für die Darstellung eines Netzwerkmodells mit einer Vielzahl an Zielsystemen erscheinen die hier gewählten konventionellen Modellierungs- und Optimierungslösungen jedoch auf Grund der Schwierigkeit, komplexe Zusammenhänge adäquat darzustellen, und des erforderlichen hohen Rechenaufwandes ungeeignet, und es müssen andere geeignete Umsetzungsmöglichkeiten identifiziert werden.

Eine Möglichkeit stellt die Modellierung und Simulation mittels Software-Agenten dar (MACAL, NORTH 2006, S. 81). Ein Software-Agent ist im Allgemeinen ein abgeschlossenes autonomes System, das mit seiner Umgebung in Kontakt steht und ein eigenes Zielsystem verfolgt. Auf der Basis der Eingangsgrößen aus der Umgebung und der individuellen Zielstellungen werden Ausgangsgrößen erzeugt, die einen begrenzten inhaltlichen Umfang haben. Die Inhalte werden von dem Agenten so aus dem Spektrum an Möglichkeiten ausgewählt, dass für den aktuellen Zustand eine bestmögliche Erfüllung seines Zielsystems erreicht wird (WOOLRIDGE 2002, S. 3). Diese Eigenschaften von Software-Agenten wurden bereits in verschiedenen Formen zur Unterstützung der Planung und des operativen Betriebs von Wertschöpfungsnetzwerken genutzt. Analog zur dezentralen Steuerung von standort-internen Produktionssystemen durch Agenten (LEITAO 2008, S. 982) wurden agentenbasierte Systeme zur standortübergreifenden operativen Steuerung entwickelt (STIEFBOLD 1998, S. 61; JIAO 2004, S. 245). Andere Ansätze nutzen Software-Agenten für die strategische Planung von Wertschöpfungsnetzwerk-konfigurationen (AKANLE 2008, S. 447). Unter dem Oberbegriff Unternehmensintegration werden von SHEN u.a. (2006) Ansätze zusammengefasst, die Software-Agenten verwenden, um einzelnen Einheiten im Wertschöpfungsnetzwerk durch Simulation die Auswirkungen ihres Handelns auf die gesamte Supply-Chain zu verdeutlichen. Ansätze zur Abbildung des Netzwerks unter Berücksichtigung der organisatorischen und individuellen Ziele zur Unterstützung der strategischen Planung und Steuerung existieren bisher nicht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die mittels bisheriger Modellierungs- und Optimierungsansätze entwickelten Netzwerkkonfigurationen in der Praxis Probleme bei der Umsetzung bereiteten. Dies ist in erster Linie auf die mangelnde Berücksichtigung realer Entscheidungsstrukturen zurückzuführen. Die Voraussetzungen zur Berücksichtigung dieser Einflussfaktoren bietet die Modellierung unter Verwendung von Software-Agenten. Bisherige Ansätze agentenbasierter Simulation fokussieren jedoch bisher entweder auf operative Steuerungs- und Planungsvorgänge oder auf die strategische Konfiguration von Supply-Chains.

Es stellt sich daher die Herausforderung, die Nutzbarkeit der Planungsergebnisse aus existierenden Netzwerksimulations- und Optimierungsmodellen zu verbessern, indem reale Entscheidungsstrukturen sowie organisatorische und individuelle Zielsysteme berücksichtigt werden. Somit können die Erreichbarkeit strategischer Zielsetzungen sowie die Eignung von strategischen Maßnahmenpaketen und Unterstützungsmaßnahmen bewertet werden.

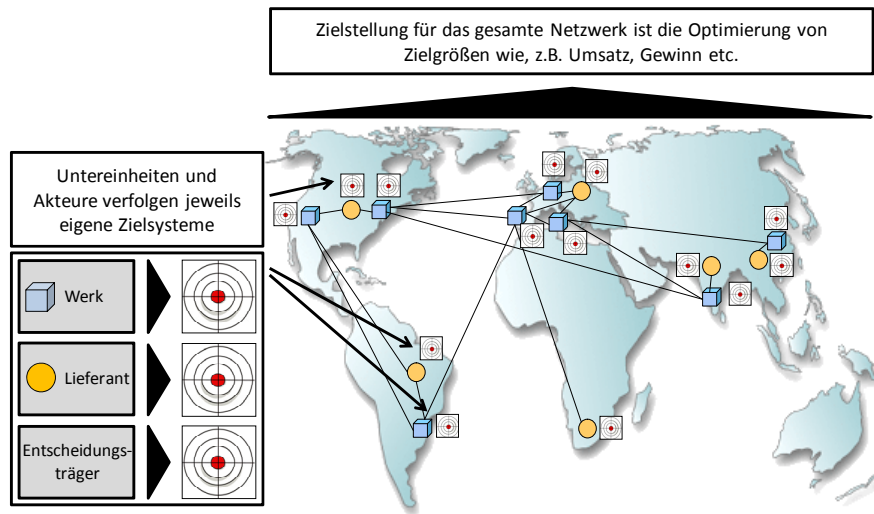


Abbildung 1: Zielsysteme in Wertschöpfungsnetzwerken

3 Entwicklung eines auf Software-Agenten basierenden Simulationsansatzes für Wertschöpfungsnetzwerke

Um den beschriebenen Herausforderungen zu begegnen, wurde am wbc ein Lösungsweg identifiziert, der die genannten Schwachpunkte bisheriger Entscheidungsunterstützungssysteme beheben soll und gleichzeitig eine geeignete softwaretechnische Umsetzung bei beherrschbarem Aufwand bietet. Das Lösungskonzept basiert auf dem Prinzip der agentenbasierten Simulation und Optimierung. Mit dem agentenbasierten Ansatz können die Zielsysteme einzelner Einheiten (Knoten) im Netzwerk abgebildet und das Transformationsverhalten dargestellt werden. Den Anwendungsrahmen des neuen Lösungskonzepts zeigt Abbildung 2. Der Nutzen wird sowohl in der Überprüfung der Auswirkungen von Missständen als auch in der Anpassung und Gestaltung von Maßnahmen zur Performancesteigerung eines Wertschöpfungsnetzwerks gesehen. Das Simulationswerkzeug kann somit eingesetzt werden, um zu untersuchen inwiefern die verschiedenen Unterziele der Organisationseinheiten und Entscheidungsträger die Erfüllung von Planungszielen für das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk behindern und wie die Zielstellungen gestaltet sein sollten. Eventuell bestehende Zielkonflikte und deren Auswirkungen können identifiziert und bewertet werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit Unterstützungs- und Entwicklungsmaßnahmen zu bewerten und für den jeweiligen Anwendungszweck zu adaptieren.

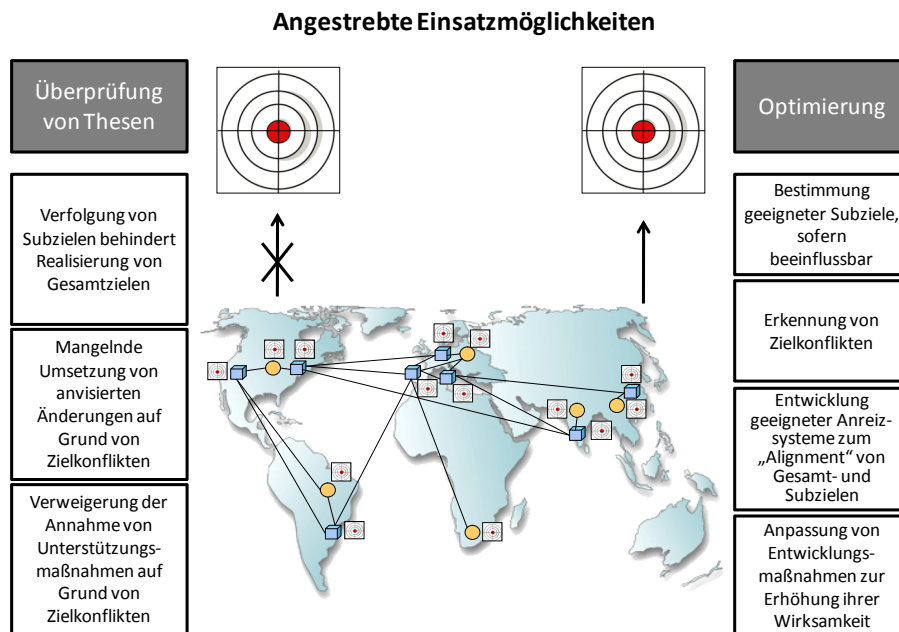


Abbildung 2: Anwendungsmöglichkeiten des Simulationswerkzeugs

Der Lösungsansatz gliedert sich in ein dreistufiges Verfahren. Inhalt von Stufe 1 ist die konzeptionelle Entwicklung und softwaretechnische Darstellung von Software-Agenten für die Darstellung der wichtigsten Einheiten und Akteure im Netzwerk, wie z.B. Produktionsstandorte, Lieferanten, Werksleiter usw. Abbildung 1 zeigt die in einer Kunden-Lieferanten-Beziehung beteiligten Rollen. Für diese werden realitätsnahe Zielsysteme identifiziert und dargestellt. Ein weiterer Schritt ist der Aufbau der Kommunikationsstruktur zwischen den Software-Agenten. Hierfür muss ein geeignetes Nachrichtenspektrum identifiziert und implementiert werden. Der Aufbau und die Implementierung der Software-Agenten erfolgt auf der Basis der JADE-Plattform (Java Agent Development Framework).

Das Wirkgefüge zwischen den im Netzwerk beteiligten Einheiten ist grundsätzlich durch eine Lieferanten-Abnehmer-Beziehung gekennzeichnet. Ziel der Stufe 1 ist es, ein Modell für die Akteure (Software-Agenten-Muster) und die Eigenschaften dieser Beziehung aufzubauen.

Nach der Konzeption und Implementierung der Software-Agenten-Muster wird in Stufe 2 zunächst auf der Ebene eines einzelnen Produktionsstandorts die Kopplung der Software-Agenten mit einem Modell der Wertschöpfungsprozesse innerhalb des Standorts entworfen und umgesetzt. Dies ermöglicht die Darstellung der Auswirkungen von Entscheidungen der Software-Agenten auf das Produktionssystem. Das finale Simulationsmodell wird experimentell mit Daten aus der Praxis abgeglichen und justiert. Anschließend können bereits auf Standortebene erste Untersuchungen, wie z.B. die Identifikation von Zielkonflikten durchgeführt werden und Optimierungsmöglichkeiten, wie z.B. die Verbesserung durch externe Anreize, dargestellt und bewertet werden.

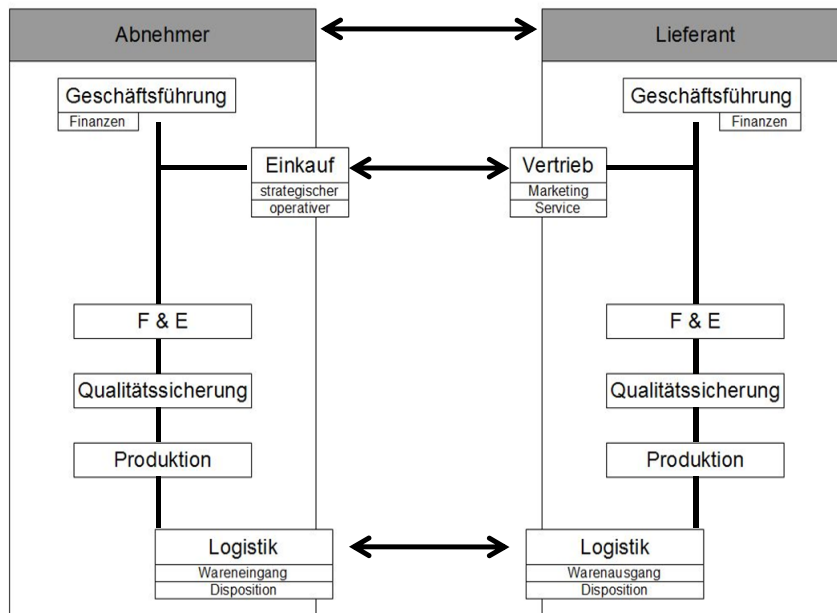


Abbildung 3: Rollen in der Kunden-Lieferanten-Beziehung

In Stufe 3 wird das Simulationsmodell auf den Umfang eines die Beziehungen aller Untereinheiten und deren Zielsysteme beinhaltenden Netzwerkmodells ausgeweitet. Hierfür sind insbesondere die Kommunikation über mehrere Hierarchieebenen und die Beschränkung von Weisungsräumen der Einheiten im Netzwerk darzustellen, als auch die Kopplung der Software-Agenten mit dem Modell eines Wertschöpfungsnetzwerks zu implementieren. Das resultierende Simulationsmodell zur realitätsnahen Darstellung der Entwicklungen im Wertschöpfungsnetzwerk basierend auf den Entscheidungen von Untereinheiten und Akteuren wird anschließend mit Praxisdaten in seinem Verhalten verglichen und der Anwendungsrahmen validiert. Das Modell spiegelt die Eigenschaften eines Netzwerks dahingehend wieder, dass das Verhalten einzelner Einheiten basierend auf ihren jeweiligen Zielsystemen möglichst realitätsnah dargestellt wird. Die Einflüsse dieses Verhaltens auf die Wertschöpfungsprozesse und die daraus resultierende Gesamtwertschöpfung werden abgebildet, um Eigenschaften und Veränderungen von Wertschöpfungsparametern visualisieren zu können.

4 Zusammenfassung

Um Unternehmen bei der Planung und Beherrschung von Wertschöpfungsnetzwerken zu unterstützen, wurde am wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ein Lösungsansatz für die Simulation von Wertschöpfungsnetzwerken unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Zielsystemen der untergeordneten Organisationseinheiten, wie Produktionsstandorte und Lieferanten, sowie von Entscheidungsträgern identifiziert. Dieser Ansatz soll her-

kömmliche Planungsmodelle zur Identifizierung optimaler Netzwerkkonfigurationen durch die Integration realer Hierarchien, Organisationsgrenzen und Zielstellungen ergänzen. Somit kann die Umsetzbarkeit von geplanten Netzwerkkonfigurationen untersucht und der Erfolg und Nutzen von Unterstützungs- und Entwicklungsmaßnahmen bewertet werden. Die Autoren dieses Beitrags bedanken sich an dieser Stelle bei der Deutschen Investitions- und Entwicklungsgesellschaft (DEG) für die Förderung und beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des „Zukunftskonzepts“ der Exzellenzinitiative.

Literatur

- AKANLE, O. M.; ZHANG, D. Z.: Agent-Based Model for Optimising Supply-Chain Configurations. In: *International Journal of Production Economics*, Amsterdam, 115(2008)2, S. 444-460.
- HAUG, P.: A Multiple-Period, Mixed-Integer-Programming Model for Multi-national Facility Location. In: *Journal of Management*, Thousand Oaks, CA, 11(1985)3, S. 83-96.
- JACOB, F.: *Quantitative Optimierung dynamischer Produktionsnetzwerke*. Aachen: Shaker, 2006.
- JIAO, J.; YOU, X.; KUMAR, A.: An Agent-Based Framework for Collaborative Negotiation in the Global Manufacturing Supply Chain Network. In: *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Oxford, 22(2006)3, S. 239-255.
- KOCH, W. J.: *Zur Wertschöpfungstiefe von Unternehmen: die strategische Logik der Integration*. Wiesbaden: Dt. Univ-Verlag, 2006.
- KOHLER, K.: *Global Supply Chain Design: Konzeption und Implementierung eines multikriteriellen Optimierungsmodells für die Gestaltung globaler Wertschöpfungsaktivitäten*. Estenfeld: CfSM Centrum für Supply Management GmbH, 2008.
- LANZA, G.; UDE, J.: Configuration of dynamic value added networks. In: *Journal of Engineering Manufacture*, London, 223(2009)5, S. 561.
- LEITAO, P.: Agent-Based Distributed Manufacturing Control: A State-Of-The-Art Survey. In: *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Oxford 22(2009)7, S. 979-991.
- MACAL, C. M.; NORTH, M. J.: Tutorial on Agent-Based Modeling and Simulation Part 2: How to Model with Agents. In: *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*. Hrsg.: PERRONE, L. Felipe; LAWSON, Barry G.; LIU, Jason; WIELAND, Frederick P. New York, NY: Association for Computing Machinery; Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 2006, S. 73-83
- MILBERG, J.: Erfolg in Netzwerken. In: *Erfolg in Netzwerken*. Hrsg.: MILBERG, J.; SCHUH, G. Berlin: Springer Verlag, 2002, S. 3-16.
- SHEN, W.; HAO, Q.; YOON, H. J.; NORRIE, D.: Applications of Agent-Based Systems in Intelligent Manufacturing: An Updated Review. In: *Advanced Engineering Informatics*, Oxford, 20(2006)4, S. 415-431.

STIEFBOLD, O.: Konzeption eines reaktionsschnellen Planungssystems für Logistikketten auf Basis von Software-Agenten. Karlsruhe: Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik Universität Karlsruhe, 1998.

SUHL, L.; MELLOULI, T.: Optimierungssysteme: Modelle, Verfahren, Software, Anwendungen. Berlin: Springer Verlag, 2006.

WOOLDRIDGE, M.: Intelligent Agents: The Key Concepts. Berlin: Springer Verlag, 2002.