

# Software zur Darstellung und Analyse von Informationsnetzwerken

Annika B. Schröder, Prof. Dr. R.A.E. Müller

Institut für Agrarökonomie  
Universität Kiel  
Olshausenstraße 40  
24089 Kiel  
annika.schroeder@agric-econ.uni-kiel.de  
raem@agric-econ.uni-kiel.de

**Abstract:** Informationsnetzwerke sind wesentliche Komponenten von Unternehmen, Angebotsketten und Märkten. Für die Darstellung und Analyse von Informationsnetzwerken gibt es eine Vielzahl von Softwareprogrammen mit unterschiedlichem Leistungsumfang. Im Folgenden werden die Softwareprogramme identifiziert, auf Grundlage einer Auswahl von Leistungsmerkmalen miteinander verglichen und mit Hilfe des AHP beurteilt. Das Ergebnis zeigt, daß sich das Programm Ucinet für die Beschreibung und Analyse von Informationsnetzwerken besonders gut eignet.

## 1 Einleitung

Märkte für Agrarprodukte und Lebensmittel bestehen zunehmend aus Angebotsketten, in denen Händler Informationen über gehandelte Produkte austauschen. Diese Angebotsketten lassen sich als Netzwerke darstellen und analysieren [siehe auch He01]. Für die Modellierung und Analyse von Netzwerken ist wiederum die Graphentheorie grundlegend. Ein Graph ist definiert als eine Menge an Punkten, die miteinander durch Linien verbunden sind [WF99]. In der Mathematik werden Graphen bzw. ihre Punkte und Linien als Knoten und Kanten bezeichnet. Werden die Agenten eines Netzwerkes als Knoten dargestellt und die Informationsbeziehungen zwischen den Agenten als Kanten, dann läßt sich eine Angebotskette als ein Graph modellieren. Netzwerke lassen sich nicht nur als Graphen sondern auch als Matrizen abbilden. Eine Adjazenzmatrix  $X$  hat die Elemente  $x_{ij}$  mit  $x_{ij}=1$ , wenn der Punkt  $n_i$  mit dem Punkt  $n_j$  verbunden ist. Besteht keine Verbindung zwischen den Punkten  $n_i$  und  $n_j$  ist  $x_{ij}=0$ . In dieser binären Matrix entsprechen die Zeilen den Sendern von Informationen in Angebotsketten und die Spalten den Empfängern von Informationen in Angebotsketten.

Graphentheoretische Analysemethoden werden von einer Vielzahl von Softwareprogrammen angeboten und für Netzwerkanalysierer stellt sich die Frage nach einem geeigneten Netzwerkanalyseprogramm. Entsprechend werden folgend Softwareprogramme zur Darstellung und Analyse von Netzwerken vorgestellt und mit Hilfe der AHP Methoden bewertet.

## 2 Ranking von Software zur Darstellung und Analyse von Netzwerken

### 2.1 Softwareprogramme

Von insgesamt 42 Softwareprogrammen, zu denen Hinweise in der Literatur und im Internet gefunden wurden, sind 19 Programme näher untersucht worden. Die restlichen 23 Programme wurden im weiteren Verlauf der Untersuchung nicht berücksichtigt, weil entweder keine Testversion zur Verfügung stand oder die Produkte nicht mehr existierten.

### 2.2 AHP-Ranking-Methode

AHP ist eine bewährte wissenschaftliche Methode für Entscheidungsprobleme [GWH89] und dient im Folgenden der Beurteilung der Softwareprogramme auf der Grundlage ihrer wesentlichen Eigenschaften. Die Softwareprogramme werden im Hinblick auf Erfüllung der Software- und Netzwerkeigenschaften überprüft. Die AHP-Methode gliedert sich in sechs Schritte: 1. Darstellung des Entscheidungsproblems als Hierarchie aus Kriterien und Alternativen, 2. Bewertung der Kriterien bzw. Alternativen durch paarweisen Vergleich ihrer Bedeutung in Bezug auf ein übergeordnetes Kriterium, 3. Synthese der Bewertungen zu Prioritäten für Kriterien und Alternativen, 4. Überprüfung der Konsistenz der Bewertungen, 5. Interpretation der Ergebnisse und 6. Sensitivitätsanalyse der Ergebnisse [Sa90, BM94]. Tabelle 1 zeigt die hier verwendeten Beurteilungskriterien und ihre Gewichtungen, die sich aus der subjektiven paarweisen Bewertung der Kriterien ergeben. Es handelt sich dabei um sogenannte lokale Gewichte, die sich für die Kriterien einer Gruppe jeweils zu Eins addieren.

Kriterien	Technik (0,054)	Handhabung (0,054)	Graphik (0,266)	Netzwerk-eigenschaften (0,626)
Unterkriterien	Betriebssystem (0,090)	Handbuch (0,637)		Distanz (0,059)
	Einlesen (0,455)	Hilfe (0,258)		Zentralität (0,217)
	Eingabe (0,455)	Newsgroups (0,105)		Erreichbarkeit (0,108)
				Dichte (0,022)
				Cliquen (0,029)
				Ähnlichkeit (0,281)
				Block (0,284)

Tabelle 1: Beurteilungskriterien und deren lokale Gewichtungen nach AHP

Nach der Bewertung der Kriterien wird ein Rating durchgeführt. Die Rating-Tabelle enthält sämtliche Kriterien und Softwareprogramme und zeigt, welche Programme welche Kriterien erfüllen. Durch die zuvor gewichteten Kriterien ergibt sich für jedes Programm eine Gesamtsumme. Das Programm mit der höchsten Summe der Bewertungen ist dann das beste Programm hinsichtlich der bei der Beurteilung berücksichtigten Eigenschaften.

### **2.3 Anwendungsunspezifische Softwarekriterien**

Um nützlich zu sein, sollte eine moderne Software bestimmte Anforderungen an ihre Grundfunktionen, Benutzerschnittstellen und Hardware erfüllen. Hierzu zählen das gängige Betriebssystem MS-Windows, die Möglichkeit des Einlesens und der Eingabe von Daten in das Softwareprogramm sowie das Vorhandensein von Handbüchern, Hilfsfunktionen und sogenannten Newsgroups im Internet.

### **2.4 Netzwerkkriterien**

Netzwerke sollten sowohl graphisch als auch durch quantitative Merkmale abzubilden sein. Für die graphische Abbildung von Netzwerken ist ausschlaggebend, daß diese Möglichkeit in den Softwareprogrammen gegeben ist. Die quantitativen Merkmale beinhalten die Beschreibung von Eigenschaften einzelner Agenten oder Gruppen von Agenten [Ja03]. Diese Beschreibung von Netzwerken hilft nicht nur die Positionen der Netzwerkagenten zu analysieren sondern auch die Struktur ihrer Verbindungen zu untersuchen.

Agenten weisen im Netzwerk eine bestimmte Distanz zueinander auf. Die kürzeste Distanz ist als Anzahl der Kanten zwischen zwei Knoten eines Graphens definiert. Sofern ein Agent viele kurze Distanzen zu anderen Agenten aufweist, benötigt dieser keine weiteren Agenten zur Übermittlung von Informationen sondern nimmt selbst eine zentrale Position in der Angebotskette ein. In einem Netzwerk können die Knoten direkt und indirekt miteinander verbunden sein. Zwei Knoten sind indirekt verbunden, wenn der eine Knoten nur über einen oder mehrere andere, direkt verbundene Knoten, erreicht werden kann. Die Zentralität von Agenten läßt sich durch die Anzahl der direkten Verbindungen zwischen Agenten beschreiben. Weist ein Agent viele direkte Verbindungen zu anderen Agenten auf, fließen über ihn viele Informationen und er stellt einen zentralen Teilnehmer der Angebotskette dar. Weiterhin kann die Erreichbarkeit von Agenten im Netz untersucht werden. Durch die Erreichbarkeitsmatrix (=potenzierte Adjazenzmatrix) wird deutlich, ob zwischen zwei Agenten überhaupt ein Pfad (=mehrere Kanten) existiert und wie viele alternative Pfade benutzt werden können.

Für die Analyse des gesamten Netzwerkes kann die Dichte des Netzes berechnet werden. Die Dichte läßt sich als Verhältnis der Zahl der bestehenden Verbindungen zu der Zahl aller möglichen Verbindungen bestimmen [Ja03]. Je größer die Dichte eines Netzwerkes ist, desto mehr Verbindungen existieren in diesem Netzwerk, d.h. desto mehr Agenten weisen innerhalb einer Angebotskette Kontakte zueinander auf.

Für die Identifizierung von Gruppen in Netzwerken gibt es die Möglichkeiten, Agenten in Cliques bzw. als strukturell ähnliche Agenten zusammenzufassen. Während bei strukturell ähnlichen Agenten Verbindungen außerhalb der Gruppe eine wesentliche Rolle spielen, sind bei Cliques Verbindungen innerhalb der Gruppe entscheidend [KK82]. Für die Analyse von Angebotsketten in der Agrar- und Ernährungswirtschaft ist insbesondere die strukturelle Äquivalenzanalyse wichtig, da die auf der Bestimmung der Ähnlichkeit der Verbindungsstrukturen der Agenten untereinander beruht. Für die Untersuchung dieser Strukturen im Netzwerk werden Blockmodellanalysen durchgeführt.

### **2.5 Beurteilung der Softwareprodukte**

Von insgesamt 19 Programmen schneiden drei Programme mit einem Wert über 0,5 (die Werte bewegen sich zwischen 0 und 1) in der Rating-Tabelle besonders gut ab. Alle weiteren Programme weisen einen Wert unter 0,5 auf und werden in der folgenden Untersuchung nicht weiter berücksichtigt. Für die drei Programme -Ucinet, NetMiner und Agna- wird eine Synthese der Bewertung durchgeführt, in der die Gewichte der Alternativen mit den Gewichten der Kriterien multipliziert werden. Die anschließende Sensitivitätsanalyse bietet die Möglichkeit, die Gewichtungen einzelner Kriterien zu untersuchen und ihre Auswirkungen auf das Ergebnis nachzuvollziehen.

Mit allen drei Programmen wurden exemplarisch drei wichtige Netzwerkeigenschaften berechnet. Das Programm Ucinet weist für die Distanzen, die Mittlerfunktion und für strukturell ähnliche Agenten eindeutige Ergebnisse auf, d.h. diese Ergebnisse sind anhand der Formeln und der graphischen Darstellung des Netzwerkes eindeutig nachvollziehbar. Auch das Programm NetMiner weist für die Distanz zwischen allen Agenten nachvollziehbare Ergebnisse auf. Vorhandene Ergebnisse für die Mittlerfunktion sowie für die Analyse struktureller Äquivalenz stimmen jedoch nicht mit den Ergebnissen von Ucinet bzw. Agna überein. Das Programm Agna weist für die Distanz und die Mittlerfunktion identische Werte wie die Programme Ucinet und NetMiner auf. Strukturell ähnliche Agenten kann das Programm Agna nicht berechnen.

### **3 Diskussion der Ergebnisse**

Die Synthese der AHP-Bewertung zeigt, daß das Programm Ucinet sowohl bei Berücksichtigung aller Beurteilungskriterien als auch im Hinblick auf die Netzwerkeigenschaften die beste Bewertung erhält. Die Sensitivitätsanalyse bietet die Möglichkeit der Beeinflussung des Ergebnisrankings durch eine andere Bewertung der Beurteilungskriterien, zeigt jedoch gleichzeitig die Robustheit des Ergebnisses.

Abschließend läßt sich sagen, daß mit Hilfe der Bewertung der Netzwerk- und Softwarekriterien durch die AHP-Methode das Programm Ucinet als bestes der hier untersuchten Programme angesehen werden muß.

### **4 Literatur**

- [BM94] Brinkmeyer, D., Müller, R.A.E. 1994. Entscheidungsunterstützung mit dem AHP. Zeitschrift für Agrarinformatik, 1994, 5, 82-92.
- [GWH89] Golden, B.L.; Wasil, E.A.; Harker, P.T. 1989. The Analytic Hierachry Process. Applications and Studies. Berlin u.a.: Springer-Verlag, 1989.
- [He01] Helbig, R. 2001. Organizational Alternatives for Chain Encompassing Quality Management in Agrifood Production. Schiefer, G.; Helbig, R. (Eds.) Quality Management and Process Improvement for Competitive Advantage in Agriculture and Food. Proceeding of the 49<sup>th</sup> Seminar of the EAAE, 19-21. Feb. 1977, Bonn. Uni Bonn. ILB: Bonn.
- [KK82] Knoke, D.; Kuklinski, J. 1982. Network Analysis. London: Sage Publications.
- [Ja03] Jansen, D. 2003. Einführung in die Netzwerkanalyse. Opladen: Leske und Budrich.
- [Sa90] Saaty, T.L. 1990. How to make a decision: The Analytical Hierarchy Process. European Journal of Operational Research 48, 1, 9-26.
- [WF99] Wassermann, S., Faust, K. 1999. Social Network Analysis. Methods and Applications. Cambridge: Cambridge University Press.