

# **Modellierung von Rückverfolgungssystemen als Netzwerke: Ansätze und ihre Anwendbarkeit**

Birgit Gampl

Institut für Agrarökonomie  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Olshausenstraße 40, 24098 Kiel  
bgampl@agric-econ.uni-kiel.de

**Abstract:** In diesem Beitrag wird eine stufenübergreifende Kooperation im Fleischsektor untersucht, die die Rückverfolgung von Produkten von der Verkaufsstätte bis zum Einzeltier ermöglicht. Der Warenstrom, der Informationsstrom und die Entscheidungsstrukturen dieses Rückverfolgungssystems werden als Netzwerk in Form eines Graphen und als Matrix abgebildet und untersucht. Die Eignung der Netzwerkanalyse zur Abbildung und zur Identifizierung von Unterschieden in Rückverfolgungssystemen wird auf diese Weise vorgestellt.

## **1 Einleitung**

Rückverfolgbarkeit und ihre Umsetzung ist ein viel diskutiertes Thema. Um fundiert darüber diskutieren zu können, ist es notwendig, die bestehenden Systeme und ihre Funktionsweisen genau zu beschreiben und zu unterscheiden. Die Eignung der Netzwerkanalyse hierzu wird im Folgenden vorgestellt. Als Fallbeispiel wird eine stufenübergreifende Kooperation im Fleischsektor untersucht, die Rückverfolgbarkeit auf Einzeltierbasis von der Verkaufsstätte bis zum Landwirt ermöglicht. Da die Produkt- und Informationsströme unterschiedlich sind, wurden sie getrennt voneinander erfasst. Zusätzlich wurde noch das Netzwerk der Entscheidungsträger erfasst (Entscheidernetzwerk). In diesem Netzwerk sind die Akteure dargestellt, die an Entscheidungen beteiligt sind. Diese drei Netzwerke, die das Rückverfolgungssystem beschreiben, werden jeweils in Form von Graphen und Matrizen abgebildet. Ein Graph besteht aus einer Anzahl von Knoten (Akteure) und Kanten (Verbindungen zwischen Akteuren) [WF94]. Die Abbildung der Netzwerke als Graphen erleichtert die intuitive Beschreibung und ermöglicht es, Unterschiede bildlich aufzuzeigen. Die Matrixdarstellung ermöglicht eine mathematische Untersuchung des Netzwerkes und seiner Akteure anhand von netzwerkanalytischen Kennzahlen. Alle Berechnungen wurden mit dem Netzwerkanalyseprogramm UCINET 6 für Windows [BEF02] durchgeführt.

## **2 Darstellung des Rückverfolgungssystems als Netzwerk**

Bei dem untersuchten Rückverfolgungssystem für Schweinefleisch, der „Frankenfarm GmbH“ handelt es sich um ein Netzwerk mit 14 Akteuren: Basiszuchtbetrieb, Vermehrungsstufe, Ferkelerzeuger (2x), Mastbetriebe (3x), Schlachthof, Zerlegung, Verkaufs-

stellen (POS, 3x), Datenbank & Geschäftsführung und ein Kontrollinstitut. In Abbildung 1 ist das Netzwerk der Produktflüsse als Graph dargestellt. Die 14 Akteure sind jeweils durch Kreise dargestellt, und die Pfeile geben die gerichteten Verbindungen zwischen ihnen an.

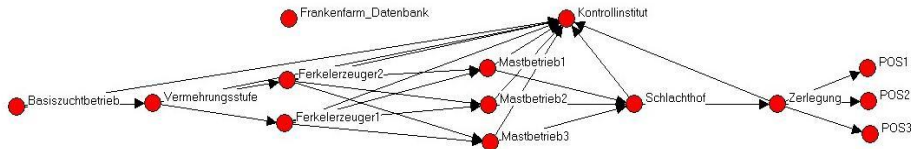


Abbildung 1: Produktfluss als Graph dargestellt (Darstellung mit UCINET)

Die Abbildung des Produktflusses zeigt eine ausschließliche Fließrichtung von der Urproduktion zum Handel, und die Datenbank ist unverbunden. Der Informationsfluss unterscheidet sich vom Produktfluss. Die Datenbank ist eingebunden, und zwar indem jeder Akteur Informationen an die Datenbank schickt und Informationen von der Datenbank erhält. Daher enthält das Informationsnetzwerk deutlich mehr Verbindungen. Beim Entscheidernetzwerk handelt es sich um ein voll verbundenes Netzwerk, das heißt, jeder Akteur ist mit jedem Akteur direkt verbunden, da bei Entscheidungen, die das Rückverfolgungssystem der „Frankenfarm GmbH“ betreffen, alle 14 Akteure beteiligt sind.

Neben der Abbildung eines Netzwerkes als Graphen, mit der man einen ersten Eindruck erhält, besteht die Möglichkeit Netzwerke als Matrizen abzubilden, die die Grundlagen für detaillierte, quantitative Untersuchungen liefern. Zur Beschreibung von Netzwerken gilt allgemein folgende Notation [WF94]: Ein Graph besteht aus einer Menge an Knoten,  $N = \{n_1, n_2, \dots, n_g\}$  und einer Menge an Kanten,  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_h\}$ , zwischen den Knoten. wobei  $h \leq g(g-1)$  ist. Kanten können gerichtet oder ungerichtet sein und die Kante  $l_k = (n_i, n_j)$  verbindet den Punkt  $n_i$  mit dem Punkt  $n_j$ , wobei  $i \neq j$ , da Selbstbeziehungen in Produktionsnetzwerken keine Relevanz haben. Bei gegebener Verbindung heißen die Punkte  $n_i$  und  $n_j$  benachbart. Zusätzlich können Kantenwerte entweder gewichteter oder binärer Art sein. Die Informationen zu Knoten und Kanten können in einer Soziomatrix  $X$  abgebildet werden. Das Element  $x_{ij}$  der Matrix entspricht dem Wert der Kante zwischen  $n_i$  und  $n_j$ . In dieser Untersuchung sind die Beziehungen binärer Art, so dass  $x_{ij}=1$  dafür steht, dass eine Verbindung von  $n_i$  nach  $n_j$  besteht,  $x_{ij}=0$  dafür, dass keine Verbindung von  $n_i$  nach  $n_j$  besteht. In den Zeilen der Soziomatrix werden die ausgehenden Beziehungen wiedergegeben und in den Spalten die eingehenden Beziehungen.  $x_{12}=1$  in der Soziomatrix des Produktflusses steht dafür, dass es eine Beziehung von  $n_1$  zu  $n_2$  gibt, das heißt in diesem Fall vom Basiszuchtbetrieb zur Vermehrungsstufe.

### 3 Untersuchung des Netzwerkes anhand von Kennzahlen

Bei der Untersuchung von Netzwerken unterscheidet man Methoden zur Beschreibung des gesamten Netzwerkes und zur Beschreibung einzelner Akteure. Kriterien zur Beschreibung von Netzwerken sind die Anzahl der Akteure ( $g$ ) und die Anzahl der Kanten ( $h$ ) in dem Netzwerk. Aus diesen Angaben kann die Dichte eines Netzwerkes berechnet werden, das heißt, wie viele Verbindungen auf der Basis aller möglichen Verbindungen

tatsächlich ausgeprägt sind. Ein Graph mit  $g$  Knoten und gerichteten Kanten kann maximal  $g(g-1)$  Kanten aufweisen, bei Ausschluss von Selbstbeziehungen. Bei ungerichteten Verbindungen halbiert sich diese Zahl.

$$Dichte(\Delta) = h / g(g - 1)$$

Die Dichte kann Werte zwischen 0 (keine Kanten im Netzwerk vorhanden) und 1 (alle Akteure sind verbunden) annehmen. Hohe Dichten oder eine Dichte=1 werden nur in kleinen Netzwerken erreicht. Die Dichte nimmt im Normalfall mit steigender Knotenzahl ab, da mit steigender Knotenzahl der Aufwand steigt, zu jedem anderen Knoten Verbindungen zu unterhalten. Zur weiteren Beschreibung von Netzwerken dient der Diameter eines Netzwerkes. Darunter versteht man die maximale Distanz zweier Akteure in einem Netzwerk. Eine hohe Dichte und niedrige Diameterwerte stehen für einen potentiell schnelleren oder sichereren (in Bezug auf Unverfälschtheit) Produkt- oder Informationsdurchfluss im Netzwerk [Ha01]. Für die drei Netzwerke ergibt sich folgendes: Von 182 möglichen Kanten ( $g(g-1)=182$ ) sind jeweils unterschiedlich viele ausgeprägt: 14% aller möglichen Kanten im Netzwerk des Produktflusses, 28% im Informationsnetzwerk und 100% im Entscheidernetzwerk. In den ersten beiden Fällen handelt es sich daher um viel schwächer verbundene Netzwerke im Vergleich zum Entscheidernetzwerk. Der Diameter im Entscheidernetzwerk ist 1 und damit minimal, da jeder Akteur jeden anderen mit einem Schritt erreichen kann. Durch die zentrale Rolle der Datenbank im Informationsnetzwerk ergibt sich hier ein Diameter von 2. Im Produktflussnetzwerk beträgt die längste kürzeste Distanz 6 Schritte.

Bei der Beschreibung einzelner Akteure und ihrer Rollen im Netzwerk gibt es auch verschiedene Ansätze. Ein Ansatz ist die Ermittlung der geodätischen Distanz zwischen Akteuren. Darunter versteht man den kürzesten Weg zwischen den Knoten  $n_i$  und  $n_j$ , kurz  $geo(n_i, n_j)$ , das heißt mit wie vielen Schritten Akteur  $n_i$  Akteur  $n_j$  erreichen kann. Die geodätischen Distanzen werden für alle  $n_i$  zu  $n_j$  ermittelt und in der Distanzmatrix abgebildet. Mit der Distanzmatrix wird auf Akteurebene aufgezeigt, wie verbunden ein Netzwerk ist, während die oben beschriebene Dichtemessung eine Aussage über das Gesamtnetzwerk macht [Ja03]. Aufgrund der gerichteten Beziehungen im Netzwerk ist die Matrix nicht symmetrisch. Im Produktnetzwerk können Akteure jeweils nur die nachgelagerten Akteure erreichen, so dass die linke untere Hälfte der Matrix leer ist. Im Entscheidernetzwerk beträgt die Distanz  $geo(n_i, n_j)$  immer 1, so dass jedes  $x_{ij}=1$ .

Ein weitere Möglichkeit, Akteure und ihre Rollen im Netzwerk zu beschreiben, ist die Analyse ihrer Zentralität. Die Anzahl der Verbindungen, über die ein Knoten verfügt wird als Degree  $d(n_i)$  bezeichnet und beschreibt seine Zentralität. Bei gerichteten Kanten wird zusätzlich zwischen ein- und ausgehenden Verbindungen (Indegree  $d_i(n_i)$  und Outdegree  $d_o(n_i)$ ) unterschieden.  $d_i(n_i)$  ergibt sich aus der Summe der Spalteneinträge von  $n_i$  und  $d_o(n_i)$  aus der Summe der Zeileneinträge.

$$d_I(n_i) = \sum_{j=1}^n x_{ji} \quad \text{und} \quad d_O(n_i) = \sum_{j=1}^n x_{ij}$$

Dieses Zentralitätsmaß kann helfen, Entscheidungs- oder Organisationspositionen in Netzwerken zu erkennen [Sc00].

Im Produktflussnetzwerk gibt es nur einen zentralen Akteur und zwar das Kontrollinstitut mit neun eingehenden Verbindungen. Alle Akteure liefern Produkte (Proben) an das Kontrollinstitut, mit Ausnahme der drei Verkaufsstellen und der Datenbank. Alle anderen Akteure im Produktflussnetzwerk weisen maximal  $d(n_i)=4$  auf. Im Informations-

flussnetz ist die Datenbank der zentralste Akteur, mit jeweils 13 ein- und ausgehenden Verbindungen, da jeder Akteur Informationen an die Datenbank schickt. Das Kontrollinstitut nimmt nur in Bezug auf die eingehenden Verbindungen ( $d_i(n_i)=10$ ) eine zentrale Rolle ein, denn Informationen liefert es nur an die Datenbank und hat damit nur eine ausgehende Verbindung. Zentrale Knoten, wie die Datenbank, bilden oft die Koordinations- oder Organisationseinheit eines Netzwerkes, und so auch in dem Rückverfolgungssystem der „Frankenfarm GmbH“. Die Geschäftsführung der „Frankenfarm GmbH“ betreut die Datenbank. Im Entscheidernetzwerk gibt es dagegen keine Zentralitätsunterschiede.

#### **4 Beitrag der Netzwerkanalyse zur Untersuchung von Rückverfolgungssystemen**

Netzwerkanalysen erleichtern das Herausarbeiten struktureller Charakteristika eines Rückverfolgungssystems erheblich. Bei der Untersuchung und beim Vergleich verschiedener Rückverfolgungssysteme, können Ergebnisse aus Netzwerkanalysen zusätzlich zur Befragung des Systemverantwortlichen einen deutlichen Informationsgewinn bedeuten. Mit Hilfe der Analysen auf der Ebene des Gesamtnetzwerks kann man verschiedene Netzwerke über die Teilnehmerzahl, die Dichte oder ihre Diameter vergleichen. Dieser Ansatz ist interessant, da niedrige Dichten und hohe Diameter die Erreichbarkeit von Akteuren im Netzwerk erschweren. Außerdem können Zusammenhänge verschiedener Charakteristika von Rückverfolgungssystemen und ihrer Netzwerkstruktur untersucht werden, beispielsweise ob mit steigender Anzahl von Akteuren und damit sinkender Anzahl von Beziehungen Rückverfolgungssysteme in ihren Entscheidungsstrukturen immer hierarchischer werden.

#### **Literaturverzeichnis:**

- [BEF02] Borgatti, S. P., M. G. Everett, and L. C. Freeman (2002) Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis, Harvard: Analytic Technologies.
- [Ha01] Hannemann, R. A. (2001) "Introduction to Social Network Methods." Online Textbook, Department of Sociology, University of California.  
<http://faculty.ucr.edu/~hanneman/SOC157/NETTEXT.PDF>.
- [Ja03] Jansen, D. (2003) Einführung in die Netzwerkanalyse. 2.Auflage. Opladen: Leske + Budrich.
- [Sc00] Scott, J. (2000) Social Network Analysis. 2.Auflage. London: SAGE Publications.
- [WF94] Wasserman, S., and K. Faust (1994) Social Network Analysis: Methods and Applications: Cambridge University Press.