

# Netzwerke: Das Organisationsprinzip der Wissenschaften

Linda Seidel-Lass\*, Thomas Fels\*\*, Rolf A.E. Müller\*

\*Institut für Agrarökonomie  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Olshausenstraße 40  
24098 Kiel

lseidel@agric-econ.uni-kiel.de

\*\*witra-kiel GbR  
Christian-Albrechts-Platz 4  
24098 Kiel  
tfels@geo-controlling.de

**Abstract:** Wissenschaftliche Kooperationen schlagen sich oft in gemeinsamen Veröffentlichungen nieder, die von großen Literaturdatenbanken erfasst werden. Somit werden Literaturdatenbanken, wie z.B. das Web of Science des Institute of Scientific Information (ISI) zu wichtigen Quellen von Daten über die spontane Organisation von Wissenschaftlern. Daten werden jedoch erst durch ihre Verarbeitung zu Information. Zur Verarbeitung von Literaturdaten des ISI eignen sich Methoden und Softwareprogramme der Sozialen Netzwerkanalyse (SNA). In unserem Beitrag demonstrieren wir die Anwendungspotentiale der Netzwerk-Perspektive der Organisation von Wissenschaftlern am Beispiel der Kooperation im Bereich der Aquakulturforschung in der EU-27 in den Jahren 1990 und 2005. Wir erweitern die Netzwerkdarstellung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit geographischen Informationen über die Standorte der Wissenschaftler.

## 1 Einleitung

Die wissenschaftliche Forschung ist in der Lage sich ohne bürokratischen Gängelung zu leistungsfähigen, dezentralen Teams zu organisieren, Diese Fähigkeit war u.a. bei der Entdeckung des SARS-Virus im Jahr 2003 zu beobachten, als Forscher aus mehreren Ländern in kürzester Zeit ein erfolgreiches Forschungsnetzwerk gebildet haben [Su04]).

Spontane Netzwerke sind Phänomene, die nicht unmittelbar wahrnehmbar sind und die deshalb auch nicht leicht darzustellen und zu messen sind. Allerdings haben drei wichtige Entwicklungen im Bereich der Bibliometrie unsere Fähigkeiten zur Messung und Veranschaulichung von spontanen Wissenschaftsnetzwerken erheblich gesteigert: (i) Verfügbarkeit von umfassenden Literaturdatenbanken, in denen sich die Kooperationen von Forschern und Forschungseinrichtungen als Ko-Autorenschaften niederschlagen; (ii) Entwicklung von Methoden der Sozialen Netzwerkanalyse (SNA) zur Analyse von Ko-Autoren-Netzwerken angepasst [Ba02; Ne00]; (iii) leistungsfähige Softwarewerkzeuge zur Analyse und graphischen Darstellung von Ko-Autorennetzwerken [HD05].

In diesem Beitrag demonstrieren wir die Verwendung von Methoden der SNA zur Veranschaulichung und Analyse von spontanen Netzwerken in der wissenschaftlichen Forschung. Dabei verwenden wir ISI-Daten für die Aquakultur und die Fischerei. Die Analyse und Visualisierung des Netzwerkes werden durch Geodaten in einem Geoinformationssystem (GIS) um eine räumliche Komponente erweitert.

## 2 Soziale Netzwerke

Soziale Netzwerke bestehen aus Akteuren und den Verbindungen zwischen diesen Akteuren. In Ko-Autorennetzwerken sind die Akteure die Forscher, die in einem Beitrag als Autoren genannt werden. Die Verbindungen zwischen Akteuren können vielfältiger Art sein; in unserem Beispiel sind die Verbindungen zwischen den Autoren die gemeinsam verfassten wissenschaftlichen Publikationen. Gemeinsame Autorenschaft wird dabei als ein Indikator für eine Forschungsk Kooperation angesehen. Es liegt nahe, dass Ko-Autoren in ein Netzwerk permanenter sozialer Beziehungen eingebunden sind [WF94].

Soziale Netzwerke lassen sich als Graphen darstellen und mathematische Methoden zur Analyse von Graphen werden damit für die SNA verwendbar [Ha94]. Die Graphentheorie unterscheidet strikt zwischen gerichteten und ungerichteten Graphen oder Netzwerken. Die Beziehungen von Ko-Autoren-Netzwerken sind ungerichtet, weil von einem wechselseitigen Austausch von Informationen, Daten etc. zwischen Ko-Autoren ausgegangen wird.

Das europäische Aquakultur- und Fischereiforschungsnetzwerkes ist ein ungerichtetes Netzwerk, das mit den folgende Netzwerkmaßen analysiert werden kann: (1) Dichte. Die Dichte des Netzwerkes gibt das Verhältnis zwischen den maximal möglichen und den tatsächlich vorhandenen Verbindungen wider. (2) Diameter. Der Diameter misst den längsten der kürzesten Pfade zwischen zwei Autoren. Die kürzesten Pfade werden auch als geodätische Distanzen bezeichnet. (3) Zentralität. Hier lassen sich verschiedene Zentralitätsmaße unterscheiden. Um den individuellen Einfluss eines Autors, z.B. auf den Informationsfluss im Netzwerk, zu messen, eignet sich vor allem die *Betweenness*-Zentralität. Ein Autor gilt danach als zentral im Netzwerk, wenn er auf vielen geodätischen Distanzen anderer Autoren liegt, d.h. er ist in die Ko-Autorenbeziehungen zwischen möglichst vielen Autoren eingebunden.

## 3 Geographische Auswertung und Visualisierung

Die Visualisierung von Netzwerken erfolgt zumeist ohne geographischen Bezug. Der Abstand zwischen zwei Autoren sagt dann nichts über ihren tatsächlichen Abstand zueinander aus. Dies wird erst möglich, wenn Distanzmaße, wie z.B. die euklidische Distanz sowie räumliche Lagebeziehungen berücksichtigt werden, Hierdurch lassen sich soziale Netzwerke in raum-zeitlicher Entwicklung abbilden [MP05]. Mit Geovisualisierungstechniken werden Karten erzeugt, die komplexe raum-zeitliche Bewegungsmuster und Interaktionen abbilden [To87]. Die Ko-Autorenbeziehungen auf Länderebene können in einer Karte verankert und hinsichtlich der Bedeutung räumlicher Distanzen für die Intensität der Beziehungen analysiert werden.

## 4 Das Europäische Netzwerk im Zeitablauf

Im Bereich der Literaturdatenbanken gilt das ISI Web of Science als die umfangreichste Sammlung von wissenschaftlichen Zeitschriften, Konferenzbeiträgen und anderen wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Der Science Citation Index (SCI) Expanded ist ein multidisziplinärer Index, der etwa 5.900 wissenschaftliche Zeitschriften beinhaltet. Wir verwenden Daten aus dem SCI Expanded zur Aquakultur und Fischerei für den Zeitraum 1990 bis 2005. Aus den insgesamt 13.750 Publikationen des ISI wurde 5.696 ausgewählt, deren Adressinformation auf Autoren aus Ländern der EU-27 schließen lässt. Die bibliometrischen Ausgangsdaten aus dem SCI Expanded wurden über die SQL-Datenbank an das Geographische Informationssystem angebunden.

Die Analyse des Publikationsnetzwerkes zu den zwei ausgewählten Zeitpunkten in den Jahren 1990 und 2005 zeigt aufgrund der gemessenen Dichte eine deutliche Zunahme von Verbindungen zwischen den europäischen Forschungspartnern. So steigt die Dichte deutlich von 0.018 auf 0.162 (Tabelle 1). Gleichzeitig sinkt der Durchmesser von 4 auf 3. Beide Maße bestätigen die Vermutung, dass eine stärkere Vernetzung zwischen den europäischen Wissenschaftlern stattfindet (Abbildung 1). Im europäischen Netzwerk der Fischerei- und Aquakulturforschung zeigt sich, dass England sowohl aufgrund der Anzahl der Publikationen (Rang 2) als auch auf Grundlage der *Betweenness*-Zentralität eine herausragende Position einnimmt. Während 1990 Schottland (1) und Frankreich (5) auf den Plätzen zwei und drei bei der Zentralität folgen, wandelt sich dieses Bild 2005. Die Plätze zwei und drei werden von Deutschland (4) und Griechenland (7) eingenommen.

## 5 Fazit

Während klassische bibliometrische Verfahren Publikationsdaten vor allem nach Qualität und Quantität von Publikationen untersuchen, liefert die SNA wichtige Einsichten und Ergebnisse zur Vernetzung der Wissenschaftler und zur Position einzelner Wissenschaftler, Institutionen oder Länder im Netzwerk. Damit stellt die SNA eine wichtige Ergänzung der bibliometrischen Werkzeugkiste dar.

Insbesondere wenn die SNA durch GIS ergänzt wird, wird die Visualisierung von spontanen Netzwerken möglich, deren Existenz ohne die SNA zwar behauptet, aber nicht veranschaulicht werden konnte. Über die Veranschaulichung hinaus bietet die SNA eine Reihe von Maßzahlen, die für das Forschungsmanagement wichtige Hinweise liefern können. So hilft sie u.a. bei der Identifikation von Schlüsselpositionen in komplexen Forschungsnetzwerken. Ein höchst produktiver, aber isolierter Wissenschaftler wird deutlich weniger Einfluss auf die Forschung haben, als ein gut integrierter Wissenschaftler. Die Ergebnisse der SNA von Ko-Autorenbeziehungen auf Europäischer Ebene bestätigen diese Hypothese.

Die Vermutung ist nicht von der Hand zu weisen, dass die Schwierigkeiten der Darstellung komplexer, spontaner Forschungsnetzwerke die Einsicht in die besonderen Gegebenheiten des Forschungsmanagements behindern. Deshalb ist die Hoffnung berechtigt, dass die SNA dazu beitragen kann, Eingriffe mit unbeholfener Hand in die fein gesponnenen Netzwerke der Forschung zu vermeiden.

Netzwerkmaße	1990	2005
Dichte	0.018731	0.162222
Diameter	4	3
Zentralität	0.018391	0.076234
Länderrepräsentant Zentralität (1)	England	England
Länderrepräsentant Zentralität (2)	Scotland	Germany
Länderrepräsentant Zentralität (3)	France	Greece

Tabelle 1: Netzwerkmaße für das europäische Ko-Autorennetzwerk 1990 und 2005.

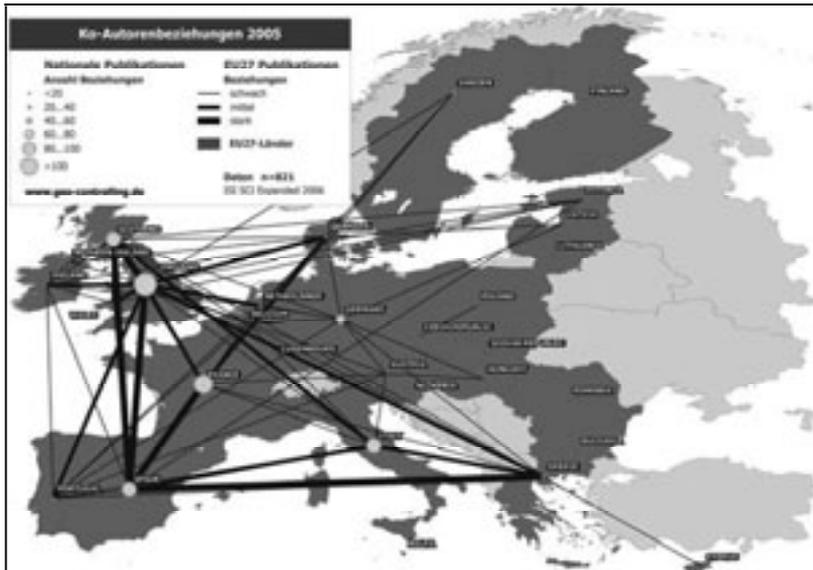


Abbildung 1: Das Publikationsnetzwerk der EU-27 im Jahr 2005

## Literaturverzeichnis

- [Ba02] Barabási A.-L. et al. (2002), Evolution of the social network of scientific collaborations, *Physica A* 311, 590-614.
- [Ha94] Harary, F. (1994), *Graph Theory*. Basic Books, New York.
- [HD05] Huisman, M., van Duijn, M. (2005), Software for Social Network Analysis. In: Carrington, Scott, Wasserman (eds.) *Models and Methods in Social Network Analysis*, Cambridge Univ. Press, New York.
- [MP05] Metcalf S., Paich M. (2005), Spatial Dynamics of Social Network Evolution. 23<sup>rd</sup> International Conference of the System Dynamics Society, July 19 2005.
- [Ne00] Newman, M.E.J.(2001), The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 98: 404-409.
- [Su04] Surowiecki, J. (2004), *The Wisdom of Crowds*. Doubleday, New York.
- [To87] Tobler W.R. (1987): Experiments in Migration Mapping by Computer. *The American Cartographer* 14(2): 155-163.
- [WF94] Wasserman S., Faust K. (1994), *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge University Press, New York.