



Netzwerke: der antikategorische Imperativ

Johannes Glückler

Auszug aus dem Jahresbericht
„Marsilius-Kolleg 2010/2011“

Das wirtschaftliche Leben ist in hohem Maße arbeitsteilig: Unternehmen – und die Menschen, die in diesen Organisationen arbeiten – verfolgen bestimmte Ziele, übernehmen Aufgaben und setzen sich über den Tausch von Information, Wissen, Kapital und Gütern in Beziehung zu anderen Unternehmen. Die Vielzahl der Akteure und der zwischen ihnen bestehenden Beziehungen sind die Bausteine sozialer Netzwerke. Netzwerke sind nicht nur eine Repräsentation von Beziehungen. Die sozialwissenschaftliche Netzwerktheorie geht vielmehr davon aus, dass die Struktur der vielfältigen Beziehungen eines Netzwerks Einfluss auf die Möglichkeiten und Grenzen des Handelns des Einzelnen hat: Netzwerke prägen Handlungschancen.

Netzwerke: der antikategorische Imperativ

Johannes Glückler

Die Folgen dieser Annahme sind grundlegend: Nicht mehr (allein) persönliche Merkmale, sondern vor allem Positionen und Rollen in sozialen Netzwerken erklären das Handeln der Akteure. Aus dem Verständnis dieses antikategorischen Imperativs ist z. B. eine schlechte Teamleistung nicht etwa als Folge der geringen Qualität der Teammitglieder, sondern als unzureichendes Zusammenspiel derselben zu begreifen. Eine relationale Perspektive der Sozialwissenschaften interessiert sich daher ebenso wie viele andere geistes- und naturwissenschaftliche Disziplinen für ein grundlegendes Verständnis von Netzwerken und für die Entwicklung analytischer Methoden zu deren Analyse. Dieses gemeinsame Interesse hat mich mit meiner Kollegin Katharina Zweig und mit meinen Kollegen Fred Hamprecht und Gerhard Reinelt angetrieben, den interdisziplinären Austausch über Netzwerke im Marsilius-Kolleg zu suchen und Lösungen für eine Reihe neuer Problemstellungen zu entwickeln.

Während des einjährigen Fellowships im Marsilius-Jahr 2010/2011 standen neben den grundlegenden Problemen der Netzwerkanalyse drei beispielhafte, konkrete Fragen im Mittelpunkt meiner Arbeit: (1) Wie verbreiten sich kontroverse Innovationen? (2) Inwieweit bestimmen volkswirtschaftliche Verflechtungen die Rentabilität einer Industrie? (3) Wie lässt sich die Ähnlichkeit von Rollenstrukturen in Netzwerken bestimmen? Wenngleich diese Fragen jeweils ökonomische Problemstellungen verfolgten, so war die Entwicklung erster Lösungsansätze in hohem Maße an die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit meinen Kollegen in der Informatik gebunden. Die folgenden Ausführungen geben einen kurzen Überblick über die wichtigsten Zwischenergebnisse dieser Fragestellungen:

Die Verbreitung kontroverser Innovationen und die Rolle der Peripherie

Neuerungen verbreiten sich am schnellsten vom Zentrum eines Netzwerks aus. Dort haben Akteure die höchste Zentralität und die meisten Verflechtungen mit anderen Akteuren. Genau deswegen erfahren umstrittene Neuerungen, sogenannte kontroverse Innovationen im Zentrum auch die meiste Gegenwehr. Welche Rolle aber spielt die Peripherie eines Netzwerks? Aus der eigenen Forschung zeigte sich z. B. wie die kleine Niederlassung eines globalen deutschen Konzerns im fernen Argentinien ein neues Geschäftsmodell erfand und gegen den Widerstand der Konzernleitung entwickelte und zur Marktreife brachte. In wenigen Jahren verbreitete sich dieses Geschäftsmodell in andere Landesgesellschaften weltweit und wurde später sogar in Deutschland eingeführt. Ein Zufall? Das Geschäftsmodell widersprach dem bisherigen Verständnis des Leistungsangebots und schien auch aufgrund unwägbarer Risiken unvereinbar mit der Konzernstruktur. Diese Innovation hätte sich im Zentrum des Unternehmens vermutlich nicht oder nur schwer gegen den Widerstand vieler

bewähren können. In der Peripherie des Konzerns bzw. des sozialen Netzwerks konnten Mitarbeiter trotz Widerstand und ohne Unterstützung unbeobachtet experimentieren und einer Idee letztlich zur Marktreife verhelfen. Mithilfe der Netzwerkmodellierung und Computersimulationen, die in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe Network Analysis and Graph Theory durchgeführt wurden, konnte ein erstes allgemeines Modell konstruiert werden, dass die Verbreitung kontroverser, d. h. von der Mehrheit der Akteure zunächst abgelehnter, Innovationen von der Peripherie eines Netzwerks her darstellt. Das Modell illustriert, dass der Widerstand gegenüber der Verbreitung kontroverser Innovationen in der Einführungsphase im Zentrum eines Netzwerks am stärksten ausgeprägt ist. Daher genießen kontroverse Innovationen eine höhere Chance für eine netzwerkweite Verbreitung, wenn sie in der Peripherie eines sozialen Netzwerks implementiert werden. Die Verknüpfung der Einsichten aus der empirischen Arbeit mit der Konstruktion eines analytischen Modells spiegelt das Potenzial der interdisziplinären Zusammenarbeit. Gleichzeitig stimulieren diese Befunde eine Neubewertung der Rolle peripherer Positionen eines Netzwerks für den Innovationsprozess.

Die Volkswirtschaft als Leistungsnetzwerk

Eine zweite Frage befasste sich mit dem Problem der Rentabilitätsunterschiede zwischen den Branchen der Volkswirtschaft. Bisherige Ansätze gehen stets davon aus, dass die Rentabilität einer Industrie bzw. eines Wirtschaftszweigs durch Merkmale der Industrie selbst geprägt ist, wie z. B. durch den Grad der Monopolisierung, die Existenz und den Einfluss von Gewerkschaften oder den Industrielebenszyklus. All diesen validen Faktoren ist gemein, dass sie Situationen innerhalb der Industrien beschreiben. Unsere Forschungen im Marsilius-Kolleg konzentrierten sich jedoch darauf, die Bedingungen außerhalb der unmittelbaren Industrie zu betrachten und die Position eines Wirtschaftszweigs im Netzwerk der gesamtwirtschaftlichen Güterströme als Erklärungsansatz zu bestimmen. Welchen Einfluss hat das Netzwerk der Leistungsverflechtungen in der Volkswirtschaft auf die Gewinne (Nettobetriebsüberschüsse) der einzelnen Wirtschaftszweige? Gemeinsam mit dem Mathematiker und Informatiker Gerhard Reinelt wurden zwei Ansätze verfolgt. Erstens gelang es mithilfe einer graphentheoretischen Triangulation, die Branchen der Gesamtwirtschaft



so linear in einer Reihe anzuordnen, dass der Güterfluss eine eindeutige Richtung besaß. Auf Basis dieser Rangreihenfolge konnte gezeigt werden, dass die Rentabilität der Branchen systematisch mit dem Rangplatz dieser Wertkette anstieg. Im zweiten Ansatz zeigte sich, dass die Rentabilität einer Branche in dem Maße anstieg, in dem die Branche einzigartige Lieferbeziehungen genoss. Je einzigartiger die Kombination von Beziehungen zu anderen Wirtschaftszweigen, desto größer der Nettobetriebsüberschuss dieses Zweigs. Wenngleich diese Einsichten vorläufigen Charakter haben, verweisen sie doch auf das komplementäre Erklärungspotenzial einer relationalen Perspektive und unterstreichen die Notwendigkeit eines tieferen Verständnisses der Wirkungen von Verflechtungsstrukturen auf wirtschaftliche Prozesse.

Zur Identifikation von Rollen in Netzwerken strategischer Allianzen

Die dritte Fragestellung ging der Frage nach, wie Akteure eines Netzwerks aufgrund ähnlicher Beziehungsstrukturen zu Klassen äquivalenter sozialer Rollen zusammengefasst werden können. Das netzwerkanalytische Konzept der regulären Äquivalenz beschreibt eine Situation, in der zwei Akteure identische Beziehungen zu ähnlichen anderen Akteuren haben: so zeichnen sich Führungskräfte des mittleren Managements z. B. dadurch aus, dass sie einerseits gegenüber ihrem Vorgesetzten weisungsgebunden und andererseits gegenüber ihren Mitarbeitern selbst weisungsbefugt sind. Die algorithmische Ermittlung rollengleicher bzw. rollenähnlicher Akteure in einem sozialen Netzwerk ist hierbei eine enorme Herausforderung und kann bislang nur für kleine Netzwerke gewährleistet werden. Die Marsilius-Kooperation hat in diesem Zusammenhang zwei wichtige Zwischenergebnisse erbracht. Erstens ist es gelungen, gegenüber den bestehenden Lösungen einen Algorithmus zu entwickeln, der bei kleinen Netzwerken genauere Lösungen mit weniger Zuordnungsfehlern liefert. Zweitens wurde die Methodik der regulären Äquivalenzanalyse im Verhältnis zum publizierten Forschungsstand erstmalig empirisch und nicht nur in Computersimulationen angewandt. Am Beispiel eines empirisch erhobenen Netzwerks strategischer Vertriebspartnerschaften zwischen Agenturen der Kreativwirtschaft in Deutschland ermöglichte es die entwickelte Methodik, eine Reihe von Hypothesen zur Rollenstruktur des Kooperationsnetzwerks zu prüfen. Hierbei wurden über ein komplexes Netzwerk mit

hundertern von Partnerschaften zwei grundsätzliche arbeitsteilige Kooperationsmodelle identifiziert, die zugleich neue Interpretationsangebote in der Theorie der Unternehmenskooperation lieferten.

Viele der hier angedeuteten Erkenntnisse wären ohne die in Mathematik, Informatik und Netzwerkmodellierung vorhandenen Kompetenzen, vor allem aber ohne die fruchtbare Zusammenarbeit mit meinen Kolleginnen und Kollegen nicht möglich gewesen. Und der Preis? Das Marsilius-Jahr war auch eine Herausforderung. Ob in den vielen Arbeitsbesprechungen, der Forschungszusammenarbeit, den wöchentlichen Seminare im Kolleg mit all den anderen Kollegen der Medizin, der Geistes-, Sozial- und Naturwissenschaften oder bei einem gemeinsamen Zeitungsinterview: immer wieder lernte ich, dass ‚meine‘ Begriffe in anderen Disziplinen anderes belegt sind: Was für den einen Theorie ist, gilt dem anderen als Methode; den einen treibt die Suche nach Wahrheit, die der andere gar nicht erst anerkennt; erfreut sich der eine am großen Ganzen, strebt der andere nach dem kleinen Besonderen. Gerade aber die Ergebnisoffenheit, die Aufgeschlossenheit der Fellows, der wöchentliche Jour fixe und die vielen Abenddiskussionen haben ein akademisches Klima und eine Zusammenarbeit erzeugt, wie man sie sich an einer Universität nur wünschen kann. Das Marsilius-Jahr hat die Bildung eines sozialen Netzwerks ermöglicht, dass vor allem eines bietet: zukünftige Gelegenheiten. Die begonnene Zusammenarbeit wird sowohl in der Lehre mit einer Veranstaltung im Rahmen der Marsilius-Studien (mit Katharina Zweig) als auch in der Forschung weitergedacht und zukünftig fortgesetzt.

Publikationen und Vorträge im Projektjahr

- Glückler, J. (2010): *The creation and diffusion of controversial innovations in the organizational periphery*. In: SPACES online Vol. 8, 2008-06, Toronto/Heidelberg; www.spaces-online.com.
- Glückler, J./ Reinelt, G. (2010): *Die Volkswirtschaft als Leistungsnetzwerk*. Vortrag im Marsilius-Kolleg, Universität Heidelberg.
- Zweig, K./ Panitz, R./ Glückler, J. (2010): *On the Diffusion of Controversial Innovations*. Working Paper, Universität Heidelberg.



Spätestens seit dem Zeitalter der Mechanisierung träumen Menschen von „intelligenten Maschinen“. Mit dem Aufkommen des Computers Mitte des 20. Jahrhunderts erhielten diese Träume neue Nahrung. Über Jahrzehnte hinweg versuchte man, jene Regeln zu identifizieren, die vermeintlich menschliches Denken leiten und diese in Computer einzubauen. Da dieser Strategie der erhoffte Erfolg verwehrt blieb, hat man sich auf einen vielleicht noch einfacheren, aber anscheinend besser funktionierenden Ansatz besonnen: das Maschinelle Lernen („machine learning“). Dessen Ziel ist es, aus einem Trainingsdatensatz historischer Beispiele mitsamt dem jeweils korrekten oder gewünschten Resultaten von selbst solche Regeln zu extrahieren, die es erlauben anschließend für neue Beispiele korrekte Vorhersagen zu machen. Diese Technik des „überwachten Lernens“ hat inzwischen eine Reife erlangt, die es erlaubt, auch in komplexen Situationen richtig zu reagieren. Einige Bekanntheit erlangte z. B. der fahrerlose Wagen „Stanley“, der 2005 ein Rennen über einen schwierigen, mehr als 200 km langen Parcours in der Wüste von Nevada gewann. Teile dieser Technologie werden sich demnächst auch auf unseren Straßen in Form von Brems-, Spurhalte- und anderen Sicherheitsassistenten in Serienfahrzeugen wiederfinden. In diesem Sinne ist das Maschinelle Lernen also eine durchaus segensreiche Erfindung. Auch in meiner eigenen Gruppe ist es ein wichtiges Werkzeug, um zur Lösung relevanter biologischer und industrieller Probleme beizutragen.

Das Maschinelle Lernen und seine Schattenseiten – Folgen für die Privatsphäre und die Ethik moderner Kriegführung

Fred Hamprecht

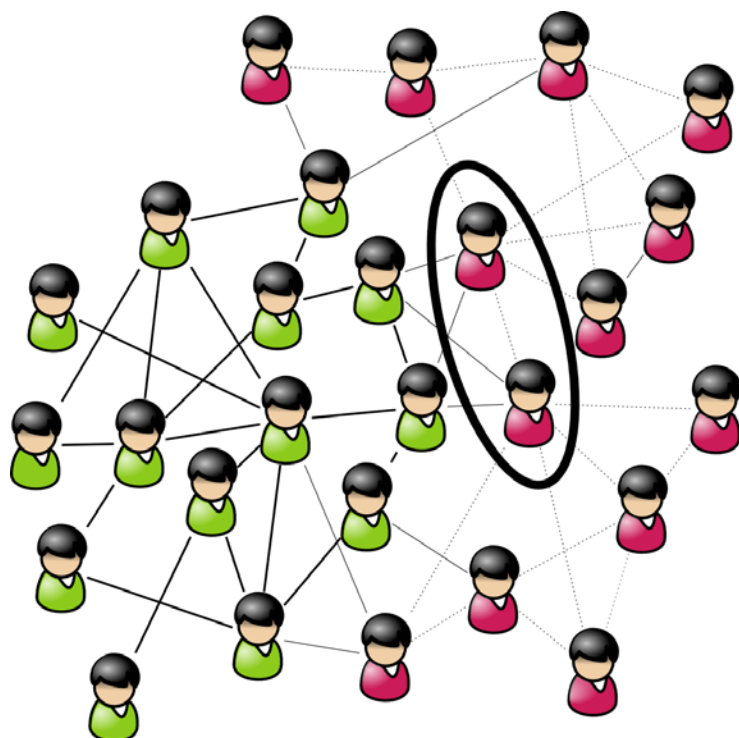
Ein so mächtiges Werkzeug kann natürlich auch missbraucht werden. Das Marsilius-Kolleg hat mir die Gelegenheit gegeben, zusammen mit anderen Kollegiaten zwei Anwendungsbereiche kritisch zu beleuchten.

Analyse sozialer Netzwerke

Erstaunlich viele Menschen kehren heute ihr Inneres nach Außen indem sie ihre Gedanken und Gefühle via Tweets oder Blogs dem Rest der Menschheit mitteilen, oder freiwillig ihre sozialen Kontakte oder gar ihren Aufenthaltsort offenbaren. Einerseits ist das ihr gutes Recht; andererseits beeinträchtigen sie

damit auch die informationelle Selbstbestimmung jener Zeitgenossen, die sich der möglichen Missbräuche bewusst sind und es vorziehen, das Private oder gar Intime zu wahren und zu schützen.

In der Diskussion mit den an der Netzwerkanalyse interessierten Kollegiaten (Zweig, Glückler, Reinelt) habe ich eine Zuspitzung dieses Konflikts herausgearbeitet, die zwei Ziele verfolgt: einerseits zu demonstrieren wie leistungsfähig Mustererkennungsmethoden heute sind, auch und gerade in der Analyse relationaler Daten; und andererseits zu zeigen, welche Brisanz die Freizügigkeit der einen für die Privatsphäre der anderen hat.



Das obenstehende Diagramm erläutert die Fragestellung. Die Mitglieder eines sozialen Netzwerks (bei Facebook gegenwärtig: mehr als 600 Millionen) sind in grün dargestellt, die Nicht-Mitglieder in violett. Zwischen den Mitgliedern

gibt es beidseitig bestätigte Kontakte, hier mit dicken Linien markiert. Die sozialen Kontakte der Nichtmitglieder sind punktiert gezeichnet. Wenn Mitglieder ihre Adressbücher öffnen (worum z. B. Facebook bei Eintritt bittet), verraten diese natürlich ihre Bekanntschaft mit Nicht-Mitgliedern. Schon das tangiert die Privatsphäre der in den Adressbüchern aufgeführten Nicht-Mitglieder. Dieser Sachverhalt ist einleuchtend und deswegen weitgehend bekannt. Frau Zweig und ich haben mit zwei Doktoranden die weitergehende Frage untersucht, ob moderne Mustererkennungsverfahren auch erlauben, Kontakte zwischen Nicht-(!) Mitgliedern korrekt vorherzusagen. Inzwischen müssen wir diese Frage bejahen. Tatsächlich existierende Kontakte zwischen Nicht-Mitgliedern können von einem großen sozialen Netzwerk wie Facebook mit hoher Wahrscheinlichkeit vorhergesagt werden. Wie ist das möglich?

Der wesentliche Grund ist einfach erklärt: betrachten wir zwei Nicht-Mitglieder A und B. A wird von einigen Mitgliedern gekannt und B ebenso. Wenn sich diese beiden Mengen stark überlappen besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass auch A und B sich kennen. Was genau „stark“ und was genau „hoch“ bedeuten, kann von Maschinellen Lernverfahren anhand eines Trainingsdatensatzes automatisch bestimmt werden. Neben dem Überlapp haben wir noch weitere 14 Merkmale definiert und diese alle gleichzeitig verwendet, um die Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, mit der zwei Nicht-Mitglieder sich kennen. In der gezeigten Skizze kann das beschriebene Merkmal nur einen der zahlreichen Kontakte zwischen den Nicht-Mitgliedern bestimmen. In realen sozialen Netzwerken ist dieser Anteil der vorhersagbaren Beziehungen sehr viel höher, da diese Netze anders strukturiert sind: der durchschnittliche Facebook Benutzer etwa hat 120 „Freunde“ von denen er faktisch mit 20 in regelmäßigem Austausch steht. Echte soziale Netzwerke sind also komplexer vernetzt als oben gezeigt.

Zusammenfassend weiß also der Betreiber eines großen sozialen Netzwerks nicht nur vieles über seine Mitglieder, sondern – wenn er die Verfahren des Maschinellen Lernens beherrscht – auch über jene Menschen, die die bewusste Entscheidung gefällt haben, ihre Beziehungen für sich zu behalten. Die genaue von uns entwickelte Vorhersagemethodik ist in einem Manuskript beschrieben, das bald eingereicht wird. Darin plädieren wir für eine Schutzklausel, die von Nicht-Mitgliedern beansprucht werden kann um sich gegen eine Analyse ihrer Bekanntschaften zu wehren.

Maschinelles Lernen als Waffentechnik

Computer sind schon heute unverzichtbare Elemente von Militärvehikeln, Drohnen und Marschflugkörpern. Wir sind jetzt jedoch Zeugen einer Umwälzung, die den Computern immer weitergehende Entscheidungsbefugnisse überlässt. Einzelne Hersteller bewerben schon jetzt bewaffnete Drohnen, die „vollständig autonome Missionen“ zu fliegen in der Lage sind – das heißt, ohne den menschlichen Controller auskommen, der wie bisher per Fernsteuerung lenkt und angreift. Die zunehmende Aufspreizung von Ursache und Wirkung führt zu langen Kausalitätsketten und damit auch zu unscharfen (moralischen) Verantwortlichkeiten.

Es ist mit Sicherheit davon auszugehen, dass zukünftig nicht ferngesteuerte, sondern „selbständige“ Roboter auf Menschen schießen werden. Einerseits handelt es sich dabei „nur“ um die konsequente Fortschreibung des Bemühens, den Gegner zu besiegen ohne dabei selbst Schaden zu nehmen. Andererseits wirft es eine ganze Reihe ethischer Probleme auf. Ich bin der Meinung, dass sich die Industrienationen diesen Fragen stellen sollten und in Analogie zu den Genfer Protokollen den Kriegseinsatz von autonomen Robotern verbieten oder zumindest eindeutig regeln sollten.

Zusammenfassung

Maschinelles Lernen eröffnet der Bildverarbeitung neue Horizonte und ist daher ein Grundpfeiler meiner fachlichen Arbeit. Die sehr anregende Zeit im Marsilius-Kolleg hat es mir im Dialog mit den Kollegiaten erlaubt, in einem neuen Anwendungsfeld – der Netzwerkanalyse – zu experimentieren und dabei auch die Schattenseiten auszuloten.

Ausblick

Die gewonnenen fachlichen Erkenntnisse will ich u. a. nutzen, um mit Herrn Draguhn (Neurophysiologie) in einem zukünftigen Schwerpunktprogramm des Exzellenzclusters „Cellular Networks“ in der Analyse neuronaler Zellverbände

zusammenzuarbeiten. Im Gespräch mit Herrn Meier (Ur- und Frühgeschichte) hat sich gezeigt, dass einige unserer Bildverarbeitungsmethoden sich für die Analyse der ihn interessierenden Katasterkarten eignen. Ein entsprechendes Programm werden wir entwickeln. Mit Herrn Klein (Soziologie) und Frau Zweig (Graphentheorie) werde ich in der Diskussion bleiben um weitere Netzwerke, hier: das des elektronischen Beziehungsmarkts, zu analysieren.

Ich freue mich darauf, den Nutzen des Maschinellen Lernens in den genannten Gebieten zu evaluieren.