

Standardisierungstheorie und Netzeffekte:

***Agent-Based Computational Economics* als wirtschaftsinformatischer Beitrag zu einer interdisziplinären Netzwerktheorie**

Tim Weitzel, Wolfgang König

Institut für Wirtschaftsinformatik, J. W. Goethe-Universität
Mertonstr. 17, 60054 Frankfurt am Main, Germany
[tweitzel|wkoenig}@wiwi.uni-frankfurt.de](mailto:{tweitzel|wkoenig}@wiwi.uni-frankfurt.de)

Standardisierungstheorie und Netzeffekte: *Agent-Based Computational Economics* als wirtschaftsinformatischer Beitrag zu einer interdisziplinären Netzwerktheorie

Kernpunkte für das Management

Standards ermöglichen Kompatibilität und konstituieren Netzwerke. Die Existenz von Netzeffekten macht die Koordination von Netzwerken wie Intranets, Softwaremärkten oder allgemeiner IuK-Infrastrukturen schwierig. Ein vielversprechender Rahmen für eine hierzu notwendige und ebenso theoretisch umfassende wie praxisrelevante Netzwerktheorie als eine Kernaufgabe der Wirtschaftsinformatik liegt in der Erweiterung eines grundsätzlich ökonomisch fundierten Vorgehens um

- Interdisziplinäre Beiträge, z. B. aus der Soziologie insbesondere zur Berücksichtigung der institutionellen Einbettung der Netzwerkakteure in ihre individuellen Entscheidungsumgebungen bei beschränkter Rationalität
- sowie das Forschungsparadigma der *agent-based computational economics* (ACE) zur Beschreibung der komplexen gegenseitigen Abhängigkeiten von Mikro- (Akteur) und Makrostruktur (Netz).

Stichworte: Standard, Netzwerk, Netzeffekt, interdisziplinär, agent-based computational economics, ACE, Institution

Zusammenfassung:

In Informationsnetzen wie Intranets, Supply Chains oder EDI-Netzwerken stellen Standards Kompatibilität her und sind damit Grundlage der Realisierung von Kooperationsvorteilen. Standards konstituieren Netzwerke. Entsprechend bilden Entscheidungen über den Einsatz von Standards einen wichtigen Aufgabenbereich des betrieblichen Informationsmanagements.

In diesem Beitrag wird argumentiert, dass die Entwicklung einer hierfür anwendbaren, umfassenden Netzwerktheorie als eine Kernaufgabe der Wirtschaftsinformatik angesehen wird. Ein vielversprechender Rahmen wird in der Erweiterung eines grundsätzlich ökonomisch (nutzen- und gleichgewichtstheoretisch) fundierten Vorgehens um interdisziplinäre Beiträge wie z. B. aus der Soziologie sowie um das Forschungsparadigma der *agent-based computational economics* (ACE) gesehen. Damit können insbesondere die institutionelle Einbettung der sozioökonomischen Netzwerkakteure sowie beschränkte Akteursrationalität und damit die komplexen gegenseitigen Abhängigkeiten von Mikro- (Akteur) und Makrostruktur (Netz) berücksichtigt werden.

Standardization and Network Effects

Abstract

Standards provide for compatibility and can therefore constitute networks. A possible contribution of the discipline of IS is transcending traditional economic network analysis by incorporating an interdisciplinary view on networks with economic utility maximization and an agent-based computational economics (ACE) approach. In doing so, the complex dynamics in networks occasioned by the existence of network effects and socially situated agents with bounded rationality can be modelled using computational laboratories. This provides an important step towards evaluating and develop alternative socioeconomic structures with regard to their effects on individual behavior and social welfare.

Keywords: Standard, network, network effect, interdisciplinarity, agent-based computational economics, ACE, institution

1 Einleitung

"Standards are to the industry as culture is to society". Mit diesen Worten eröffnete Shri C. Rajagopalachari, erster Generalgouverneur Indiens nach der Unabhängigkeit 1948, seine Rede bei einer Konferenz über Standards und Qualitätskontrolle in Kalkutta [Raja49, 11]. In Informationsnetzen wie Intranets und EDI-Netzwerken stellen Standards Kompatibilität her und sind damit Grundlage der Realisierung von Kooperationsvorteilen. Standards konstituieren Netzwerke [BuWK99]. Die Bedeutung effizienter Koordinationsmechanismen sowie die hiermit einhergehende Bedeutung von Kommunikationsstandards haben Vernetzungsprobleme in den Fokus öffentlichen wie akademischen Interesses gerückt. Entsprechend bilden Entscheidungen über den Einsatz von Standards einen wichtigen Aufgabenbereich des betrieblichen Informationsmanagements, da die gemeinsame Nutzung von Standards Voraussetzung für den Informationsaustausch und damit für jede Art von Vernetzung ist. Die Abhängigkeit des Nutzens eines Standards von den Standardisierungsentscheidungen der Kommunikationspartner impliziert ein Koordinationsproblem, das Standardisierungsproblem [Wies90, 1] [BeFa94, 118] [Buxm96] [BuWK99]. Beispiele für Standardisierungsprobleme finden sich in Systemen, in denen Kompatibilität der Systemelemente bedeutsam ist, wie z. B. in Intranets oder allgemeiner als Problem des Aufbaus von IuK-Infrastrukturen. Netzeffekte beschreiben Interdependenzen zwischen Akteuren als positive Abhängigkeit des einem Netzeffektgut individuell zugemessenen Wertes von seiner Verbreitung [KaSh85]. Aus einer theoretischen Perspektive zerstören Netzeffekte als eine Form von Externalitäten die neoklassische Synchronisation individueller und kollektiver Entscheidungen. Um diese Problematik zu adressieren, sehen wir eine Herausforderung für die Wirtschaftsinformatik in der Entwicklung von Beiträgen zu einer umfassenden Theorie der Netzwerke.

In diesem Beitrag wird argumentiert, dass ein vielversprechender Rahmen für eine Netzwerktheorie in der Erweiterung eines grundsätzlich ökonomisch fundierten Vorgehens um interdisziplinäre Beiträge sowie das Forschungsparadigma der *agent-based computational economics* (ACE) liegt. Aufbauend auf einem Überblick über die Kernaussagen der Netzeffekttheorie sowie ihre Probleme (Kapitel 2) wird die grundsätzliche Fragestellung hinter Standardisierungs- und Vernetzungsproblemen in einen neoklassischen Analyserahmen eingeordnet und ein entsprechender Forschungsbedarf identifiziert (Kapitel 3). Anschließend stellen wir mit ACE ein Forschungskonzept vor, das in einem interdisziplinären Kontext viele der identifizierten Probleme geeignet adressieren kann. Erste Ergebnisse (Kapitel 4) belegen dies.

2 Netzeffekte als theoretische Grundlage

Für viele Märkte gilt, dass Kaufentscheidungen eines Konsumenten die Entscheidungen anderer beeinflussen. In der klassischen ökonomischen Literatur werden derartige Interdependenzen wie *Bandwagon*-, *Snob*- und *Veblen*effekte ausführlich diskutiert [Leib50] [CeKa82]. Darüber hinaus unterliegen bestimmte Märkte sog. Netzeffekten, die sich aus der Forderung nach Kompatibilität ergeben. Verschiedene methodische Ansätze stellen die Netzeffektdiskussion auf eine vergleichsweise breite, allerdings bislang keineswegs einheitliche oder abgeschlossene Basis. Empirische Arbeiten versuchen, die Existenz und Höhe von Netzeffekten durch Regressionsanalysen nachzuweisen und hedonische Preisfunktionen für Netzeffektgüter zu schätzen [Gand94] [Gröh99]. Theoretische Arbeiten bestehen meist aus Gleichgewichtsanalysen zur Untersuchung von Start-up-Phänomenen [Roh174] [OrSm81] [KaSh85] [KaSh94] [Wies90] [BeFa94], Marktversagen [FaSa85] [FaSa86] [KaSh86] [KaSh94] [Gröh99], Instabilitäten in Netzeffektmärkten ("tippy networks") [Arth89] [Arth96] [BeFa94] [FaSa85] [KaSh94] [ShVa98] sowie Pfadabhängigkeiten oder nicht-ergodischen Diffusionsprozessen [Davi85] [Arth89] [BeFa94] [KaSh94] [LiMa95]. Eine ausführliche Übersicht sowie verwandte Literatur aus angrenzenden Bereichen (etwa Actor Network Theory, Infrastrukturtheorien, Herstellerstrategien und wettbewerbliche Implikationen) bietet [Weit03] [WeWW00], eine reichhaltige Online-Bibliographie [Econ00].

Während die *Netzeffekttheorie* vornehmlich Eigenschaften von Netzeffektmärkten wie insbesondere des Softwaremarktes und ihren Einfluss auf Existenz und Effizienz von Gleichgewichten respektive typische aus Kompatibilitätserfordernissen resultierende Koordinationsprobleme untersucht, zielen *Diffusionsmodelle* auf die Prognose der Adoption von Innovationen oder auch der Verbreitung von Krankheiten [WWWK03]. Dabei wird in der Regel versucht, von der Nutzeranzahl einer Vorperiode auf die Folgeperiode zu schließen. Zumal wenn soziale Interaktion bzw. Kommunikation zwischen (prospektiven) Nutzern bedeutsam für die Verbreitung von Innovationen ist, ist beiden Domänen die Problematik der gegenseitigen Abhängigkeiten von Mikro- und Makroeffekten gemeinsam, die in Abschnitt 3 genauer untersucht wird. Zusammenfassend sind dies die wichtigsten Ergebnisse der traditionellen Netzeffekt- und Diffusionstheorie:

☞☞ Netzeffekte implizieren multiple Gleichgewichte. Ein Lock-in des Marktes in eine (Monopol-) Technologie ist zu erwarten. Häufig sind diese Marktlösungen pareto-inferior (vulgo Marktversagen) [Arth89] [KaSh85] [KaSh86] [Thum95].

☞☞ Netzmärkte (Softwaremärkte) sind typischerweise instabil, das heißt, dass rivalisierende Technologien selten längerfristig koexistieren und dass der Umschwung zugunsten eines Gewinners sehr plötzlich erfolgen kann [BeFa94, 118] [ShVa98, 176].

☞☞ Ein Start-up-Problem verhindert den Wechsel auf überlegene Technologien. “Excess inertia” (Unterstandardisierung) resultiert aus der Tatsache, dass keiner das überproportionale Risiko des ersten Technologienutzers eingehen möchte [FaSa85] [FaSa86] .

☞☞ Ebenso kann es zu Überstandardisierung (“excess momentum”) kommen, wenn beispielsweise durch intertemporale Preisstrategien (z. B. niedrige Einstiegspreise der anbietenden Firmen) rasch eine kritische Nutzermasse aufgebaut werden soll [FaSa86].

Während die traditionellen Ansätze erheblich zum Verständnis vieler einzelner (makroökonomischer) Probleme beitragen konnten, scheitern sie regelmäßig an der Erklärung der beobachtbaren Vielfalt realer Diffusionsprozesse von Standards, insbesondere in den äußerst dynamischen IuK-Märkten [Scho95, 46-50]. Zudem wird die spezifische Interaktion von Nutzern mit ihrem sozio-ökonomischen Umfeld sowie die potenzielle dezentrale Koordination von Netzakteuren vernachlässigt. Als Resultat lassen sich bedeutungsvolle Phänomene moderner Netzeffektmärkte wie z. B. die Koexistenz verschiedener IT-Produkte trotz starker Netzeffekte nicht abbilden und es gibt kaum Ansätze zur (dezentralen) Lösung von Standardisierungsproblemen, zumal aus Anwendersicht. Eine systematische Kritik der bestehenden Netzeffektliteratur lässt Verbesserungsbedarf insbesondere in folgenden Bereichen feststellen:

☞☞ Ungenaue Unterscheidung von direkten und indirekten Netzeffekten trotz unterschiedlicher ökonomischer Implikationen [KaSh94] [LiMa94].

☞☞ Empirische Defizite beim Nachweis von Marktversagen; allgemeiner: Schwierigkeiten einer sinnvollen Definition von „heilbarem Marktversagen“ bei unvollständiger Information und rationalen Akteuren (eine gängige Annahme in Netzeffektmodellen) [LiMa90].

☞☞ Unrealistische Annahme kontinuierlich steigender, homogener Netzeffekte und Vernachlässigung von steigenden Netzeintrittskosten [LiMa95].

☞☞ Fehlende Unterscheidung zentral und dezentral koordinierter Netze bzw. der institutionellen Einbettung der Akteure; fehlende normative Kraft der Modelle, insbesondere bei dezentraler Koordination; Vernachlässigung des Einflusses der individuellen Netzwerkumgebung auf die Übernahmeentscheidung [WeWW00] [West03].

Neben einer reduzierten Erklärungskraft traditioneller Ansätze machen diese offenen Probleme eine Übertragung der Ergebnisse auf realwirtschaftliche Entscheidungsprobleme individueller Akteure, etwa bei der Gestaltung elektronischer Märkte, dem Aufbau und der Koordination von Wertschöpfungsnetzwerken und firmeneigenen Intranets, schwierig. Insbesondere interdisziplinäre Ansätze, die Erkenntnisse aus Disziplinen wie der Soziologie, Geographie und Medizin in die Netzwerkforschung einzubringen suchen, können vielversprechende Wege aufzeigen, die Erklär- und Gestaltungskraft einer zukünftigen, umfassenden Theorie der

Netzwerke zu erhöhen. Im nächsten Kapitel diskutieren wir, welchen Beitrag eine wirtschaftsinformatische Netzwerktheorie zu einer bislang hauptsächlich ökonomischen Netzeffekttheorie leisten kann.

3 Wirtschaftsinformatische Fundierung einer Netzwerktheorie?

Eine Ökonomie ist ein evolvierendes dezentrales System autonomer interagierender Agenten. Das Ziel einer Ökonomie besteht dabei in der pareto-optimalen Güterallokation. Wenn bestimmte Annahmen insbesondere bzgl. der individuellen Nutzenmaximierung sowie weiterer Eigenschaften des homo oeconomicus gelten, kann gezeigt werden, dass der Marktmechanismus „leistet“, also die Wohlfahrtstheoreme gelten und die Verfolgung der Individualziele der Agenten mit dem Kollektivziel der Ökonomie synchron läuft [HiKi76]. Vor diesem Hintergrund besteht ein übergeordnetes Ziel der Wirtschaftswissenschaften in Gestaltung und Nachweis der Effizienz von Mechanismen zur Koordination von Austauschbeziehungen. Ein Großteil der Netzeffekttheorie basiert implizit auf diesem neoklassischen Analyserahmen, den sie eben um die Berücksichtigung von Netzeffekten zu erweitern anstrebt. Unter anderem setzt die Neoklassik die Nicht-Existenz von Externalitäten, vollständige Rationalität ihrer Akteure, beliebige Teilbarkeit der Güter, konkave Nutzenfunktionen sowie die Nichtexistenz von Transaktionskosten voraus, wobei die Netzeffekttheorie v. a. die erste Annahme zu relaxieren sucht [WeWW00]. Implizit akzeptieren viele Modelle die neoklassische Grundannahme, dass alle Agenten nicht nur ihren eigenen Aktionsraum und ihre Nutzenfunktion explizit kennen, sondern dass sie darüber hinaus ein vollständiges, realistisches Modell der gegenwärtigen Allokation, Aktionsräume und Nutzenfunktionen aller anderen Agenten haben. Dies ist in einer reinen Tauschökonomie vernachlässigbar und führt noch immer zu eindeutigen, pareto-effizienten Gleichgewichten, wenn wir nur mit den jeweils direkten (lokalen) Nachbarn handeln, allerdings leider nur dann, wenn es keine Externalitäten oder Unteilbarkeiten gibt. Daneben unterliegen realweltliche Akteure anderen informationellen und institutionellen Beschränkungen (z. B. strategische und statistische Unsicherheit [Will85]) [Haye37] [Haye94, 117]. Ein prominentes soziologisches Argument zur Verwendung nicht-ökonomischer Methoden und Theorien und damit der Überwindung des homo oeconomicus liegt in der Komplexität sozioökonomischer Interaktionsmuster („social patterns of human interaction transcend reductionist economic agendas“ [Alst97]). Die Problematik wird in dem dem homo oeconomicus ("a generic individual distinguished not by sex, ethnicity, religion, age, or any other social characteristic" [BiHa93, 480]) zugrundeliegenden Konzept des methodologischen Individualismus gesehen.

3.1 Ansätze einer interdisziplinären Netzwerktheorie

Es wurde deutlich, dass eine umfassende Netzwerktheorie sich Herausforderungen jenseits der traditionellen Wirtschaftswissenschaften stellen muss. Interessante Ansätze finden sich im Bereich der Institutionentheorien der verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen, welche die obige Kritik konzeptionell teilen. Dabei werden „Institutionen“ als beispielsweise Property Rights, Verträge oder auch Traditionen angesehen, welche die Aufgabe haben, Unsicherheit und damit Koordinationskosten zwischen Agenten zu reduzieren.

In der sozialwissenschaftlichen Forschung haben sich institutionalistische Forschungsansätze in den letzten 10-15 Jahren dort durchgesetzt, wo gefragt wird, weshalb verschiedene Länder oder Regionen, aber auch verschiedene kollektive Akteure und private Wirtschaftsunternehmen auf vergleichbare technisch-ökonomische Entwicklungen mit unterschiedlichen Maßnahmen reagiert haben, und weshalb vergleichbare Maßnahmen unterschiedliche Wirkungen erzielen [SFB00, Kap. 1.1.3.1]. Einen reichhaltigen Überblick über verschiedene institutionalistische Forschungsansätze bietet [Esse99]. Im Kontext Netzwerkanalyse betrachten Institutionentheorien aus den verschiedenen Disziplinen analoge Phänomene wie die Bedeutung der sozioökonomischen und institutionellen Einbettung der Agenten (s. u.) als wichtige Erklärgröße des Systemverhaltens (Institutionenökonomie [Will85] [Nort90] [Hodg88], politikwissenschaftlicher Neo-Institutionalismus [HaTa96], institutionalistische Organisationssoziologie [Grano85]). Zum Konzept sozialer Einbettung („social embeddedness“) siehe [Vebl19] [Pola44] [Gran85].

Die Grundannahmen der Institutionenökonomie bezüglich Akteursverhalten sind beschränkte Rationalität, opportunistisches Verhalten sowie Nutzenmaximierung. Dies wird als grundlegend zur Erklärung sozioökonomischer Systeme gesehen und eine Verhaltensfokussierung gefordert: "Since institutional economics is behavioristic, and the behavior in question is none other than the behavior of individuals while participating in transactions, institutional economics must make an analysis of the economic behavior of individuals" [Comm31, 654]. Damit ist der ökonomische Institutionalismus noch immer dem methodologischen Individualismus verhaftet (soziale Prozesse und (das Entstehen von) Institutionen können prinzipiell mit Rekurs auf Individualentscheidungen erklärt werden). Eine hiermit verbundene Kritik lautet, dass insbesondere aufgrund von Pfadabhängigkeiten, also der Bedeutung historisch-institutioneller Evolution [Arth89], Agenten mit beschränkter Rationalität keinesfalls optimale Institutionen gestalten könnten [Nort90].

Im Gegensatz zu institutionalistischen Ansätzen in den Wirtschaftswissenschaften wird in der Soziologie eine Trennung von entscheidendem Agent und dessen Umwelt auf Grund der aus sozialer Einbettung resultierenden Komplexität abgelehnt. Hier wird wie oben beschrieben der mit dem homo oeconomicus verbundene methodologische Individualismus zur Beschrei-

bung der komplexen sozioökonomischen Wirklichkeit als nicht angemessen gesehen. Es scheint somit eine notwendige Bedingung für eine durch Soziologen und Ökonomen gemeinsam zu entwickelnde und zu tragende Netzwerktheorie zu sein, die *beschränkte Akteursrationalität, Unsicherheit und unvollständige Information* und die *soziale Einbettung der Akteure* zu berücksichtigen. Innerhalb dieses Rahmens muss dann die Überwindung disziplinärer Diskrepanzen zwischen dem methodologischen Individualismus (*homo oeconomicus*) und der sozialwissenschaftlichen Makroperspektive (*homo sociologicus*) als Herausforderung angegangen werden. Aus ökonomischer Sicht ist vor allem die verbreitete Nichtmodellierung individuellen Akteursverhaltens problematisch. Hier kann die Spieltheorie einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie im Gegensatz zu entscheidungstheoretischen Modellen weniger isolierte Individualentscheidungen als vielmehr die Interdependenzen zwischen bestimmten Entscheidungen modelliert, wodurch auch die Unterscheidung zwischen Mikro- und Makromodellen verschwindet. Bedauerlicherweise strebt ein Großteil der traditionellen Spieltheorie eine analytische Deduktion ihrer Theoreme aus grundlegenden Verhaltensannahmen an und setzt sich damit dem Vorwurf starker Realitätsferne aus bzw. disqualifiziert sich so für die Analyse hochkomplexer Systeme, wie sie etwa oft bei Existenz von Netzeffekten vorliegen. Einen wertvollen Beitrag können hier die *evolutiven Ansätze der Spieltheorie* [Auma94] leisten, die neben einer Rekonstruktion der traditionellen Gleichgewichtstheorie gerade für Fragestellungen diskreter Interaktionsbeziehungen einen adäquaten formalen Rahmen darstellen und welche die Erklärung der Evolutionsdynamik, wie dies von Sozial- und Politikwissenschaftlern verlangt wird [Esse99], zum Ziel haben.

3.2 Agent-Based Computational Economics

Diese gedanklichen Ansätze haben zusammen mit jüngeren Entwicklungen im Bereich der *complex adaptive systems* eine neue Forschungsrichtung motiviert, die mithilfe von Simulationsmodellen auf immer leistungsstärkeren Computern emergentes Systemverhalten interagierender Softwareagenten untersucht. Die Forschungsrichtung der *agent-based computational economics* (ACE) [Vrie96] [Vrie99] verwirft die vollständige Rationalität des *homo oeconomicus* zugunsten lernender Individuen und suchtheoretischer Modelle evolutiver Multiagentensysteme: "*agent-based computational economics is the computational study of economies modeled as evolving systems of autonomous interacting agents*" [Tesf02b, 55-56]. Die optimale Aktion eines Agenten *i* zur Zeit *t* wird modelliert als Funktion individuellen Akteurswissens zu diesem bestimmten Zeitpunkt. Grundsätzlich kann durch ACE die soziale Einbettung der Akteure bzw. der Prozess der Institutionalisierung modelliert und somit ein grundsätzlicher Rahmen der sozialen Netzwerkanalyse geboten werden: "*One principal concern of ACE researchers is to understand why certain global regularities have been observed to evolve and persist in decentralized market economies despite the absence of top-down*

planning and control (...). The challenge is to demonstrate constructively how these global regularities might arise from the bottom up, through the repeated local interactions of autonomous agents" [Tesf02b]. Das ACE-Paradigma strebt also eine dezentrale Erklärung des Entstehungsprozesses von Institutionen, Regeln, Verhaltensmustern und der Evolution von (Sozial-) Normen an. Für die normative Netzwerkanalyse im Sinne einer Spielregelgestaltung verwendet ACE "computational laboratories within which alternative socioeconomic structures can be studied and tested with regard to their effects on individual behavior and social welfare" [Tesf02b].

Drei aktuelle ACE-Sonderausgaben internationaler Zeitschriften [Tesf01a-c] bezeugen die Einsatzbreite des Forschungsansatzes: „(i) Learning and the embodied mind; (ii) evolution of behavioral norms; (iii) bottom-up modeling of market processes; (iv) formation of economic networks; (v) modeling of organizations; (vi) design of computational agents for automated markets; (vii) parallel experiments with real and computational agents; and (viii) building ACE computational laboratories" [Tesf02a]. <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/aapplic.htm> bietet einen guten Einstieg in die unterschiedlichen Anwendungen. Im Kontext von Beiträgen zu einer wirtschaftsinformatischen Netzwerktheorie durch ACE ist insbesondere die Anwendung „*formation of economic networks*“ bedeutsam, da hier die Frage der Auswahl der Transaktionspartner fokussiert wird, was letztlich die Entstehung des Kooperationsnetzwerkes zwischen diesen Agenten bestimmt.

Die Wirtschaftsinformatik kann mit dem ACE-Programm einen wichtigen Baustein zu einer Netzwerktheorie leisten, indem sie derart die in der traditionellen Ökonomie lange diskutierten [Haye48] komplexen, doppelseitigen Abhängigkeiten zwischen Mikro- und Makrostrukturen als Reaktion auf die Notwendigkeit der Abbildung sozial und informational eingebetteter Akteure möglicherweise subtiler beschreiben und „exekutieren“ und somit neue Beiträge zur dezentralen Koordination „vernetzter“ Agenten leisten kann [Tesf02, 55].

4 Aktuelle Forschungsergebnisse

Auf Grund der Existenz multipler Gleichgewichte in Netzwerken und der ihnen eigenen evolutiven Dynamik haben wir einen agentenbasierten Netzwerkanalyseansatz vorgeschlagen. Die spieltheoretische Modellierung individueller Anreizsituationen von Netzwerkagenten im Zusammenspiel mit ihren evolvierenden informationellen und sozialen Umwelten erlaubt die Entwicklung von „Bottom-up-Ökonomien“, sodass das letztendliche Systemverhalten aus einer Menge von Individualentscheidungen ohne eine explizite Globalplanung und damit unter vergleichsweise realistischen Annahmen entstehen kann. Erste Anwendungen dieses Ansatzes erlaubten bislang eine Berücksichtigung wichtiger Erkenntnisse aus anderen Disziplinen wie insbesondere Soziologie, Geografie und auch Medizin im Rahmen einer grundsätzlich

ökonomischen Netzwerkanalyse [West03] [WWWK03] und konnten Hinweise zu Existenz und Effizienz von Gleichgewichten in Kooperationsnetzen liefern [WeBK03]. Hierdurch wurden die Erklärungskraft der Modelle deutlich erhöht, die Anwendbarkeit verbessert und ein vielversprechender Weg für die weitere Forschungsarbeit aufgezeigt. Ein Beispiel ist die Berücksichtigung von Konzepten wie Meinungsführerschaft [CoMK57], Gruppendruck und persönlicher Netzwerkdichte durch entsprechende Netzwerktopologien zur besseren Erklärung der Diffusion von technologischen Innovationen [West03]. Ebenso gibt es etliche relevante Proximitäts- und Zentralitätskonzepte für Netzwerke in der nichtökonomischen Literatur [Free79] [Boll88], die bislang keinen Eingang in die Netzwerkforschung gefunden haben. Eine interdisziplinäre Ergänzung traditioneller Diffusionsmodelle um geografische und soziologische Distanzmaße im Rahmen eines computerbasierten Netzwerkmodells wurde zur Prognose der Diffusion von Innovationen auf dem Softwaremarkt und zur Entwicklung von Bepreisungsstrategien für Softwareanbieter eingesetzt. Insbesondere konnte so die tatsächliche Marktstruktur des amerikanischen und deutschen Office-Software-, EDI- und ERP-Marktes recht präzise durch das Modell erklärt werden [West03]. Ebenso beschreibt [Weit03] auf der Grundlage einer spieltheoretischen Gleichgewichtsanalyse im Rahmen eines ACE-Ansatz viele wichtige Aussagen der traditionellen Netzeffekttheorie als Spezialfälle eines übergreifenden Netzwerk-Rahmenmodells bei ganz bestimmten Konstellationen von Netzwerkdeterminanten wie Preis, Netzwerkstruktur (Topologie und Dichte), Anzahl alternativer Technologien, Entscheidungsreihenfolge und *installed base*.

Durch diese Ansätze gelingt es, realweltliche Phänomene wie die Koexistenz inkompatibler Produkte trotz starker Netzeffekte, sehr unterschiedliche Installed-base-Effekte und Ineffizienzen in Netzwerken zu erklären. Eine besondere Herausforderung für die zukünftige Forschung sehen wir in der weiteren Verzahnung physischer und sozialer Netzwerke und dem Aufdecken weiterer Abhängigkeiten zwischen ihnen. Ein weit zukünftiges Ziel könnte in einem generischen Modell liegen, das gleichermaßen die Dynamik in physischen Wertketten und soziale Netzwerke wie Gesellschaften abbilden und durch die Synchronisation dieser unterschiedlichen Netzwerkebenen optimieren kann, ein Modell eben, in dem nicht mehr gilt „agents in these models have (...) little room to breathe“ [Tesf02a].

Literatur

- [Alst97] Alstyn, M. van: The state of network organization: a survey in three frameworks. In: Journal of Organizational Computing, 7(3) (1997).
- [Arth89] Arthur, W.: Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. In: The Economic Journal, 99 (March 1989), S. 116-131.
- [Arth96] Arthur, W.: Increasing returns and the new World of business. In: Harvard Business Review, 74 (July-August 1996), S. 100-109.

- [Auma94] Aumann, R.; Hart, S. (eds.): Handbook of Game Theory, vol. 2. Amsterdam 1994.
- [BeFa94] Besen, S.; Farrell, J.: Choosing How to Compete: Strategies and Tactics in Standardization. In: Journal of Economic Perspectives, vol. 8 (1994) 2, S. 117-131.
- [BiHa93] Biggart, N.; Hamilton, G.: On the Limits of a Firm-Based Theory to Explain Business Networks: The Western Bias of Neoclassical Economics. In: Nohria, N.; Eccles, R. (eds.): Networks and Organizations. Boston 1993, S. 471-491.
- [Boll88] Bolland, J.: Sorting out centrality: An analysis of the performance of four centrality models in real and simulated networks. In: Social Networks, 10(3), S. 233-253.
- [BrWh85] Braunstein, Y.; White, L.: Setting technical compatibility standards: An economic analysis. In: Antitrust Bulletin, vol. 30 (1985), S. 337-355.
- [BuWK99] Buxmann, P.; Weitzel, T.; König, W.: Auswirkung alternativer Koordinationsmechanismen auf die Auswahl von Kommunikationsstandards. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Ergänzungsheft 02/99 Innovation und Absatz, S. 133-151.
- [Buxm96] Buxmann, P. (1996): Standardisierung betrieblicher Informationssysteme. Wiesbaden 1996.
- [CeKa82] Ceci, S.; Kain, E.: Jumping on the bandwagon: The impact of attitude polls on polling behaviour. In: Public Opinion Quarterly, 46, S. 228-242.
- [CoMK57] Coleman, J.; Menzel, H.; Katz, E.: The diffusion of an innovation among physicians. In: Sociometry, 20, S. 253-270.
- [Comm31] Commons, J.: Institutional Economics. In: American Economic Review, vol. 21 (1931), S. 648-657.
- [Davi85] David, P.: Clio and the economics of QWERTY. In: American Economic Review, Papers and Proceedings, vol. 75, S. 332-337.
- [Econ00] Economides, N.: An interactive bibliography on the economics of networks and related subjects. <http://www.stern.nyu.edu/networks/biblio.html>, Abruf am 2003-05-15.
- [Esse99] Esser, J.: Institutionalistische Forschungsansätze als mögliche Basis einer interdisziplinären theoretischen Vereinheitlichung des SFB "Vernetzung als Wettbewerbsfaktor am Beispiel der Region Rhein-Main", SFB Arbeitsbericht 99-43. J. W. Goethe-Universität, Frankfurt am Main 1999.
- [FaSa85] Farrell, J.; Saloner, G.: Standardization, Compatibility, and Innovation. In: Rand Journal of Economics 16, 1985, S. 70-83.
- [FaSa86] Farrell, J.; Saloner, G.: Installed Base and Compatibility: Innovation, Product Pre-announcements, and Predation. In: The American Economic Review, vol. 76, no. 5 (December 1986), S. 940-955.
- [Free79] Freeman, L.: Centrality in social networks: Conceptual clarification. In: Social Networks, 1, S. 215-239.
- [Gand94] Gandal, N.: Hedonic price indexes for spreadsheets and empirical test for network-externalities. In: Rand Journal of Economics, vol. 25 (1994), no. 1, S. 160-170.
- [Gidd88] Giddens, A.: Die Konstitution der Gesellschaft. Grundzüge einer Theorie der Strukturierung. Frankfurt a. M./New York 1988.
- [Gran85] Granovetter, M.: Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness. In: American Journal of Sociology 91, S. 481-510.
- [Gröh99] Gröhn, A.: Netzeffekte und Wettbewerbspolitik. Eine ökonomische Analyse des Softwaremarktes. Kieler Studien 296, Tübingen.

- [HaCF77] Haggett, P.; Cliff, A.; Frey, A.: Location Models. volume I and II, 2nd edition. London 1977.
- [HaTa96] Hall, P.; Taylor, R.: Political Science and the three Institutionalisms. In: Political Studies, vol. 44, no. 5 (Dez. 1996), S. 936-957.
- [Haye37] Hayek, F.: Economics and Knowledge. In: *Economica*, 4 (1937), S. 33-54.
- [Haye48] Hayek, F.: Individualism and economic order, Chicago 1948.
- [Haye94] Hayek, F.: Rechtsordnung und Handelsordnung. In: ders., Freiburger Studien. Tübingen 1994.
- [HiKi76] Hildenbrand, W.; Kirman, A.: Introduction to equilibrium analysis. Amsterdam 1976.
- [Hodg88] Hodgson, G.: Economics and Institutions. Cambridge 1988.
- [KaSh85] Katz, M.; Shapiro, C.: Network externalities, competition, and compatibility. In: *The American Economic Review*, vol. 75, no. 3 (Juni 1985), S. 424-440.
- [KaSh86] Katz, M.; Shapiro, C.: Technology adoption in the presence of network externalities. In: *Journal of Political Economy*, vol. 94 (1986), no. 4, S. 822-841.
- [KaSh94] Katz, M.; Shapiro, C.: Systems Competition and Network Effects. In: *Journal of Economic Perspectives*, Spring 1994, 8, S. 93-115.
- [Leib50] Leibenstein, H.: Bandwagon, snob, and Veblen effects in the theory of consumers demand. In: *Quarterly Journal of Economics*, 64 (2), S. 183-207.
- [LiMa90] Liebowitz, S.; Margolis, S.: The fable of the keys. In: *Journal of Law and Economics*, vol. 33 (1990), S. 1-25.
- [LiMa94] Liebowitz, S.; Margolis, S.: Network Externality: An Uncommon Tragedy. In: *The Journal of Economic Perspectives*, Spring 1994, S. 133-150.
- [LiMa95] Liebowitz, S.; Margolis, S.: Path Dependence, Lock-In, and History. In: *Journal of Law, Economics and Organization*, April 1995, 11, S. 205-226.
- [Nort90] North, D.: Institutions, Institutional Change And Economic Performance. Cambridge 1990.
- [OrSm81] Oren, S.; Smith, S.: Critical Mass and Tariff Structure in Electronic Communications Markets. In: *Bell Journal of Economics*, Autumn 1981, 12, S. 467-87.
- [Pola44] Polanyi, K.: The Great Transformation. Boston 1944.
- [Powe90] Powell, W.: Neither Market Nor Hierarchy: Network Forms of Organization. In: *Research in Organizational Behavior* 12 (1990), S. 295-336.
- [Raja49] Rajagopalachari, C.: Inaugural address at Conference on standardization and quality control (February 1948 in Calcutta). In: *ISI Bulletin*, vol. 1 (1949), S. 8-14.
- [Rohl74] Rohlfs, J.: A theory of interdependent demand for a communications service. In: *Bell Journal of Economics* 5(1), 1974, S. 16-37.
- [Scho95] Schoder, D.: Erfolg und Misserfolg telematischer Innovationen. Wiesbaden 1995.
- [SFB00] SFB: Vernetzung als Wettbewerbsfaktor am Beispiel der Region Rhein-Main: Ergebnisbericht des Sonderforschungsbereiches 403, J. W. Goethe-Universität. Frankfurt am Main 2000.
- [ShVa98] Shapiro, C.; Varian, H.: Information rules: A strategic guide to network economy. Boston 1998.
- [Tef01a] Tesfatsion, L. (guest ed.): Special issue on agent-based computational economics. *Computational Economics* 18(1), 1-135.

- [Tef01b] Tesfatsion, L. (guest ed.): Special issue on agent-based computational economics. *Journal of Economic Dynamics and Control* 25(3-4), 281-654.
- [Tef01c] Tesfatsion, L. (guest ed.): Special issue on the agent-based modelling of evolutionary economic systems. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 5(5), 437-560.
- [Tef02a] Tesfatsion, L.: Agent-based computational economics: growing economics from the bottom up. In: *Artificial Life* 8 (2002), 55-82.
- [Tef02b] Tesfatsion, L. (2002): Agent-based computational economics. <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/ace.htm>, Abruf am 2003-05-15.
- [Thum95] Thum, M.: *Netzwerkeffekte, Standardisierung und staatlicher Regulierungsbedarf*. Tübingen 1995.
- [Vebl19] Veblen, T.: *The Place of Science in Modern Civilisation and Other Essays*. New York 1919.
- [Vrie96] Vriend, N.: Rational Behavior and Economic Theory. In: *Journal of Economic Behavior and Organization* 29 (1996), S. 263-285.
- [Vrie99] Vriend, N.: Was Hayek an ACE?. Working Paper 403, Queen Mary and Westfield College, University of London, UK, May 1999. Auch: *Southern Economic Journal*, 68 (4), S. 811-840.
- [Weit03] Weitzel, T.: *Economics of Standards in Information Networks*. New York, Heidelberg 2003.
- [WeBK03] Weitzel, T.; Beimborn, D.; König, W.: *Coordination In Networks: An Economic Equilibrium Analysis*. In: *Information Systems and e-Business Management (ISeB)*, Springer 2003.
- [WeWW00] Weitzel, T.; Wendt, O.; Westarp, F.v.: Reconsidering Network Effect Theory. In: *Proceedings of the 8th European Conference on Information Systems*, S. 484-491.
- [WWWK03] Weitzel, T.; Wendt, O.; Westarp, F.v.; König, W.: Network Effects and Diffusion Theory: Extending Economic Network Analysis. In: *The International Journal of IT Standards & Standardization Research (JITSR)* 1 (2003) 2.
- [West03] Westarp, F.v.: *Modeling Software Markets - Empirical Analysis, Network Simulations, and Marketing Implications*. Heidelberg 2002.
- [Wies90] Wiese, H.: *Netzeffekte und Kompatibilität*. Stuttgart 1990.
- [Will85] Williamson, O.: *The Economic Institutions of Capitalism*. New York 1985.