

Katz Shapiro 2.0 - Netzwerkeffekte aus der
Sicht agentenbasierter Simulation

Seminararbeit am Lehrstuhl Finanzwissenschaft

Prof. Dr. Marcel Thum

Technische Universität Dresden

Michael Schlauch 3692671

Tim Lukas Kirsch 3791375

Betreuende Mitarbeiterin: Christine Arnsmeier

01.05.2014

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	2
1 Netzwerkeffekte allgemein	3
2 Kritik am Shapiro-Katz Modell	4
2.1 Annahmen auf der Nachfrageseite: die Funktion des Netzwerkeffektes.	5
2.2 Annahmen auf der Angebotsseite - Kostenfunktion	8
variable Kosten	8
fixe Kosten	9
2.3 Intertemporale Aspekte: ein reduzierter Erwartungsbegriff	12
3 Eine agentenbasiertes Modell für die Simulation von Netzwerkeffekten	13
3.1 Theorie - die Kaufbereitschaft der einzelnen Agenten aus Netzwerkeffekten	14
3.2 Agentenbasierte Simulation mit Netlogo	17
Kaufentscheidungen des Käufer-Agenten	17
Firmenstruktur, Marktaustritt	20
3.3 Testdurchlauf, Untersuchung heterogener Netze	21
4 Schlussfolgerungen	25

Abbildungsverzeichnis

1	Die Funktion v in Abhängigkeit der Netzwerkgröße	6
2	Fixkosten als Markteintrittsbarriere	11
3	Die Aggregation der Netzwerkeffektfunktion	15
4	Ausgangssituation nach Setup der Agenten-Simulation	17
5	Erstdurchlauf der Simulation	23
6	Zustand Modellwelt bei Kompatibilität	24

1 Netzwerkeffekte allgemein

In den letzten 30 Jahren, haben Netzwerke in den Wirtschaftswissenschaften zunehmend an Bedeutung gewonnen. Einer der wesentlichen Gründe für diese Entwicklung sind die Netzwerkeffekte. Die ersten theoretischen Überlegungen und statischen Modelle zu diesen Effekten postulierten Katz und Shapiro (1985) und Farrell und Saloner (1985). Wenn wir von Netzwerkeffekten reden, dann meinen wir externe Effekte auf der Nachfrageseite, das heißt die Steigerung der Kaufbereitschaft aufgrund der Teilnahme an einem wachsenden Netzwerk. Eine genauere Abgrenzung der Netzwerkeffekte gegenüber Netzwerk Externalitäten und Preiseffekten auf Basis einer technologischen Entwicklung liefern Liebowitz und Margolis (1994).

Allgemein wird in der Literatur zwischen direkten und indirekten Netzwerkeffekten unterschieden, beispielsweise bei Katz und Shapiro (1985, S. 424). Ein oft verwendetes Beispiel für direkte Netzwerkeffekte sind Telekommunikationsnetzwerke. In diesen steigt der Nutzen jedes einzelnen Teilnehmers durch einen neuen Benutzer und die damit einhergehende physische Erweiterung des Netzwerkes.

Indirekte Netzwerkeffekte treten häufig in Form des Software-Hardware-Paradigmas auf. Dabei ist die Variabilität und der Preis von Softwareprodukten abhängig von der Größe des Netzwerkes an Nutzern mit kompatibler Hardware. Gleichzeitig treffen diese Nutzer ihre jeweilige Kaufentscheidung basierend auf der erwarteten Anzahl aller Käufer dieser Hardware, um von dem oben genannten Effekt zu profitieren. Dieses Paradigma beschränkt sich allerdings nicht nur auf das System aus Soft- und Hardware, sondern ist genauso auf Kreditkartennetzwerke und Automobile in Verbindung mit kompatibelem Servicenetzwerk anwendbar. Mit dem Wettbewerb und Netzwerkeffekten innerhalb solcher Systeme beschäftigen sich Katz und Shapiro (1994). In diesem Papier werden nachfolgend Netzwer-

keffekte im Rahmen des Modells von Katz und Shapiro (1985) betrachtet und verschiedene Annahmen dieses Modells kritisch hinterfragt und diskutiert.

2 Kritik am Shapiro-Katz Modell

Das Modell von (Katz und Shapiro, 1985) ist ein erster Versuch, das auftreten von Netzwerkeffekten innerhalb eines theoretischen Modells darzustellen. Hierzu verwendeten die Autoren ein statisches, ein-periodisches und oligopolistisches Modell, ohne Berücksichtigung von Einkommenseffekten.

Der Nutzen, welchen die Konsumenten zu maximieren versuchen, ergibt sich dabei in Abhängigkeit der erwarteten Gesamtanzahl an Nutzern eines bestimmten Produktes. Die Konsumenten treffen eine Kaufentscheidung dann basierend auf ihrem erwarteten Nutzen und der Produktpreise. Innerhalb des Modells wird die Erwartungsbildung der Konsumenten und die Funktion des Mehrnutzens aus dem Netzwerkeffekt stark vereinfacht und eingeschränkt. (Katz und Shapiro, 1985, S. 426)

Die Firmen nehmen in dem Modell die Erwartungen der Konsumenten als gegeben hin und setzen ihre Preise entsprechend. Wenn beide Firmen positiven Umsatz machen, müssen die hedonischen Preise, der Preis korrigiert um den Nutzen des jeweiligen Netzwerkeffektes, aller Firmen gleich sein. Die Kostenfunktionen der Firmen werden stark vereinfacht, in dem die fixen Kosten als nicht relevant angenommen und die variablen Kosten gleich null gesetzt werden, da dies durch eine Verrechnung mit der Basiskaufbereitschaft der Konsumenten gleichzusetzen sei. Berücksichtigt werden nur teilweise die Kosten zum Erreichen von Kompatibilität. (Katz und Shapiro, 1985, S. 427)

Nachfolgend werden die Annahmen zur Funktion des Netzwerkeffektes und zu den Kostenfunktionen genauer betrachten. Außerdem wird auf die zeitliche Statik des Modells und den reduzierten Erwartungsbegriff eingegangen.

2.1 Annahmen auf der Nachfrageseite: die Funktion des Netzwerkeffektes.

Ein Bestandteil der hier dargestellten Nutzenfunktion, die jeder Konsument nach Katz und Shapiro (1985, S. 427) für seine Kaufentscheidung heranzieht, ist der Anteil der Kaufbereitschaft, der aus dem persönlichen Netzwerkeffekt v hervorgeht. Der individuelle Nutzen durch Kauf eines Produktes mit dem Preis p der Firma i beträgt:

$$r + v(y_i^e) - p_i \tag{1}$$

Nach Katz und Shapiro (1985, S. 427) entspricht die Größe dieses Bestandteils einer Kurve, dessen erste Ableitung stets größer als 0 ist und dessen zweite Ableitung kleiner als 0 ist. Der Grenzwert der ersten Ableitung beträgt für eine unendliche Netzwerkgröße Null. Damit wird der zusätzliche marginale Netzwerkeffekt pro hinzukommenden Benutzer eines Netzes mit zunehmender Größe des Netzes kleiner. Es gibt also eine bestimmte Schwelle, ab der die zusätzlich gewonnene Kaufbereitschaft durch einen zusätzlichen Teilnehmer im Netzwerk vernachlässigbar klein im Verhältnis zur Basis-Kaufbereitschaft r wird. Diese Schwelle bezeichnen wir als Sättigungspunkt.

Katz und Shapiro (1985) haben in ihrem Modell diese Kurve als für alle Konsumenten identisch angenommen. Sie gehen in ihrer ursprünglichen Arbeit jedoch nicht weiter darauf ein, wie diese Kurve zu Stande kommt. An dieser Stelle wollen wir untersuchen, welche Auswirkungen unterschiedliche Eigenschaften innerhalb der von Shapiro-Katz vorgegebenen Bedingungen haben können. Insbesondere soll untersucht werden, was eine frühe Sättigung oder eine späte Sättigung impliziert.

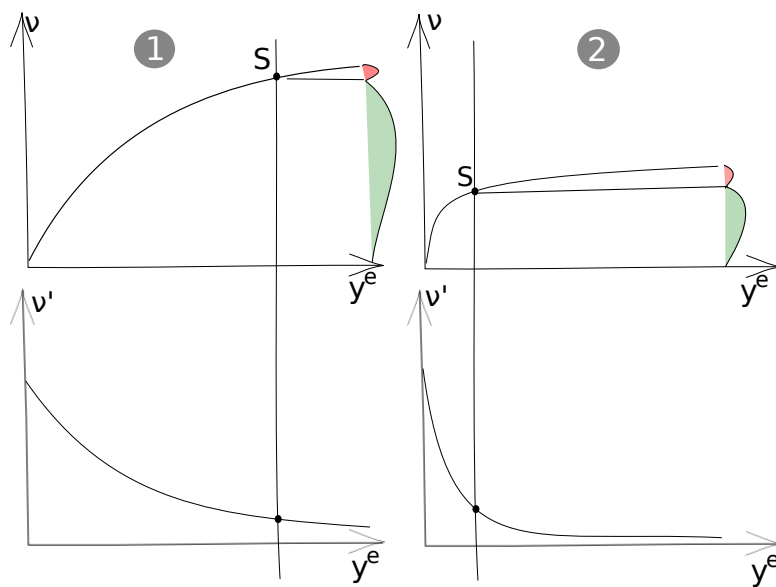


Abbildung 1: Die Funktion v in Abhängigkeit der Netzwerkgröße: die Abbildung zeigt, wie die von Katz und Shapiro spezifizierte Netzwerkeffektfunktion und ihre Ableitung einmal in der Variante 1 mit später Sättigung und in der Variante 2 mit früher Sättigung aussehen kann. Beim Erreichen des Sättigungspunktes generieren die nachfolgend hinzukommenden Teilnehmer einen vernachlässigbaren Nutzen (rot).

Wenn wir uns die beispielhafte Veranschaulichung der Kurve des Netzwerkeffekts in der Abbildung 1 ansehen, so sehen wir dort zwei Varianten dieser Kurve samt ihrer ersten Ableitung. Bei der ersten hält der Netzwerkeffekt auch bei einer großen Anzahl von Teilnehmern lang an, bei der zweiten tritt die Sättigung sehr früh ein. Die Netzwerkgröße, ab der der marginale Netzwerkeffekt vernachlässigbar wird, hat eine enorme Bedeutung für die Kaufentscheidungen und somit für die Relevanz der Netzwerkeffekte. Katz und Shapiro (1985, S. 427) haben den Sättigungspunkt S zunächst beliebig angenommen, indem sie ihn nicht erwähnten.

Dabei hat es enorme Auswirkungen, ob der Netzwerkeffekt nach dem 10. zusätzlichen Teilnehmer beginnt, sich signifikant abzuschwächen oder erst bei einer Netzwerkgröße y_i^e von 100000. Im ersten Falle könnten viele kleine Netzwerke in der Größenordnung von 10 bis 100 Teilnehmern bestehen, da eine darüber hinausgehende Teilnehmerzahl keinen relevanten Einfluss mehr hat. Im zweiten Falle ist der maximal mögliche Netzwerkeffekt so einflussreich auf die Kaufentscheidung, dass in einer Population in der Größenordnung einer Stadt womöglich nur noch eine oder zwei Netzwerke von dominanten Firmen existieren. Dies resultiert, je nach Kompatibilität der beteiligten Firmen, in einer monopolistischen bzw. oligopolistischen Marktstruktur (Katz und Shapiro, 1985, S. 431).

Die Beschaffenheit der Funktion $v(y_i^e)$ hat folglich eine große Bedeutung für Untersuchungen der Nachfrage- und Angebotsstruktur von Märkten mit Produkten, die besagte Netzwerkeffekte erzeugen. Die in einem nachfolgendem Abschnitt erbrachten Überlegungen für eine agentenbasierte Modellierung solcher Marktstrukturen stellt einen Beitrag dar, die Herkunft, Beschaffenheit und Größe des Netzwerkeffektes genauer zu erklären.

2.2 Annahmen auf der Angebotsseite - Kostenfunktion

Im Zusammenhang mit den enormen Auswirkungen einer frühen bzw. spät eintretenden Sättigung stehen weitere Größen, die im Modell von Shapiro- Katz nicht untersucht wurden. Neben dem oben postulierten Erklärungsbedarf auf der Nachfrageseite gibt es auch auf der Angebotsseite offene Fragen und Größen, dessen Auswirkungen für das Marktergebnis bzw. das Eintreten eines Marktversagens relevant sind. Das bereits das Einführen von einfachsten Kostenfunktionen eine direkte Auswirkung auf zentrale Aussagen des Modells hat zeigte bereits Stahn (1998) in seiner Kritik des Artikels von Katz und Shapiro (1985).

variable Kosten

Katz und Shapiro (1985) haben in ihrer grundlegenden Arbeit Unterschiede in der Kostenfunktion der Firmen vollständig vernachlässigt bzw. nur näher untersucht, wenn es um die Kosten der Kompatibilität geht. Mit Hinblick auf die normale Produktion werden sowohl Fixkosten als auch variable Kosten auf Null gesetzt (Katz und Shapiro, 1985, S. 427). Die Vernachlässigung der variablen Kosten begründen Katz und Shapiro (1985, S. 427) „ohne Verlust der Allgemeingültigkeit“ damit, dass die basilare Kaufbereitschaft nunmehr die übrigbleibende Kaufbereitschaft nach Abzug der variablen Kosten darstellt. Damit stellt der errechnete Preis nicht mehr den vollständigen Preis dar, sondern nunmehr den Preisanteil, der der Firma Gewinn bringt. Bei Katz und Shapiro (1985, S. 427, Gleichung 5) gilt dies für alle Firmen gleichermaßen. Dies hat zur Folge, dass im Modell nicht abgebildet wird, dass unterschiedliche Firmen unterschiedliche variable Kosten (Stückkosten) aufweisen und langfristig mit unterschiedlichen Preisen profitabel sein können. Interessant wird diese Tatsache in Berechnungen, die versuchen, herauszufinden, wann eine unbekannte Firma, deren Verbreitungsgrad als niedrig bewertet wird (kleiner erwarteter Netzwerkeffekt), durch niedrige Stückkosten (und damit einen

absolut niedrigeren möglichen, d.h. noch profitablen Preis) ihren Nachteil gegenüber einen bekannteren Mitbewerber mit höheren variablen Kosten (und damit höheren minimalen Preis langfristig zumindest) wett macht.

Im Modell von Katz und Shapiro (1985) wird über derartige transitorische Erscheinungen bis hierhin wenig ausgesagt. Dem langfristigen Ergebnis, dass die Firmen zwangsweise einen gleichen sogenannten „hedonischen“ Preis, der den gleichen Nutzen erzeugt, haben, wird eine sehr große Bedeutung zugeschrieben.

Nach Katz und Shapiro (1985, S. 427, Gleichung 2) definiert sich der hedonischer Preis zu:

$$p_i - v_i = p_j - v_j \quad (2)$$

Diese Annahme wird später sehr wichtig für die Bestimmung der Netzwerkgrößen und Absatzmengen im Gleichgewicht der „erfüllten Erwartungen“, d.h. dort wo die Erwartungen über die Netzwerkgröße der einzelnen Firmen den sich ergebenden Netzwerkgrößen entsprechen. Der erwartete hedonische Preis für alle Firmen soll dann der resultierende sein (Katz und Shapiro, 1985, S. 428).

Diese Annahmen erweisen sich als starke Vereinfachung, wenn man beachtet, dass die im Ergebnis oft diskutierten monopolistischen bzw. oligopolistischen Marktstrukturen sich fernab der vollkommenen Konkurrenz bewegen und dass unterschiedliche firmenspezifische Kaufbereitschaften heterogener Konsumenten nicht derart als einzelne Gleichung darstellbar sein würden. Weiterhin kann eine unvollständige Information der Marktteilnehmer verzerrte Erwartungen erzeugen, die ein langfristiges statisches Gleichgewicht verhindern.

fixe Kosten

Im folgenden wollen wir die fixen Kosten diskutieren, die im normalen Produktionsprozess auftreten und keinen Einfluss auf die Kompatibilität haben. Kosten

zur Erlangung von Kompatibilität durch Erwerb von Lizenzen oder dem Bau von Adaptern sind bei Katz und Shapiro ebenfalls fix (Katz und Shapiro, 1985, S. 427). Die Vernachlässigung zugrunde liegender Fixkosten im Produktionsprozess, die in jeder Periode anfallen können, haben Katz und Shapiro (1985, S. 427) schlicht zur Vereinfachung des Modells angenommen, ohne darauf einzugehen, von welchen Bedienungen die Legitimität einer solchen Vereinfachung abhängt. Das Modell von Katz und Shapiro kann die Vernachlässigung der Fixkosten diesmal nicht durch eine simple Umdefinierung beheben, so wie es im vorherigen Fall der variablen Kosten geschehen ist. Ein Grund für die Vernachlässigung der Auswirkungen von Fixkosten als Markteintrittsbarriere vor Allem für kleinere Firmen ist mitunter, dass diese Auswirkungen nicht ohne Komplizierung des Modells und die Einführung weiterer Größen abgebildet werden können. Um abzuschätzen, wie bedeutsam Fixkosten in einer Periode sind, ist es wichtig zu wissen, in welcher Größenordnung die minimale durchschnittliche Größenordnung eines Netzwerkes ist, welche sich aus der Lage des Sättigungspunktes ableitet. Die Abbildung 2 zeigt den Unterschied des zu erwartenden Umsatzes zwischen einer frühen Sättigung, d.h. kleinen Netzwerken mit vielen möglichen Firmen, die diese dominieren, und einer späten Sättigung, d.h. große Netzwerke mit wenigen dominierenden Firmen. Die Flächen in der Abbildung 2 stellen das Produkt aus der anzunehmenden minimalen Netzwerkgröße und dem Preis dar, d.h. den Mindestumsatz, bei dem ein Netzwerk aus kompatiblen Firmen konkurrenzfähig zu anderen Firmen ist. Diese Konkurrenzfähigkeit ergibt sich daraus, dass beim Überschreiten des Sättigungspunktes die Größenunterschiede der Netzwerke immer unbedeutender werden. Selbst wenn die Firmen untereinander inkompatibel sind und jeweils ein Netzwerk für sich dominieren, dann ist es durchaus fatal, wenn die Fixkosten, die pro Periode anfallen, größer sind als möglichen Erlöse an der Schwelle zur Konkurrenzfähig-

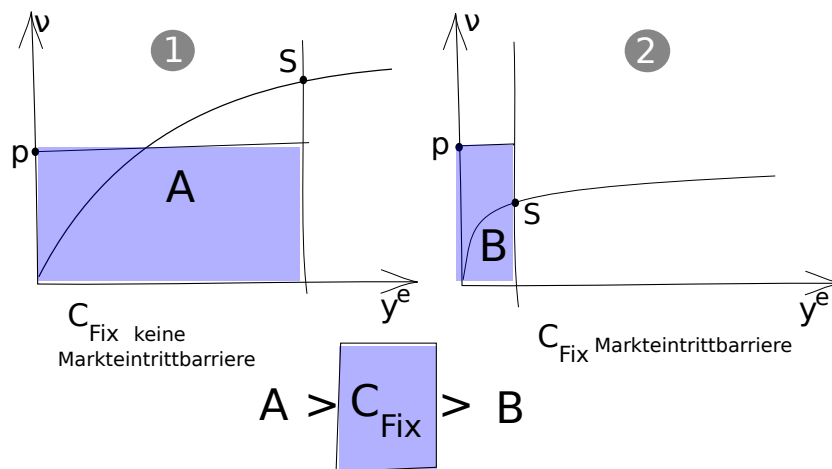


Abbildung 2: Fixkosten als Markteintrittsbarriere: während im Fall 1 der Umsatz bzw. Reingewinn A im Vergleich zu den Fixkosten groß genug ist, dass diese keine Markteintrittsbarriere darstellen, generiert im Fall 2 eine in einem sehr kleinen Netzwerk dominierende Firma nicht genug Umsatz B , um die Fixkosten C_{fix} zu decken.

keit. Im letzteren Falle stellen die fixen Kosten eine nicht zu vernachlässigende Markteintrittsbarriere dar.

Sind Netzwerke eher klein, d.h. der Netzwerkeffekt wird früher gesättigt und mehrere Firmen können gleichzeitig in verschiedenen Netzen dominieren, dann haben hohe Fixkosten in Relation zu einer kleinen Anzahl an Erlösen eine enorme Auswirkung auf die Marktstruktur. Die Relevanz von Fixkosten nimmt mit zunehmender Netzwerkgröße ab.

Allerdings erfordern Netzwerküter typischerweise einen hohen fixen Entwicklungs- und Investitionsaufwand, der maßgeblich für einen Markteintritt ist. Gerade deshalb ist es wichtig, solche transitorische Situationen zu untersuchen, in denen es neue Markteintritte und -austritte gibt und wo bestimmte Markteintrittsstrategien abzuwägen sind. Oft kritisiert wird an neoklassischen Modellen wie das von Katz und Shapiro, dass diese Ereignisse in eine „schwarze Box

“gelegt werden und diese nicht zu erklären versuchen (Liebowitz und Margolis, 1994, S. 145).

Die Existenz von Fixkosten führen dazu, dass einige Firmen bewusst Verluste in einer Eintrittsphase eingehen - mit dem Kalkül, dass sich bei Erreichen einer bestimmten Schwelle von Kunden im firmeneigenen Netzwerk wiederum Gewinne einstellen. Dabei ist es nicht nötig, dass der Preis sich ändert, wenn der steigende Netzwerkeffekt die Nachfrage vergrößert.

Das Modell von Katz und Shapiro blendet die Möglichkeit, dass Firmen unter Stückkosten verkaufen und Verluste eingehen, solange bis ihr Startkapital (Kreditrahmen) aufgebraucht ist, einfach aus. Intertemporale Aspekte und Eintrittsstrategien können zwar mit spieltheoretischen Ansätzen untersucht werden, erreichen aber sehr schnell eine für einfache Gleichungssysteme zu hohe Komplexität.

2.3 Intertemporale Aspekte: ein reduzierter Erwartungsbegriff

Katz und Shapiro (1985, S. 439) betonen selbst am Schluss ihrer Grundlagen-Arbeit, dass es der Untersuchung von dynamischen, intertemporalen (periodenbasierten) Aspekten bedarf, um das Verhalten von Märkten mit Netzwerkeffekten zu verstehen. Diese Notwendigkeit wird ersichtlich, wenn man versucht, den Erwartungsbegriff zu deuten, mit dem Katz und Shapiro ihr Modell unterfüttern. Die Herkunft von Erwartungen über die Netzwerkgröße, an welchen Firmen teil haben, wird nicht versucht zu erklären. Stattdessen bilden die Konsumenten im statischen Modell von Katz und Shapiro (1985, S. 426) „zuerst“ die Erwartungen. Diese werden dann im „Absatz-Spiel“ der Firmen als gegeben angenommen. Obwohl sie die Herkunft der Erwartungen nicht definieren und vage lassen, geben sie durch ihren Sprachgebrauch zu erkennen, dass die Erwartungen über den Erfolg von Firmen vom bisherigen Erfolg einer Firma abhängt: z.B sei IBM durch dessen Bekanntheit als Marktführer erfolgreich im Verkauf von PCs gewesen (Katz und

Shapiro, 1985, S. 439). Damit besitzt jedoch eine der Hauptaussagen der Arbeit von Shapiro Katz einen tautologischen Charakter: es heißt, in den meisten Fällen, d.h. in Märkten mit mehr als zwei unterschiedlich großen Firmen (asymmetrisches Oligopol), erreichen die Firmen, von denen erwartet wird, dass sie erfolgreich sind, den größeren Marktanteil (Katz und Shapiro, 1985, S. 432). Nimmt man weiterhin an, dass es umgekehrt jene Firmen mit hohem Marktanteil sind, von denen erwartet wird, dass sie eine große Teilnehmerzahl im eigenen Netzwerk besitzen, dann vervollständigt sich die Schlussfolgerung des Modells in jenem banalem Satz, dass große Firmen langfristig groß bleiben und kleine Firmen klein. Der Nachteil einer statischen Analyse, die die Dimensionen Raum und Zeit außer Acht lässt, wird spätestens hier ersichtlich.

3 Eine agentenbasiertes Modell für die Simulation von Netzwerkeffekten

Aus den vorhergehenden Überlegungen ist ersichtlich geworden, an welchen Stellen das Modell von Shapiro-Katz erweitert werden muss. Die wichtigste Neuerung besteht darin, die aus Erwartungen über den nützlichen Netzwerkeffekt hervorgehende Kaufbereitschaft differenziert und im Hinblick auf den Faktor Zeit zu betrachten. Die Nachteile einer statischen Analyse, die auf stark vereinfachten Gleichungssystemen beruht und daraus ihre Schlussfolgerungen zieht, sind im Bezug auf Shapiro-Katz in der Vergangenheit bereits herausgestellt worden (Liebowitz und Margolis, 1994). Eine agentenbasierte Simulation geht einen anderen Weg: nach der Definition des Verhaltens der verschiedenen Agenten, die den Zustand des Systems beeinflussen, wird in Echtzeit, d.h. Periode für Periode, simuliert, welche Folgen für das Gesamtsystem sich daraus ergeben. Dies macht es möglich, transitorische, evolutorische Übergangssituationen, in denen die Rahmenbedingungen

sich ständig ändern, und Interaktionen zwischen den Marktakteuren realitätsnah zu simulieren (Grebel und Pyka, 2003, vgl. S. 10). In unserem Fall sind die ständig sich ändernden Rahmenbedingungen die individuelle Erwartungshaltung über die Netzwerkgröße der spezifischen Firmen.

Im Folgenden sollen die Grundzüge eines solchen Modells zur agentenbasierten Simulation herausgestellt werden. Eine von den Autoren erstellte Implementierung mit der Simulationsumgebung NetLogo steht ebenfalls in der aktuellen Entwicklungsversion unter der Adresse https://github.com/mschlauch/agentbasedsimulation_networkeffects_with_personal_networks bereit.

3.1 Theorie - die Kaufbereitschaft der einzelnen Agenten aus Netzwerkeffekten

Liebowitz und Margolis (1994, S. 144) deuten in ihrer Arbeit an, dass die Relevanz von Netzwerkeffekten in solchen Märkten überschätzt wird, in denen Personen imstande sind, im eigenen Freundes- bzw. Kontaktkreis für Kompatibilität zu sorgen. Die Netzwerkeffekte würden dort durch die Interaktion von Teilnehmern internalisiert. Die Kaufentscheidung der eigenen Kontakte beeinflusst die eigene Kaufentscheidung bis zu dem Punkt, an dem z.B. Arbeitskollegen nach einer gewissen Anzahl von Versuchen sich kollektiv für die optimale Netzwerkprodukt entscheiden. Unter dieser Voraussetzung ist es möglich, dass zahlreiche Firmen im jeweils unterschiedlichen Bekanntenkreisen (Netzwerken) dominieren. Ein Marktversagen, ausgelöst durch das Vorhandensein von Netzwerkeffekten, sei in diesem Fall weniger wahrscheinlich.

Betrachten wir diese Situation aus der Perspektive des Modells von Shapiro und Katz, so steht die Relevanz von engen Bekanntenkreisen analog zu einer Netzwerkeffektfunktion $v(y_i^e)$ mit einem frühen Sättigungspunkt. Hat sich die eigene Arbeitsgruppe, z.B. Programmierer, auf eine geeignete Programmiersprache

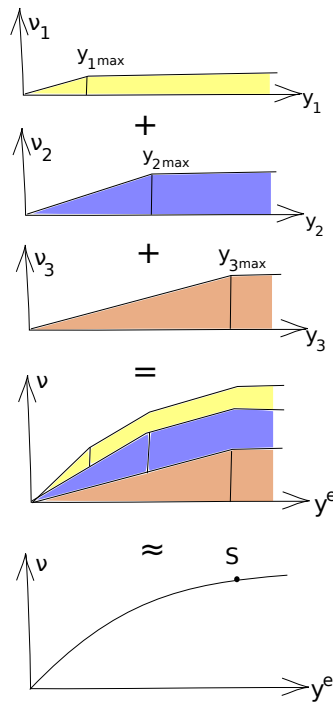


Abbildung 3: Die Aggregation der Netzwerkeffektfunktion: in der Abbildung werden die erhaltenen Netzwerkeffekte von drei Personen bei dem Hinzukommen von anderen Personen (in identischer Reihenfolge) aggregiert. Die anfänglich hinzukommenden Netzwerkteilnehmer haben mit allen drei Personen eine relevante Beziehung, während die letzten nur noch eine Beziehung mit Person 3 bzw. gar keine Beziehungen mehr aufweisen. Am Anfang ist der Anstieg des aggregierten Netzwerkeffektes stärker als am Schluss, analog zu Shapiro-Katz.

geeignet, so spielt dessen Adaption außerhalb der Arbeitsgruppe nur noch eine untergeordnete Rolle.

Die Abbildung 3 zeigt prinzipiell, wie sich die aggregierte Funktion $v(y_i^e)$ aus der Sicht von individuellen Agenten bzw. Konsumenten herleiten könnte. Die Gesamtfunktion v stellt eine Addition aller persönlich erhaltenen Netzwerkeffekte dar, dabei wird ihr Betrag durch die Division mit der Anzahl der Agenten normalisiert. Damit stellt v die Funktion des Netzwerkeffektes in Abhängigkeit der Netzwerkgröße eines repräsentativen, durchschnittlichen Konsumenten dar. Nehmen wir an, ein individueller Konsument steigert seine Kaufbereitschaft für eine einem Netzwerk zugehörige Firma ausschließlich dann, wenn eine Person

innerhalb des als für sich relevant betrachteten Bekanntenkreis (z.B. Arbeitsgruppe) diesem Netzwerk beitrifft. Die individuelle Funktionen v_1 bis v_x besitzen also einen linearen Anstieg (konstanter zusätzlicher Grenznutzen pro neuen Teilnehmer mit kompatiblen Produkt) bis zu dem Punkt, an dem jeder Teilnehmer des individuell relevant erachteten Personenkreis kompatibel ist. Danach beträgt der Anstieg Null. Nun kann der relevante Personenkreis für verschiedene Personen unterschiedlich groß ausfallen. Eine Personen haben viele Arbeitskollegen, mit denen sie ein kompatibles Produkt teilen müssen, andere weniger. Dies gilt ebenso für alle Produkte, die die Pflege sozialer Kontakte, d.h. Bekannten- und Freundeskreise, erleichtern. Ein Telefon erreicht einen potentiell größeren Netzwerkeffekt bei einer Person mit vielen Kontakten im Vergleich zu einer Person, dessen nutzbare Telefonkontakte schon früh ausgeschöpft sind.

Die Abbildung 3 zeigt, wie die Aggregation solch verschiedener Nutzenfunktionen mit unterschiedlich großen relevanten Personenkreisen der Funktion aus dem Modell von Katz und Shapiro (1985) entspricht. Ein Produkt, für welches eine kompatible Nutzung eher nur für enge, kleine Personenkreise eine Rolle spielt, wird einen früheren Sättigungspunkt aufweisen. Andere Produkte, dessen Relevanz bald den gesamten Bekanntenkreis einer Person einschließt, werden erst spät eine Sättigung des Netzwerkeffektes erfahren. Dies unterstützt die Hypothese, dass Produkte, die die Bildung und Erhaltung von sozialen Beziehungen fördern (z.B. soziale Online-Netzwerke), tendenziell größere Netzwerkeffekte aufweisen als reine Gebrauchsgegenstände. Liebowitz und Margolis (1994)

Wenn also der individuelle Netzwerkeffekt als ein aus Kompatibilität entstehenden Nutzen innerhalb der jeweils persönlich relevanten, endlich Bezugsgruppe modelliert wird, dann entspricht dessen Aggregation durchaus den Grundannahmen von Katz und Shapiro (1985). Ein agentenbasiertes Modell kann uns allerdings zeigen, ob die vereinheitlichende Aggregation aller Konsumenten im Modell wich-

Diskussionspapier

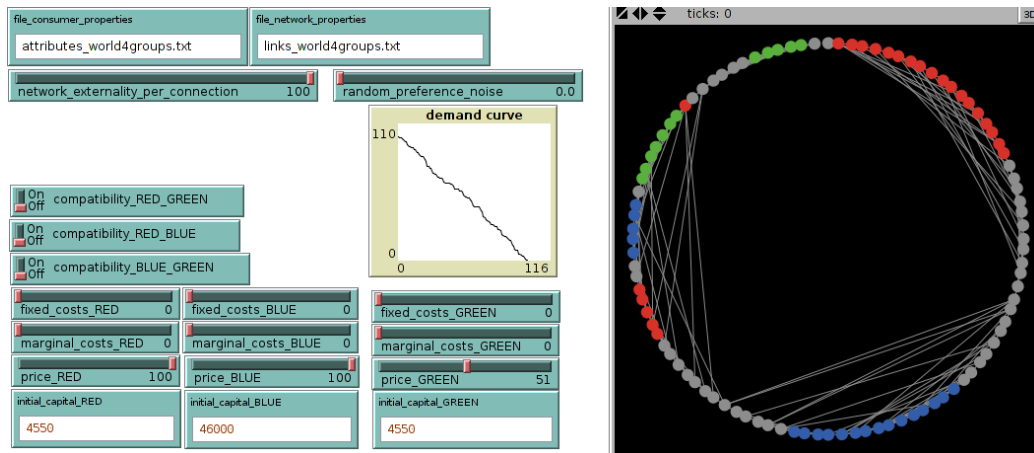


Abbildung 4: Ausgangssituation nach Setup der Agenten-Simulation: die Abbildung zeigt die NetLogo-Benutzeroberfläche der agentenbasierten Simulation. Im Hauptbildschirm sind die Konsumenten als Knoten mit ihren jeweiligen Kontaktverbindungen zu erkennen und in der Farbe eingefärbt, die ihre anfängliche Firmen-Wahl entspricht.

tige Erkenntnisse verschweigt. Untersucht werden soll, ob dies z.B. bei einer sehr heterogenen Vernetzungsdichte vorkommen kann.

3.2 Agentenbasierte Simulation mit Netlogo

Das hier vorgestellte agentenbasierte Modell zur Simulation von Netzwerkeffekten aus persönlichen Netzen ist folgendermaßen aufgebaut. Die Abbildung 4 zeigt ein Screenshot aus der Netlogo-Benutzeroberfläche des von uns erstellten Modells. Gleichzeitig dargestellt sind alle Einstellungsmöglichkeiten, mit denen die Ausgangsbedingungen der Simulation geändert werden können. In diesem Abschnitt soll erklärt werden, wie die Logik hinter dem Modell funktioniert.

Kaufentscheidungen des Käufer-Agenten

Jede Person verfügt über eine begrenzte Anzahl aus Kontakten, die für ein Produkt mit Netzwerkeffekten relevant sind. Ist ein Kontakt dem gleichen Netzwerk bei-

getreten wie die Person selbst, ergibt sich ein Mehrnutzen aus der Möglichkeit, ein Produkt kompatibel untereinander verwenden zu können. Mit jedem Kontakt, welcher eine kompatible Kaufentscheidung mit der eigenen trifft, steigt also der Nutzen um einen konstanten Wert, der extern vorgegeben wird („network externality per connection“ n_{net}), die Summe daraus wird als Netzwerkeffekt bezeichnet. Sind also zwei Firmen miteinander kompatibel, so ist bei jeder Berechnung des Netzwerkeffektes die Summe der jeweiligen Käufer beider Firmen aus dem eigenen Bezugskreis aus der Vorperiode als Anzahl $y_k i$ (Kontakte der Person k , die in der Vorperiode zu Firma i kompatibel waren) heranzuziehen.

$$V_{ki} = y_{ki} * n_{net} \quad (3)$$

Weiterhin relevant für die Kaufbereitschaft ist die bereits bei Katz und Shapiro eingeführte Basiskaufbereitschaft r Katz und Shapiro (1985, S. 426). Da die Konsumenten als Agenten nicht aggregiert werden, darf auch nicht überall mit einem Durchschnittswert gerechnet werden wie bei Katz und Shapiro, sondern jedem Agenten wird eine konkrete Basiskaufbereitschaft zugeordnet, sodass sich in der Gesamtheit eine lineare Verteilung ergibt (in Abbildung 4 als „demand curve“ dargestellt). Anders als im Modell von Shapiro und Katz können die Preise p für jede Firma i unterschiedlich hoch angesetzt sein. Der zu maximierende Nutzen eines einzelnen Agenten ergibt sich also in jeder Periode, für jede Firma i und jeden Konsumenten k zu:

$$U_{ki} = r_k + v_{ki} - p_i \quad (4)$$

Eine Person entscheidet sich für das Produkt i , für welches sie nach Abzug des Kaufpreises die höchste übrigbleibende Kaufbereitschaft aufweist, d.h. für welches die Nutzenerwartung (nach Abzug der Ausgaben) gegenüber jede andere beliebige

Firma j am höchsten ist. Gleichzeitig darf der Nutzengewinn durch den Kauf des Produktes in einer Periode nicht negativ sein, da in diesem Fall der Konsument sich für keines der Firmen entscheidet.

$$U_{max_k} := r_k + v_{ki} - p_i > r_k + v_{kj} - p_j \text{ für alle Firmen } j_i \quad (5)$$

Damit ergibt sich die gesamte Konsumentenrente in einer Periode aus der Summe aller Nutzengewinne der Konsumenten zu:

$$U_{max_k} := > 0 \text{ bei stattfindender Transaktion} \quad (6)$$

Das Modell erlaubt es außerdem unvollständige Information in die Kaufentscheidungen der Konsumenten einzubringen, indem vor der Bestimmung des Maximums ein Zufallswert („random preference noise“) einer bestimmten Größenordnung zur oberen Gleichung hinzu addiert wird, wodurch nicht immer die für den Konsumenten k tatsächlich am meisten Nutzen generierende Firma ausgewählt wird. Deshalb ist bei unvollständiger Information die Konsumentenrente nicht immer optimiert, sondern die Summe aus U_{ki} für die jeweils gewählte Firma i bei jedem Konsumenten k .

Nach der Errechnung aller Kaufentscheidungen auf Basis der Anzahl der Kontakte im eigenen Bezugskreis, die in der Vorperiode einem zu der Firma i kompatiblen Netzwerk angehörten, ergibt die errechnete Marktstruktur die Ausgangsbasis für die nächste Periode.

Die Zeitdimension wird durch einen jeweils neuen Durchlauf pro Periode abgebildet. Die geänderte Ausgangssituation, d.h. neue Kaufentscheidungen der für jeden

Agenten jeweils eigenen Kontakte, haben neue Erwartungen über den Nutzengewinn aus dem Beitritt zu den verschiedenen Netzwerken zu Folge. Bei vollständiger Information stellt sich, analog zu dem Modell von Katz und Shapiro (1985, S. 427), eine Situation ein, in der die Konsumententscheidungen aus der Folgeperiode denen aus der Vorperiode entsprechen, wodurch sich ein „Gleichgewicht der erfüllten Erwartungen“ ergibt. Dieses Gleichgewicht gilt jedoch nur mit der eher unrealistischen Annahme, dass sich keine Variable im System (z.B. Preis, individuelle Kontakte, Vernetzungsgrad) ändert.

Firmenstruktur, Marktaustritt

Es gibt in unserem Modell drei Firmen, die mit den Farben Rot, Blau und Grün übersetzt werden. Analog stellt in der Abbildung 4 jeder Konsument einen Knoten im Netz dar, der mit der Farbe gefärbt wird, welches die aktuelle Kaufentscheidung widerspiegelt. Die grauen Knoten entsprechen Nutzern, die keine Transaktion eingehen. Firmen sind für die hier angestellten Ausgangsbetrachtungen keine Agenten im eigentlichen Sinn, da ihre Zustandswerte exogen beim Setup vorgegeben werden oder sich aus den Kaufentscheidungen der Konsumenten ergeben. Trotzdem können z.B. Preisänderungen oder die Einstellung von Kompatibilität zwischen Firmen während eines Durchlaufs innerhalb der Simulation durchgeführt werden. Jede Firma hat einen festgesetzten Preis für ihr Produkt, variable Kosten $C_{variabel}$, die pro abgeschlossenem Verkauf anfallen und Fixkosten C_{fix} in einer bestimmten Höhe, die in jeder Periode anfallen. In jeder Periode l errechnet sich der erzeugte Gewinn (bzw. Verlust, wenn negativ) einer Firma i , zu

$$\Pi_{li} = y_i * (p_i - C_{variabel}) - C_{fix} \quad (8)$$

Erzeugt eine Firma in einer Periode einen Verlust, dann erfolgt keinesfalls automatisch ein Marktaustritt. Um Markteintrittsstrategien abzubilden, in denen Firmen

willentlich Verluste eingehen, während sie z.B. Preisdumping betreiben oder den Markt noch durchdringen müssen, gibt es ein Startkapital als Gesamtheit aller verfügbaren anfänglichen Zahlungsmittel, von dem Verluste abgezogen und auf dem Gewinne hinzu addiert werden. Das „Guthaben“ G als Zustandsgröße einer Firma i ergibt sich also zu:

$$G_i(\text{periode}0) = \text{Startkapital (extern vorgegeben)} \quad (9)$$

$$G_i(\text{periodel}) = \Pi_{li} + G_i(\text{periode l-1}) \quad (10)$$

Erst wenn dieses Guthaben Null erreicht, muss eine Firma aus dem Markt austreten. Analog zu dem Modell von Katz und Shapiro (1985, S. 429) ergibt sich die Produzentenrente aus der Summierung der erzielten Gewinne und Verluste jeder Firma in einer Periode.

$$\text{Produzentenrente} = \sum_i \Pi_{li} (\text{für l gleich aktuelle Periode}) \quad (11)$$

Die in einem Diagramm der Benutzeroberfläche dargestellte Gesamtwohlfahrt beträgt folglich:

$$\text{Gesamtwohlfahrt} = \text{Konsumentenrente} + \text{Produzentenrente} \quad (12)$$

3.3 Testdurchlauf, Untersuchung heterogener Netze

Nachdem wir die Grundzüge eines agentenbasierten Modells herausgestellt haben, ist der nächste Schritt, seine Funktionalität an der Implementation mit NetLogo zu testen. Eine Beantwortung aller Fragen, die durch die Kritik des Shapiro-Katz

Modells aufgeworfen wurden, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Hier soll lediglich gezeigt werden, wie die hier vorgestellte agentenbasierte Simulation für speziell formulierte Ausgangssituationen neue Einblicke in das Feld der Netzwerkeffekte liefern kann, die mit statischen Gleichgewichtsmodellen, bei denen Konsumenten und Produzenten lediglich aggregiert auftreten, nicht möglich sind. Mit Hinblick auf die Hypothese von Liebowitz und Margolis (1994, S. 144), dass in sich abgeschlossene Nutzergruppen dazu neigen, unter sich Kompatibilität zu erzeugen, soll die Abbildung 4 eine entsprechende Ausgangssituation darstellen. In der hier vorgegebenen Modellwelt gibt es eine begrenzte Zahl von konsumierenden Agenten, von denen einige schon einem bestimmten Firmennetzwerk beigetreten sind. Die Firmen sind untereinander inkompatibel. Die für jeden Agenten relevante Bezugsgruppe, aus der sich der individuelle Netzwerkeffekt für eine bestimmte Firma erzeugt, entspricht der Menge aller individuellen Kontakte. Interessant an der Ausgangssituation ist, dass jeder Konsument eher mit dem Nachbarn in Kontakt steht und die Beziehungen zwischen den Konsumenten sich auf drei bis vier Schwerpunkte bzw. Gruppen konzentrieren, während zwischen den Gruppen nur sporadische Kontakte bestehen. Diese Situation kommt zum Beispiel bei Grenzen zwischen verschiedenen Staaten vor. Auch kann jede andere Art von Barriere, z.B. verschiedene Sprachen, Angehörigkeit zu verschiedenen Berufsgruppen (z.B. Programmierer und Designer für das Netzwerkgut Computersoftware), verschiedene Freundeskreise u.a. eine solche Situation erzeugen. Eine interessante Fragestellung ist nun, ob der hohe Grad an Interaktionen zwischen solchen eher getrennten Gruppen dafür sorgt, dass sich Nischenprodukte herausbilden können und dass, anders als das Modell von Katz und Shapiro voraussagt, Firmen mit Wettbewerbsvorteil es nicht schaffen, den Markt komplett zu dominieren. Eine Situation mit vielen Firmen, die innerhalb einer unterschiedlicher Bezugsgruppen dominieren, entspricht dem, was analog zu Katz-Shapiro mit einer früh eintretenden Sättigung des

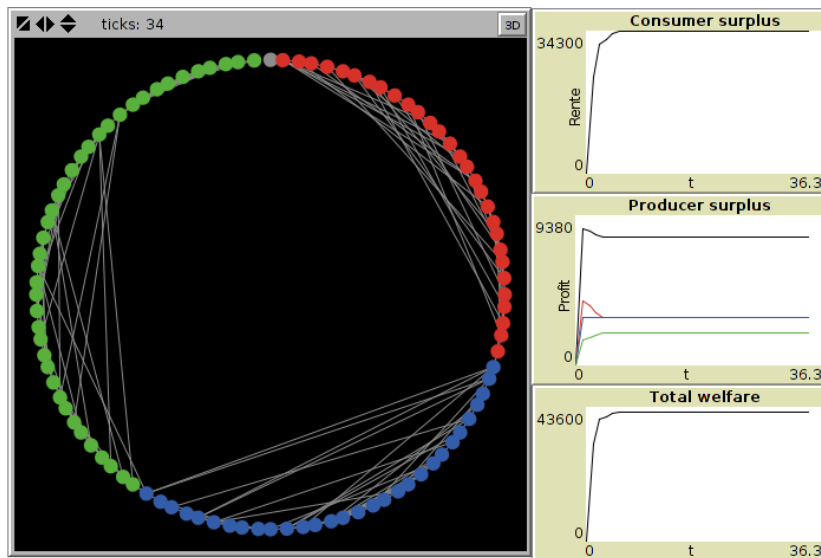


Abbildung 5: Erstdurchlauf der Simulation: die Abbildung zeigt den Zustand der Simulation, in der sich nach relativ kurzer Zeit ein Gleichgewichtszustand eingestellt hat.

Netzwerkeffektes geschieht. Eine spät eintretende Sättigung hingegen entspricht in unserem agentenbasierten Modell einer Ausgangssituation mit einem hohen Vernetzungsgrad zwischen allen Agenten.

Aus der Abbildung 4 geht hervor, dass in der Startsituation die grüne Firma ihr Produkt zum günstigsten Preis anbietet. Die derzeitigen Präferenzen aus der Vorperiode sind allerdings unterschiedlich auf den verschiedenen Bereichen der Modellwelt aufgeteilt. Fixkosten und variable Kosten wurden analog zu Shapiro-Katz zunächst auf Null gesetzt. Die Simulation soll nun zeigen, ob die grüne Firma in der Lage ist, den Markt vollständig zu durchdringen.

Abbildung 5 zeigt, dass die Topologie des Beziehungsnetzes zwischen den Agenten in der Modellwelt dafür sorgt, dass die grüne Firma nur dort dominieren kann, wo sie auch in der Ausgangssituation präsent war und Netzwerkeffekte erzielen konnte. In den anderen Bereichen der Modellwelt können die Netzwerkeffekte der anderen Firmen den Preisvorteil der grünen Firma überkompensieren und jeweils in der eigenen Nischengruppe dominieren. Dies könnte z.B. ein Hinweis darauf

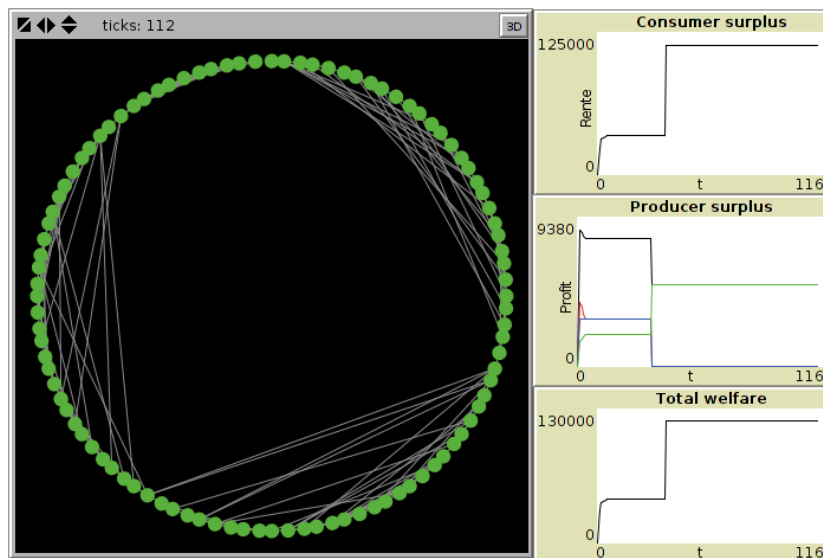


Abbildung 6: Zustand Modellwelt bei Kompatibilität: nach der Einstellung kompletter Kompatibilität der Firmen untereinander gibt es eine abrupte Änderung der Wohlfahrtswerte und die grüne Firma dominiert.

geben, wieso sich unterschiedliche Standards an verschiedenen Teilen der Welt gleichzeitig durchsetzen können oder verschiedene konkurrenzfähige Produkte lokale Märkte nahezu ganz beherrschen.

Anders sieht das Resultat aus, wenn alle Firmen untereinander kompatibel werden, so wie es der Simulationsverlauf in der Abbildung 6 darstellt. Der grünen Firma gelingt es, durch zweiseitige oder auch einseitige Kompatibilität (Adapter nach Katz und Shapiro (1985, S. 434)) mit ihrem Preisvorteil in andere Bereiche der Modellwelt vorzudringen. Analog zu den Schlussfolgerungen von Katz und Shapiro (1985, S. 439) führt die in einer bestimmten Periode einsetzende Kompatibilität zu einem Anstieg der Gesamtwohlfahrt (da mehr Konsumenten sich dazu entscheiden, ein Produkt zu kaufen, das Nutzen generiert), während in diesem speziellen Fall zusätzlich die Konsumentenrente auf Kosten der Produzentenrente steigt, da insgesamt ein kleinerer durchschnittlicher Verkaufspreis der grünen Firma verlangt wird. In einem weiteren, hypothetischen Schritt, könnte man nun den Preis des

Produktes der Grünen Firma schrittweise anheben, bis der Profit der grünen Firma sein Maximum erreicht. Dieser Preis wäre dann der Monopolpreis.

4 Schlussfolgerungen

Das Modell von Katz und Shapiro (1985) stellt einen wichtigen ersten und grundlegenden Schritt in der theoretischen Betrachtung und Analyse von Netzwerkeffekten dar. Im Rahmen dieser Arbeit wurden einige der vereinfachenden Annahmen dieses Modells, die Funktion des Netzwerkeffektes, die Kostenfunktionen und der reduzierte Erwartungsbegriff, kritisch betrachtet. Ergänzend ist ein agentenbasiertes Modell für die Simulation von Netzwerkeffekten vorgestellt worden. Dieses orientiert sich grundlegend an dem statischen Modell von Katz und Shapiro (1985), allerdings bieten die intertemporale Betrachtung und das Werkzeug der Simulation die Möglichkeit ein tiefer gehendes Verständnis der Netzwerkeffekte zu erlangen. Im Rahmen dieser Arbeit konnte durch die Simulation gezeigt werden, dass sich in Netzwerken mit verhältnismäßig kleiner Schnittmenge relativ schwächere Produkte in der eigenen Nischengruppe durchsetzen können. Wie bereits von Stahn (1998) postuliert scheint also auch ein langfristige Zustand mit mehreren inkompatiblen Produkten möglich. Die realitätsnahe Agentensimulation kann folglich Phänomene erklären, welche tatsächlich beobachtet werden, hier zum Beispiel die gleichzeitige Dominanz von VK in Russland und Facebook in den USA. Außerdem konnte gezeigt werden, dass innerhalb der Simulation die Gesamtwohlfahrt durch Zunahme der Kompatibilität steigt.

Im Folgenden wäre beispielsweise eine weitere Betrachtung von Aggregations-effekten in Netzwerken interessant, bezogen auf die Marktdominanz einzelner Firmen und den sogenannten "tipping Point" Katz und Shapiro (1994). Letzteres

meint den Moment, wenn ein Netzwerk eine kritische Masse und Dynamik erreicht und sich von den Konkurrenten loslöst.

Vor allem aber ist eine kritische Betrachtung der dargestellten Simulation notwendig, um diese weiter zu verbessern und gegebenenfalls anzupassen. In Verbindung damit scheint auch eine Sensitivitätsanalyse der Simulation in Bezug auf verschiedenste Größen, insbesondere die Ausgangsverteilung und Vernetzung, aber auch die Agentenanzahl sinnvoll.

Ergänzend ist ein Vergleich und eine mögliche Abgrenzung der Simulation im Bezug auf bereits veröffentlichte Arbeiten in diesem Bereich anzustreben.

Die in dieser Arbeit vorgestellte Simulation soll vor allem ein Anstoß dazu sein, die theoretischen statischen Überlegungen zu Netzwerkeffekten, durch den Vergleich mit dynamischen agentenbasierten Simulationen zu erweitern und in Folge dessen zu einem verbesserten Verständniss des Begriffs der Netzwerkeffekte führen.

Literatur

- Farrell, J., und Saloner, G. (1985). Standardization, Compatibility, and Innovation. *Rand Journal of Economics*, 16(1): 70–83.
- Grebel, T., und Pyka, A. (2003). Agent-based modelling - A methodology for the analysis of qualitative development processes. Discussion Paper Series 251, Universitaet Augsburg, Institute for Economics. URL <http://econpapers.repec.org/RePEc:aug:augsbe:0251>.
- Katz, M. L., und Shapiro, C. (1985). Network Externalities, Competition, and Compatibility. *The American Economic Review*, 75(3): 424–440.
- Katz, M. L., und Shapiro, C. (1994). Systems Competition and Network Effects. *The Journal of Economic Perspectives*, 8(2): 93–115.
- Liebowitz, S. J., und Margolis, S. E. (1994). Network Externality: An Uncommon Tragedy. *Journal of Economic Perspectives*, 8(2): 133–150.
- Stahn, H. (1998). Does Standardization Really Increase Production? Katz and Shapiro's result revisited. *Annales d'économie et de statistique*, n 49-50: 382–388.