

Übersetzungsansätze und Grenzen sozialwissenschaftlicher Theorien für die agentenbasierte Simulationen sozialer Netzwerke

Alexander Brand

Beitrag zur Veranstaltung »Aktuelle Entwicklungen der Netzwerkforschung« der Sektion Soziologische Netzwerkforschung

Einleitende Überlegungen

Simulationen stellen schon lange eine Erweiterung des sozialwissenschaftlichen Methodenrepertoires dar. Insbesondere im Bereich der Netzwerkanalyse stellt sich dabei die Frage, welches Vorgehen angemessen ist, um theoriegeleitet soziale Interaktionsprozesse zu übersetzen, bei denen die Einbettung der Akteure mitgedacht werden muss (Stocker et al. 2001). Hier findet sich eine große Anzahl an Ansätzen, welche allerdings häufig unflexibel in der Modellierung sind und sich strukturell stärker an Epidemiologie (Ferguson 2007) oder Informatik orientieren (Hummon, Fararo 1995). Insbesondere erstere haben unter dem Gesichtspunkt der Covid-19 Pandemie eine große Verbreitung erfahren. Auch im Bereich der Sozialwissenschaften haben sich Anknüpfungspunkte an diese beiden Richtungen, welche stärker soziale Aspekte hervorstellen (Klein et al. 2018) und hierbei auf die Methode der agentenbasierten Modellierung zurückgreifen, ergeben. Ein Vorteil hier ist die große Flexibilität der Operationalisierung, da unterschiedliche persönliche Foci und gruppenspezifisches Verhalten expliziert werden können (Schweitzer et al. 2020).

Im Rahmen dieser Ausarbeitung soll gezeigt werden, inwiefern derartige Methodologien mit einem explizit soziologischen theoretischen Rahmen verbunden werden können. Ein mögliches Desiderat der erfolgten Forschung stellt dabei die Möglichkeit der theoriegetriebenen Explizierung impliziter Erwartungen und die Darstellung nichtlinearer Folgeketten bestimmter Annahmen dar. Wie eine derartige Übersetzung theoretischer Konzepte in ein agentenbasiertes Modell allgemein geleistet werden kann, soll dabei im Rahmen dieses Beitrags anhand der Habitus-Feld-Theorie von Bourdieu (Bourdieu 1997, 1975) aufgezeigt werden.

Hierbei soll insbesondere auf die formale Fassung des Feldes und netzwerktheoretische Aspekte eingegangen werden, und diese anhand einer Fallstudie für institutionelle Kooperationen im Bereich des PISA-OECD Komplexes betrachtet werden. Es werden dabei die Vorteile einer expliziten Fassung der Rollen der einzelnen Agent*innen durch die Akkumulation auf Feldebene, um das Zusammenspiel genauer verstehen zu können und differenzierte mögliche Entwicklungsverläufe unter Berücksichti-

gung exogener Faktoren abzutragen, betont. Abschließend sollen die Erweiterbarkeit des Modells und getroffene Konstruktionsentscheidungen reflektiert werden.

Einleitende Überlegungen zur Kategorisierung agentenbasierter Simulationsmodelle

Formen der Modellierung in Bezug auf die Gestaltung

Im Folgenden soll auf die Formen der Simulation eingegangen werden. Hierbei kann in Anlehnung an Parunak (Parunak et al. 1998) eine Differenzierung zwischen agentenbasierter Modellierung und Equation-based Modelling vorgenommen werden. Hierbei soll der Fokus zunächst auf Equation-based Modelling liegen. Dabei handelt es sich um ein Verfahren, welches genutzt werden kann, um Gleichungssysteme auf analytischer Basis zu lösen, um hier zum Beispiel Aspekte wie Bifurkationen (Flip, Neimark-Sacker vgl. Hone et al. 2010; Li et al. 2019) herauszuarbeiten. Auch können einzelne Aspekte betrachtet werden, wie beispielsweise die Stabilität eines Systems durch die Darstellung in Phasendiagrammen. Der Fokus liegt dabei eher auf dem System und auf dem Wissen oder Vermuten der Regeln der Systemnutzung. Insofern handelt es sich um ein Verfahren, welches vor allem in den Wirtschaftswissenschaften große Resonanz erfahren hat, da hier aufgrund des Modellaufbaus tendenziell eine exaktere Erfassung der einzelnen Parameter und ihrer Wirkungsweisen aufgrund der Unterstellung bestimmter Rationalitäten erfolgen kann. Falls ein solches Wissen über die entsprechenden Parameter nicht in dieser Exaktheit vorherrscht oder das Modell eher auf Basis von Akteur*innen betrachtet werden kann, bietet es sich an, objektorientiertere Formen der agentenbasierten Modellierung zu nutzen. Hierbei liegt der Fokus stärker auf der Herleitung numerischer Resultate auf Basis von zum Beispiel Monte-Carlo-Verfahren unter Berücksichtigung einer systematischen Parametervariation (Klein et al. 2018). Aufbauende Analyseverfahren können hier stärker untersuchen, wie sich aggregierte Individualdaten entwickeln und welche Zusammenhänge zwischen diesen bestehen.

Formen der Modellierung in Bezug auf den Netzwerkraum

Betrachtet man die Möglichkeiten der Nutzung von Netzwerkstrukturen bei der Gestaltung von agentenbasierten Simulationsmodellen, so findet sich eine Vielzahl an Verwendungsmöglichkeiten der zugrundeliegenden Struktur. Im Folgenden soll anhand einer kurzen Darstellung einzelner Modelle auf fokussierte Aspekte eingegangen werden. Dabei wird zwischen dem impliziten Netzwerk als Raum, den Agent*innen auf einem Netzwerk und dynamischen Netzwerkmodellen unterschieden.

Implizites Netzwerk als Raum

Im Rahmen des impliziten Netzwerkes als Raum wird dieser in Form eines Netzwerkes prinzipiell fassbar, beziehungsweise kann eine Modellstruktur so gestaltet werden, dass die räumliche Struktur netzwerkhaft ist. Ein Beispiel für eine solche Anwendung stellt das Schelling Modell dar (Schelling 1971). Hier kann der Raum prinzipiell als ein Gitternetzwerk gefast werden, jedoch restringiert dieses nicht die Bewegungsfreiheit der Agent*innen (zumindest im Ursprungsmodell). Die Agenten reagieren allerdings auf die Akteur*innen in ihrer Nachbarschaft. Insofern entsteht das Netzwerk hier eher als „Beiprodukt“ und stellt nicht den Fokus der Modellierung dar.

*Agent*innen auf einem Netzwerk*

In Modellen der Agent*innen auf einem Netzwerk wird die Netzwerkstruktur explizit Teil der Modellierung, da die Position der Akteur*innen Einfluss auf die Möglichkeiten und Handlungsfunktionen dieser ausübt. Insofern findet sich hier bereits ein substanzieller Einfluss von Netzwerkeigenschaften wie Zentralität und Dichte. Dabei sind die Netzwerke jedoch bereits a priori festgelegt und nicht Teil der Veränderung. Beispiele, welche sich dieser Form der Modellierung widmen, finden sich bei Virus- (Stonedahl, Wilensky 2008), Zombie- (Riebling, Schmitz 2016) und Infektionsmodellen (Mathea 2015).

Dynamische Netzwerkmodelle

Im letzten betrachteten Modelltyp, den dynamischen Netzwerkmodellen, werden die Aspekte von Agent*innen auf einem Netzwerk aufgegriffen und um die Möglichkeit der Strukturänderung ergänzt. Die Akteur*innen selbst befinden sich nun nicht mehr notwendigerweise während der gesamten Simulation in der gleichen Struktur, sondern können Modifikationen der Eingebundenheit erleben. So können zum Beispiel Verbindungen zwischen Akteuren im Zeitverlauf verschwinden oder hinzukommen und so die Zentralität einzelner Knoten entscheidend verändern. Beispiele finden sich bei dynamischen Netzwerkgeneratoren oder auch im in diesem Beitrag zu besprechenden Modell.

Formen der Modellierung in Bezug auf den Aufbau

Im nächsten Schritt soll auf die Formen der Modellierung in Bezug auf den Aufbau des Modells eingegangen werden. Neben dem zuvor betrachteten Raum des Modells in Bezug auf seine Netzwerkstrukturierung stellt sich zudem die Frage, welche Aspekte betrachtet werden. Findet sich hier als Einheit ein Individuum, eine Gruppe, ein Idealtyp oder ein System? Auch stellt sich die Frage, wie das Verhalten innerhalb des Modells zu bewerten ist. Dies wird im Folgenden betrachtet. Findet sich ein komplett deterministisches Verhalten, welches genutzt werden kann, um zu erforschen welche nichtlinearen Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aspekten und Variablen innerhalb eines Modells bestehen? Oder finden sich hier auch stochastische Komponenten, welche es ermöglichen zu analysieren, inwieweit ein Modell mit scheinbar zufälligen Modifikationen und Unschärfen dazu in der Lage ist, konsistente Ergebnisse zu produzieren? Auch stellt sich die Frage nach der Grundlage: Handelt es sich hier um ein rein theoretisches Modell, sind also Daten eher synthetischer Natur (In-vitro-Daten) und wird versucht, hier auf abstraktere Ebene Muster und Wirkungsweisen darzustellen? Oder findet sich hier ein empirisches Modell, welches versucht auf Basis von In-situ-Daten Aussagen über empirisch beobachtbare Sachverhalte zu treffen? Natürlich sind auch Mischformen denkbar. So kann zum Beispiel ein theoretisches Modell In-situ-Daten nutzen, um zu beobachten, wie die Anwendung theoretisch abgeleitete Regeln einen empirischen Sachverhalt beeinflussen würde. Auch kann ein empirisches Modell zum Teil auf In-vitro-Daten zurückgreifen, falls beobachtbare Sachverhalte nur schwer erhebbar sind. Hier ist zu beachten, dass all diese Aspekte einerseits die Wahl der Theorie als auch die Wahl der Modellierungsform beeinflussen können. Ein Beispiel ist die Frage nach dem Verhalten. Hier muss sichergestellt werden, dass durch den theoretischen Rahmen eine Fokussierung auf quasi-deterministische Sachverhalte vorliegt und nicht eine große Variation vermutet wird, wenn ein deterministisches Verhalten des Modells für die Erforschung des interessierten Sachverhaltes angewandt wird.

Zusammenfassung möglicher Kategorisierungen

Wie im Überblick zu den bisher vorgenommenen Einordnungen (Tabelle 1) zu erkennen ist, lässt sich anhand dieser Formen der Kategorisierung ein Raum an möglichen, bei der Modellierung zu berücksichtigen, darstellen.

sichtigenden, Aspekten aufspannen. Die gegenstandsbezogene Füllung der einzelnen Aspekte obliegt dabei den Forscher*innen, da kein „one-size-fits-for-all“ Framework vorgegeben werden kann. Vielmehr soll hiermit ein Vorschlag für mögliche Reflexionspunkte bei der Erstellung agentenbasierter Modelle geschaffen werden, welches bisher bestehende Elemente, wie ODD-Protokolle (Overview, Design concepts und Details protocols, Müller et al. 2013), um eine dezidiert sozialwissenschaftliche Perspektive ergänzt.

Tabelle 1: Stufen der Kategorisierung der Simulationsstudien

Gestaltung	Gleichungsbasierte Modellierung	subjektorientierte agentenbasierte Modellierung	
Raum	Implizites Netzwerk als Raum	Agent*innen auf einem Netzwerk	Dynamische Netzwerkmodelle
Aufbau	Einheit	Verhalten	Grundlage

Beispielhafte Modellierung unter Rückgriff auf Überlegungen der Habitus-Feld-Theorie

Einleitende Bemerkungen

Im nächsten Schritt soll gezeigt werden, inwiefern diese Überlegungen zur Kategorisierung von Modellen für eine Anwendung nutzbar gemacht werden können. Hierbei soll zunächst die betrachtete theoretische Grundlage vorgestellt werden, bevor im Anschluss auf Gegenstand, Vorgehen, Konstruktion und Ergebnisse eingegangen werden soll. Im Vorgang sei hier erwähnt, dass dieser Versuch natürlich keine tiefgehende Darstellung aller möglichen Anknüpfungspunkte ermöglicht, sondern vielmehr als „Learning by doing“ zu verstehen ist, welcher bewusst einzelne prägnante Ergebnisse hervorstellt und andere ausblendet. Erörterungen, welche über den Rahmen eines derartigen kurzen Beispiels hinausgehen, bedürfen dabei einer tiefergehenden Betrachtung der getroffenen Annahmen, der Mechanismen und der realweltlichen Bedeutung.

Theoretische Grundlagen der Konstruktionsregeln

Bezüglich der theoretischen Überlegungen wird die Kombination zweier lose verbundener Bereiche betrachtet: Habitus-Feld-Theorie (Bourdieu 1997, 1975; Schmitz et al. 2017) und Netzwerktheorie. Während eine differenzierte Diskussion der Gemeinsamkeiten und Anwendungspotenziale einen breiten theoretischen Diskurs öffnet (siehe hierzu auch Witte, Schmitz 2019; Anheier et al. 1995), soll im Rahmen der nächsten Schritte der Fokus auf der Ableitung möglicher Regeln für ein Simulationsmodell liegen. Dabei kann zwischen verschiedenen Regeln an bestimmten Akteur*innensets unterschieden werden. Ein Teil sind dabei Regeln, die explizit auf PISA zutreffen. Hier wird aufgrund der zunehmenden Einbindung und Durchsetzung von marktorientierten Policies eine steigende Marktorientierung der Akteur*innen erwartet, welche einen Anreiz schafft, Verbindungen ins ökonomische und

bürokratische Feld zu vertiefen und entsprechende Verbindungen fördert (Münch 2014; Slaughter et al. 2004; Marttila 2014; Hartong 2012; Moos 2009). Zusätzlich gibt es Effekte, welche unabhängiger von Feldzugehörigkeiten in jedem Feld wirken. Dazu wird im Modell eine Regel betrachtet, die besagt, dass Akteure, welche bereits eine hohe Kantenanzahl haben, eine höhere Wahrscheinlichkeit besitzen sollten, sich mit anderen Akteuren zu verbinden (Matthäus Effekt/„Wer hat dem wird gegeben“), was ungleichheitsstabilisierend wirken sollte (Heinze 2012). Zudem werden Homogenitätspräferenzen der Agent*innen berücksichtigt (Colizza et al. 2006; Serrano 2008). Der Versuch des Strebens danach, sich mit einflussreichen Knoten zu verbinden, lässt sich dabei mit der Habitus-Feld-Theorie vereinigen, da der Streit um Ressourcen der Konvertierbarkeit Akteur*innen dazu bewegen sollte, sich innerhalb ihrer Nachbarschaft besser zu positionieren, also als „Hubs“ oder „Authorities“ zu wirken (Bellomi, Bonato 2005). Andere Regeln lassen sich dabei aus der Doxa (Myles 2004; Bourdieu, Nice 1977) ableiten, welche die Tendenz fördern sollte, sich feldintern zu vernetzen. Jedoch sollte es auch eine Tendenz zur Interfeldvernetzung geben, da Akteure so ihre Position im Feld der Macht stärken könnten. Auf Innerfeldebene lassen sich zwei Regeln unterscheiden. Einerseits wird erwartet, dass Verbindungen gelöst werden, wenn der Unterschied an Kanten zwischen den verbundenen Akteuren größer ist als die durchschnittliche Anzahl an Verbindungen im Netzwerk (Abwägung von Kapitaleinsatz zur Pflege von Verbindungen, insbesondere von sozialem Kapital). Die nächste Regel formuliert einen ähnlichen Effekt der Verbindungsauflösung bei feldexternen Verbindungen aufgrund der Anziehung der feldinternen Doxa. Auf Interfeldebene wird das Kriterium der Konvertierbarkeit betrachtet. Hierunter wird subsumiert, dass Verbindungen, welche durch ein fehlendes Maß an Konvertierbarkeit und zu starke Konkurrenz gekennzeichnet sind, abgebrochen werden. Modellhaft wird also eine Kante aufgelöst, wenn zwei Akteur*innen mit großer Verbindungsanzahl über andere Akteur*innen indirekt verbunden werden. Hier erlaubt der Verzicht auf eine direkte Verbindung Ressourcenschonung bei Beibehalten der Kontrolle über andere dominierbare Akteur*innen. In Tabelle 2 findet sich eine Darstellung der Konstruktionsregeln des Modells auf Basis der theoretischen Überlegungen aus der Habitus-Feld-Theorie und allgemeiner Netzwerkprozesse. Zur besseren Lesbarkeit wurde eine Differenzierung in Bezug auf die einzelnen Ebenen der Einflussnahme vorgenommen.

Tabelle 2: Regeln der Handlung für die agentenbasierte Simulationsstudie¹

Regeln	Handlungsanweisung	Theoretische Legitimation
PISA-spezifische Regeln		
Akademisches Netzwerken	Akteure im akademischen Feld haben eine Neigung, sich mit Akteuren des ökonomischen und des bürokratischen Feldes zu verbinden	Forschungsstand
Bias im akademischen Feld	Akteure haben eine gewisse Neigung bei der Meinungsübernahme von anderen Agenten im Aushandlungsprozess	Forschungsstand

¹ Die Tabelle wurde aus „Strukturierung und Aushandlungsmechanismen in längsschnittlichen Bildungsnetzwerken – Eine Betrachtung des PISA-Mehrebenennetzwerkes anhand einer agentenbasierten Simulationsstudie“ von Alexander Brand (unveröffentlichte Masterarbeit) entnommen

Regeln	Handlungsanweisung	Theoretische Legitimation
Dekrement	der Marktorientierung Eine gewisse Anzahl an Verbindungen löst sich quasi zufällig auf	Forschungsstand
Akteursebene		
Reiche werden reicher	Akteure mit hoher Kantenzahl verbinden sich mit einer höheren Wahrscheinlichkeit mit anderen Akteuren	Matthäus-Effekt
Starke bleiben homogen	Akteure mit höherer Knotenzahl verbinden sich mit einer höheren Wahrscheinlichkeit untereinander	Rich-Club-Effekt
Homogenitätspräferenz	Akteure haben eine höhere Wahrscheinlichkeit, sich mit Akteuren aus ihrem primären Feld zu verknüpfen	Distinktion der Akteure
Streben nach Konvertierbarkeit von Kapital	Akteure verbinden sich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit mit Akteuren anderer Felder, wenn diese ein gewisses Maß an sozialem Kapital besitzen	Positionierung im Feld der Macht
Innerfeldebene		
Relationale Positionierung 1	Innerhalb jeden Feldes werden Verbindungen aufgelöst, wenn der Nutzen für die Akteure unter den Felddurchschnitt sinkt	Feldspezifischer Habitus
Relationale Positionierung 2	Innerhalb jeden Feldes werden Akteure strukturell gebunden und deshalb Verbindungen zu Akteuren außerhalb des Feldes abgebrochen	Feldspezifischer Habitus
Interfeldebene		
Kriterium der Konvertierbarkeit	Verbindungen, welche durch ein fehlendes Maß an Konvertierbarkeit und zu starke Distinktion gekennzeichnet sind, werden abgebrochen	Positionierung im Feld der Macht

Untersuchungsgegenstand

Als Datengrundlage wurden die Kooperationsstrukturen von an PISA beteiligten Institutionen und Akteur*innen gewählt. Hierbei handelt sich um ein Mehrebenenetzwerk, welches sich aus den folgenden Ebenen zusammensetzt: Berufliche Kooperationen der an den Berichten beteiligten Akteure, Kooperationen der Vorstandsmitglieder und offizielle Zusammenarbeiten der einzelnen beteiligten Institutionen. Es finden sich hier ein Netzwerk mit $G_M = (V = 2.727, E = 5.672, D = 3)$, wo V für Vertices, K für Knoten und D für Dimensionen steht. Zudem kann das Netzwerk in eine Variante ohne Personen projiziert werden, bei der gilt: $G_{Proj} = (V = 1.796, E = 4.114, D = 1)$.

Für die Analyse wurde dabei auf die projizierte Variante zurückgegriffen. Diese Tatsache ist eine notwendige Einschränkung, da zum aktuellen Zeitpunkt nur sehr wenige Tools für die agentenbasierte Modellierung von Mehrebenenetzwerken verfügbar sind. Die Zuordnung der Akteur*innen zu den einzelnen Feldern wurde im Rahmen der Datengenerierung durch ein qualitatives Codingverfahren durchgeführt. Folglich stellen die Knoten (institutionelle) Akteur*innen, welche an der PISA-Evaluation beteiligt sind, aufgeteilt nach Feldern, dar. Die Kanten symbolisieren bedeutende Verbindungen, also Kooperationen, Co-Publikationen und Zusammenarbeiten, von Akteur*innen.

Einordnung des Modells

Im nächsten Schritt lässt sich eine Einordnung des Modells in das zuvor betrachtete Schema vornehmen. Zunächst wird hier auf den Gegenstand eingegangen. Hier soll betrachtet werden, wie sich Kooperationen entwickeln. Insofern werden in der Modellierung explizit Prozesse mitberücksichtigt, welche Verbindungen entstehen oder verschwinden lassen. Das Auftreten von Verbindungen kann folglich also nicht als besonderes Ereignis im Modell interpretiert werden, da dieser Prozess modelgenuin ist. Der Raum des Netzwerkmodells ist dabei dezidiert modifizierbar, da die Veränderung des Netzwerkes der zentrale Punkt der Untersuchung ist. Eine Interpretation von strukturellen Maßen wie Dichte, Hub-Peripherie-Strukturen oder durchschnittlicher Verbindungszahl kann daher weniger absolut, sondern nur im Verlauf der Entwicklung zwischen den Schritten des Modelles oder in Bezug auf die Parametrisierung vorgenommen werden. Die betrachteten Einheiten sind dabei Institutionen mit realweltlichen Realisationen. Da im Rahmen des Modells Aussagen über Gruppen von Akteur*innen auf Basis der Feldzugehörigkeit gemacht werden, und individuelle Positionierungen unberücksichtigt bleiben, kann eine Interpretation hier nicht versuchen, Aussagen über individuelle Verbindungsstrategien zu treffen. Folglich ist lediglich eine Interpretation auf mindestens der Akkumulationsebene der Felder sinnvoll durchzuführen. Die Akteur*innen stellen dabei den zentralen Betrachtungspunkt dar, folglich findet hier eine eher objektorientierte Modellierung statt. Das Modell ist stochastisch angelegt, da Suchstrukturen bei der Initiierung von Verbindungen und externe Parameter wahrscheinlichkeitsbasiert gesetzt werden. Als Grundlage wird ein theoretisches Modell mit einer einmaligen empirischen Beobachtung gewählt. Insofern liegt der Fokus des Erkenntnisgewinns im Modell auf der „Was wäre, wenn?“-Komponente der Überlegungen, welche aufgrund entsprechender Nichtlinearitäten nur sehr schwer direkt aus dem hypothetischen Konstrukt des Theoriegebäudes abzuleiten ist. Zusammengefasst lässt sich also ableiten, dass das folgende Modell einen theorieergänzenden Charakter entfalten soll, welcher darauf fußt, unter Berücksichtigung stochastischer Komponenten zu erörtern, welche Wirkung exogene Faktoren auf Gruppenebene entfalten können, um die Netzwerkstruktur im Zeitverlauf zu modifizieren. Der empirische Gehalt exakter Metriken ist dabei eher von nachrangiger Bedeutung, da der Fokus vielmehr auf typischen Mustern des Verlaufs je Gruppe, in diesem Beispiel je Feld, liegen soll. Insofern besteht hier die Forschungsfrage: Welche neuen Erwartungen an Mechanismen

entstehen, wenn Feld- und Netzwerktheoretische Überlegungen zusammen im Rahmen einer Modellierung angewendet werden?

Analyseformen und Potenziale

Im Folgenden soll nun auf die Auswertung des Modells eingegangen werden. Da ein theoretisches Modell gewählt wurde, bietet es sich an, anhand einer Simulation mögliche Realisationen je nach zugrundeliegender Parametrisierung zu wählen, also zu analysieren wie Modifikationen in der Stärke einzelner Effekte die Netzwerkstruktur schrittweise ändern. Ein Vorgehen, welches es erlaubt einen derartigen Parameterraum zu evaluieren, bieten Monte-Carlo-Methoden. Unter einer Monte-Carlo-Simulation wird dabei ein Vorgehen verstanden, welches dazu dient über eine große Anzahl an gleichartigen Zufallsexperimenten eine numerische Lösung für analytisch nur schwer darzulegende Fälle zu finden (Metropolis, Ulam 1949, S. 337ff). Ein derartiges Vorgehen bietet dabei die Möglichkeit systematische Effekte in den Parametern von zufälligen Verläufen zu trennen und hierdurch deskriptiv systematische Variationen herauszuarbeiten.

Im Rahmen der Untersuchungen dieser Arbeit wurden dabei die Parameter „Zwang zum Netzwerken im akademischen Feld“, „Tendenz der Marktorientierung der Akteur*innen“ und „natürlicher Dekrement der Verbindungen“ systematisch variiert. Diese stellen Möglichkeiten dar, Effekte der allgemeinen Spielregeln zu moderieren und unterschiedliche Entwicklungen bei exogener Beeinflussung aufzuzeigen. Der Parameter „Zwang zum Netzwerken im akademischen Feld“ definiert dabei die unterschiedliche exogen initiierte Neigung akademischer Institutionen, Verbindungen zu suchen. Höhere Werte implizieren dabei, dass in einer größeren Anzahl an Runden der Simulation Agent*innen des akademischen Feldes mit der Absicht Verbindungen aufzubauen an andere Akteure herantreten. Eine Erhöhung in diesem Parameter kann zum Beispiel höhere finanzielle Anreize durch Verbundprojekte abbilden. Die „Tendenz der Marktorientierung der Akteur*innen“ bildet hingegen die Neigung eine feldexterne Marktorientierung zu fördern, ab. Insofern stellt dies das externe Anreizsystem für Kooperationen mit Partnern aus Wirtschaft, Bürokratie und Verwaltung zu fördern und feldinternen Verbindungen ein geringeres Gewicht zu geben dar. Der „Dekrement“-Parameter stellt die „zufällige“ Chance auf die Beendigung einer Kooperation zwischen Akteur*innen dar. Insofern kann dieser als externer Parameter gelesen werden, der die allgemeine Stabilität von Verbindungen im PISA-Netzwerk beeinflusst.

Für jeden Parameter wurden dabei drei (gering, mittel, hoch) Ausprägungen getestet. Insgesamt wurde das Modell daher für $3^3 = 27$ verschiedene Parameterkombinationen getestet.

Ergebnisse

Zunächst sollte bei der Beurteilung der Ergebnisse ein Blick auf die Verläufe einzelner Akteur*innen geworfen werden, um beurteilen zu können, ob diese ein realistisches Bild der Modellierung abgeben, oder ob eine Divergenz zu den formulierten theoretischen Erwartungen und den gewählten Parametrisierungen festgestellt werden kann. Dabei zeigt sich für die gezogenen Verläufe einiger Akteur*innen ein zwiespältiges Bild. Während sich in den einzelnen Schritten kein exponentielles Wachstum in sehr kurzen Abständen (im ausgewählten Sample) festzustellen ist, zeigt sich in der Richtung der Entwicklung ein teils unrealistisches Bild. Hier findet sich für die gesampelten Akteur*innen im Zeitverlauf eine positive Entwicklung, welche realistische Erwartungen übertrifft. Folglich ist zu erwarten, dass das Modell in der vorliegenden Parametrisierung die Entstehung von Kanten überschätzt und daher, falls das

Modell für empirische Aussagen adaptiert werden sollte, entsprechend stärker kalibriert werden sollte.

Ein Aspekt, welcher in der Theoriebildung einen größeren Anteil hatte, ist die Unterscheidung zwischen einer Orientierung der Agent*innen im eigenen (primären) Feld und im Feld der Macht. Um hier einen Überblick in Bezug auf die Entwicklung der Felder zu gewinnen, wird in Abbildung 1 die durchschnittliche Kantenanzahl pro Feld und Schritt abgetragen. Die einzelnen Punkte sind dabei je nach der Stärke der internen und externen Durchsetzungskraft farblich abgetragen. Die interne und externe Durchsetzungskraft der Akteur*innen lässt sich dabei auf Basis von Innenfeldbeziehungen, Außenfeldbeziehungen und Marktorientierung des einzelnen Agenten fassen. Die kann dabei wie folgt ausgedrückt werden:

$$\text{Intern_Durch} = \frac{\text{Interne_Verbind}}{\text{Ges_Verbind}} (1 - \text{Marktorient}) \text{ Ges_Verbind}$$

und analog dazu:

$$\text{Intern_Durch} = \text{Interne_Verbind} (1 - \text{Marktorient})$$

Diese Formel drückt dabei aus, dass die Durchsetzungskraft eines Akteurs in Bezug auf andere Akteure innerhalb seines Feldes als Produkt der relationalen Orientierung mit der invertierten Marktorientierung mal der Anzahl der Verbindungen zu fassen ist. In der ersten Abbildung zeigt sich, dass für alle Felder, bis auf das militärische Feld, ein stetiges Wachstum zu beobachten ist. Für die Felder „Bildungsfeld“, „Feld der Beratung“, „kulturelles Feld“, „OECD“ lässt sich dabei eine Verschiebung der Durchsetzungskraft feststellen. Hier zeigt sich jeweils das Muster, dass zunächst ein Anstieg der externen Durchsetzungskraft einsetzt, welcher dann in eine stärkere interne Durchsetzungskraft transferiert werden kann. Insofern ist hier deskriptiv zu beobachten, dass über alle möglichen Parametrisierungen von „Zwang zum Netzwerken im akademischen Feld“, „Tendenz der Marktorientierung der Akteur*innen“ und „natürlicher Dekrement der Verbindungen“ eine stabile Tendenz besteht. Eine andere Entwicklung lässt sich für die Felder „akademisches Feld“, „politisches Feld“ und „ökonomisches Feld“ feststellen. Hier zeigt sich zunächst eine Entwicklung zu einer höheren externen Durchsetzungskraft, welche jedoch nicht nachhaltig ist und mit weiteren Schritten der Simulationsläufe wieder abnimmt. Insofern illustriert die Analyse, dass ein komplexes Zusammenspiel zwischen Durchsetzungskräften und Verbindungspotenzialen bestehen könnte, welches weiter untersucht werden muss.

Inwiefern Entwicklungspotenziale von den unterschiedlichen Parametrisierungen der ausgewählten Faktoren „Zwang zum Netzwerken im akademischen Feld“, „Tendenz der Marktorientierung der Akteur*innen“ und „natürlicher Dekrement der Verbindungen“ abhängen, lässt sich in der zweiten Abbildung genauer beobachten. In dieser werden die 250 Schritte der Simulationsläufe in 25 gleich große Abschnitte unterteilt und nach jedem zehnten Simulationslauf die Dichteverteilung der Realisationen abgetragen. Hier zeigen sich für die einzelnen Durchläufe des Modells mit verschiedenen Parametrisierungen konsistente Entwicklungen bis auf die Felder „akademisches Feld“, „bürokratisches Feld“ und „ökonomisches Feld“, wobei sich jeweils die Richtung der Entwicklung nicht ändert. Ein etwas besonderes Bild zeigt sich für das „militärische Feld“, welches nach mehreren Modellschritten kein konsistentes Bild mehr aufweist. Dies könnte sich jedoch auf die geringe Anzahl der Akteur*innen, welche primär dort verortet werden können, zurückführen lassen. Somit besteht hier ein großer Einfluss individueller Verläufe, welche nicht durch das Gesamtmuster kompensiert werden können.

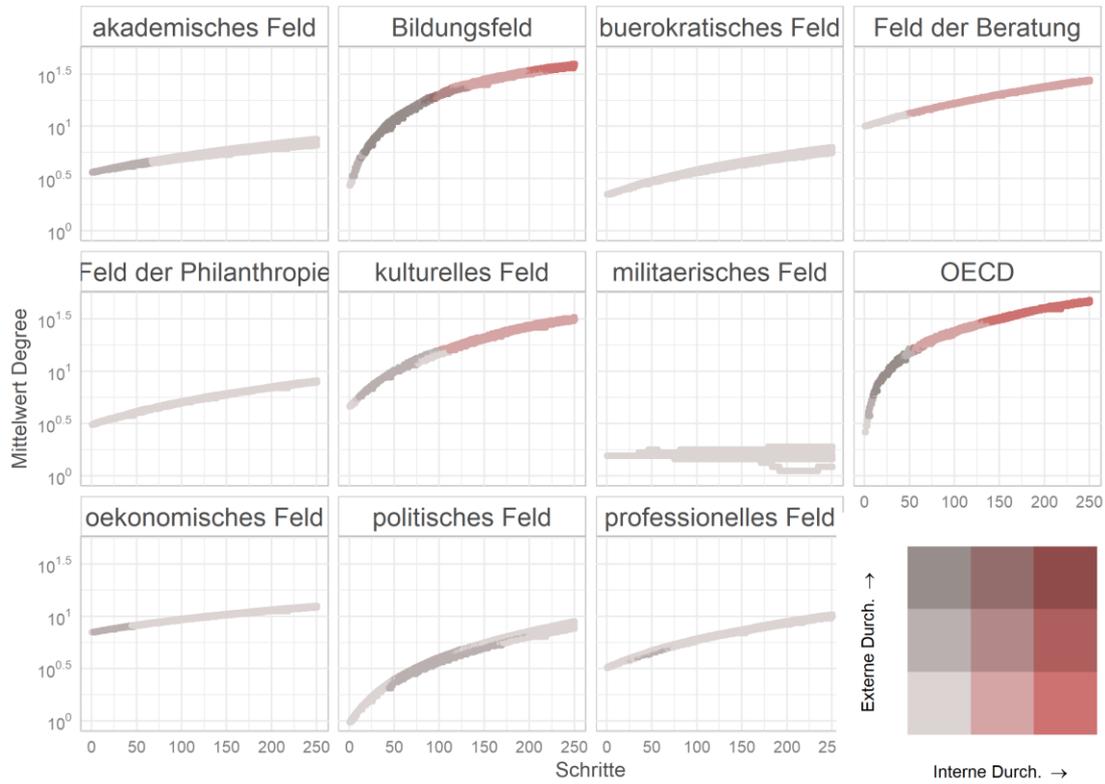


Abbildung 1: Verlauf der durchschnittlichen Kantenzahl, differenziert nach dem betrachteten Feld der Akteur*innen des Netzwerkes

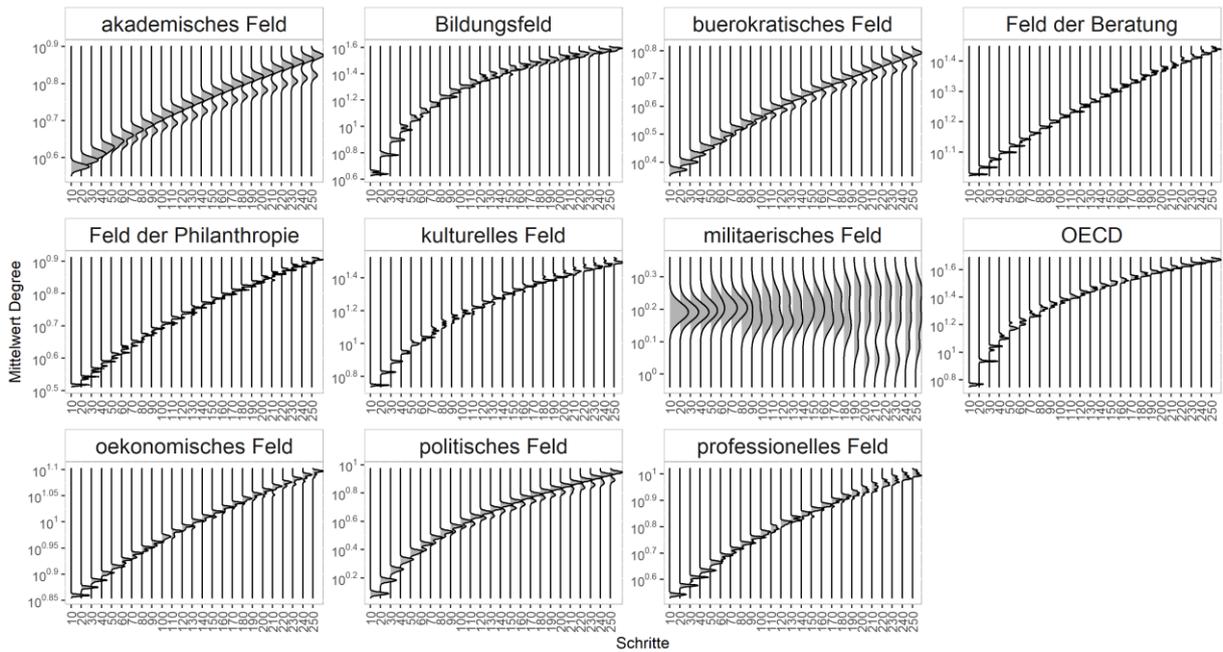


Abbildung 2: Verlauf der Verteilung der durchschnittlichen Kantenzahl, differenziert nach dem betrachteten Feld der Akteur*innen des Netzwerkes

Folglich zeigt sich auch bei der Berücksichtigung verschiedener exogener Effekte ein stabiles Bild der Entwicklung der Felder. Insofern lässt sich bei der Anwendung der Mechanismen aus Habitus-Feld-Theorie und netzwerktheoretischen Überlegungen festhalten, dass die betrachteten exogenen Faktoren nur einen geringen Einfluss auf die Gesamtstruktur ausüben. Es finden sich nur vereinzelte Unterschiede. Insbesondere für das akademische Feld ist dies recht überraschend, da hier viele einzelne Mechanismen zugleich wirken. Insgesamt spricht also vieles für ein „starres“ Wirken der theoretischen Annahmen, sofern man diese verfolgt. Es zeigt sich zudem die Bedeutung der Durchsetzungsmacht im Zusammenspiel mit der Entwicklung der durchschnittlichen Anzahl an Verbindungen der Knoten je Feld. „Erfolgreiche“ Felder schaffen es hier zunächst eine größere Menge an externer Durchsetzungskraft außerhalb des eigenen Feldes zu erlangen und dies dann in interne Durchsetzungskraft umzusetzen. Folglich lenkt die Betrachtung der theoretischen Muster durch ein agentenbasiertes Modell den Fokus auf die genauere Erforschung des Zusammenspiels von internen und externen Vernetzungsstrategien auf die Gesamtzahl an Verbindungen.

Reflexion der Einordnung

Zusammengefasst lässt sich folglich festhalten, dass agentenbasierte Modelle in der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten bieten, welche über strikt empirisch fokussierte Modelle hinausgehen. Vielmehr können auch theoretische Modelle oder Verbindung einzelner theoriegeleiteter Überlegungen durch die Methoden der Simulation, Interpretation und Reflexion erweitert und auf bisherige Lücken aufmerksam gemacht werden. Hier können Formen nicht beachteten emergenten Verhaltens, nichtlinearer Muster und Nebenwirkungen bestimmter Hilfsannahmen expliziert werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass eine entsprechende Fassung nicht ohne einen interpretativen Anteil der Forscher*innen auskommt. So bedarf es einer ausreichenden Beschäftigung mit der Theoriebindung der Modelle, der Plausibilität der Annahmen und Ergebnisse, sowie der in den vorherigen Abschnitten vorgestellten Kriterien der Einordnung.

Literatur

- Anheier, Helmut K., Jürgen Gerhards, und Frank P. Romo. 1995. Forms of capital and social structure in cultural fields: Examining Bourdieu's social topography. *American Journal of Sociology* 100:859–903.
- Bellomi, Francesco, und Roberto Bonato. 2005. Network analysis for Wikipedia. In *Proceedings of Wikimania*.
- Bourdieu, Pierre. 1975. The specificity of the scientific field and the social conditions of the progress of reason. *Information (International Social Science Council)* 14:19–47.
- Bourdieu, Pierre. 1997. Zur Genese der Begriffe Habitus und Feld. *Der Tote packt den Lebenden* 59–78. Hamburg: VSA-Verlag.
- Bourdieu, Pierre, und Richard Nice. 1977. *Outline of a Theory of Practice*. Cambridge University Press.
- Colizza, Vittoria, Alessandro Flammini, M Angeles Serrano, und Alessandro Vespignani. 2006. Detecting rich-club ordering in complex networks. *Nature Physics* 2:110–115.
- Ferguson, Neil. 2007. Capturing human behaviour. *Nature* 446:733–733.
- Hartong, Sigrid. 2012. *Basiskompetenzen statt Bildung?: Wie PISA die deutschen Schulen verändert hat*. Campus Verlag.

- Heinze, Thomas. 2012. Netzwerke der Wissenschaft. In *Handbuch Wissenschaftssoziologie*, Hrsg. abine Maasen, Mario Kaiser, Martin Reinhart und Barbara Sutter, 191–201. Wiesbaden: Springer.
- Hone, A. N. W., M. V. Irle, und G. W. Thurura. 2010. On the Neimark–Sacker bifurcation in a discrete predator–prey system. *Journal of Biological Dynamics* 4:594–606.
- Hummon, Norman P, und Thomas J Fararo. 1995. The emergence of computational sociology. *Journal of Mathematical Sociology* 20: 79–87.
- Klein, Dominik, Johannes Marx, und Kai Fischbach. 2018. Agent-Based Modeling in Social Science, History, and Philosophy. An Introduction. *Historical Social Research/Historische Sozialforschung* 43:7–27.
- Li, Yong, Muhammad Razaqat, Tariq Javed Zia, Imran Ahmed, und Chahn Yong Jung. 2019. Flip and Neimark–Sacker Bifurcations of a Discrete Time Predator-Pre Model. *IEEE Access* 7:123430–123435.
- Marttila, Tomas. 2014. Die wissensbasierte Regierung der Bildung – Die Genese einer transnationalen Gouvernamentalität in England und Schweden. *Berliner Journal für Soziologie* 24:257–287.
- Mathea, Robin Stanley. 2015. *Eine Übersicht über dynamische Modelle zur mathematischen Epidemiologie*. Helmut-Schmidt-Univ., Professur für Angewandte Mathematik.
- Metropolis, Nicholas, und Stanislaw Ulam. 1949. The Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association* 44:335–341.
- Moos, Lejf. 2009. Hard and soft governance: The journey from transnational agencies to school leadership. *European Educational Research Journal* 8:397–406.
- Müller, Birgit et al. 2013. Describing human decisions in agent-based models – ODD+ D, an extension of the ODD protocol. *Environmental Modelling & Software* 48:37–48.
- Münch, Richard. 2014. *Academic capitalism: Universities in the global struggle for excellence*. New York u.a. Routledge.
- Myles, John F. 2004. From doxa to experience: Issues in Bourdieu’s adoption of Husserlian phenomenology. *Theory, Culture & Society* 21:91–107.
- Parunak, H. Van Dyke, Robert Savit, und Rick L. Riolo. 1998. Agent-based modeling vs. equation-based modeling: A case study and users’ guide. In *Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*, Hrsg. Jaime Simão Sichman, Rosaria Conte und Nigel Gilbert, 10–25. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Riebling, Jan R., und Andreas Schmitz. 2016. Zombie Apocalypse: Modeling the social dynamics of infection and rejection. *Methodological Innovations* 9:1–12.
- Schelling, Thomas C. 1971. Dynamic models of segregation. *Journal of mathematical sociology* 1: 143–186.
- Schmitz, Andreas, Daniel Witte, und Vincent Gengnagel. 2017. Pluralizing field analysis: Toward a relational understanding of the field of power. *Social Science Information* 56:49–73.
- Schweitzer, Frank, Tamas Krivachy, und David Garcia. 2020. An agent-based model of opinion polarization driven by emotions. *Complexity* 2020: Article ID 5282035.
- Serrano, M Angeles. 2008. Rich-club vs rich-multipolarization phenomena in weighted networks. *Physical Review E* 78:026101.
- Slaughter, Sheila A., und Gary Rhoades. 2004. *Academic capitalism and the new economy: Markets, state, and higher education*. Baltimore: JHU Press.
- Stocker, Rob, David G Green, und David Newth. 2001. Consensus and cohesion in simulated social networks. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 4(4).
- Stonedahl, Forrest, und Uri Wilensky. 2008. NetLogo Virus on a Network model. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/VirusonaNetwork> (Zugegriffen: 05.08.2021).
- Witte, Daniel, und Andreas Schmitz. 2019. Netzwerke als transversale Felder. In *Netzwerke in gesellschaftlichen Feldern*, Hrsg. Jan Fuhse und Karoline Krenn, 25–61. Wiesbaden: Springer.