

## Complexity and Large Technical Systems

**Veranstalter:** Johannes M. Bauer, Michigan State University, USA; Volker Schneider, University of Konstanz

**Datum, Ort:** 30.05.2008-31.05.2008, Meersburg

**Bericht von:** Knud Böhle, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Forschungszentrum Karlsruhe

Zu der Konferenz, vom Charakter her vielmehr ein Workshop, waren etwa 25 Wissenschaftler als aktive Teilnehmer ins Neue Schloss in Meersburg geladen worden, zu denen sich noch einige weitere Diskutanten gesellten. Die Teilnehmer, überwiegend aus sozialwissenschaftlichen Disziplinen, verband das Interesse an „politischer Techniksteuerung“, um einen etwas aus der Mode gekommenen Begriff zu verwenden. Die Organisation lag in den Händen von JOHANNES M. BAUER (Quello Center, Michigan State University) und VOLKER SCHNEIDER (Universität Konstanz) und wurde in Kooperation mit dem AK „Politik und Technik“ der Deutschen Vereinigung für Politische Wissenschaft durchgeführt. Gefördert wurde die Veranstaltung außerdem von der Alexander von Humboldt Stiftung und dem Forum für Wissenschaft und Kultur Meersburg e.V.<sup>1</sup>

Der Workshop ging in seiner Ankündigung von der Diagnose aus, dass die Forschung zu den LTS (Large Technical Systems), die in den 1980er-Jahren entstanden war, verbunden mit Namen wie Thomas P. Hughes, Renate Mayntz, Charles Perrow oder Todd R. LaPorte, in den letzten 10 Jahren stagnierte, was, so die Veranstalter, nicht zuletzt mit einem Theoriedefizit zu tun hätte. Begriffe und Ansätze aus der Komplexitätstheorie seien in der Lage, so die Annahme, dieses Theoriedefizit zu beheben und der LTS-Forschung neue Impulse zu geben. Insbesondere sollten darüber auch Einsichten in die „Governance“ von LTS zu gewinnen sein.

Die Vorträge lassen sich grob in solche einteilen, die sich stärker theoretisch und konzeptionell mit Regelung, Regulierung, Management oder Gestaltung von LTS unter Bedingungen der Komplexität befassen und solchen, die empirisch orientiert Innovationsprozesse mit Hilfe der Komplexitätstheorie in den Bereichen der Informations- und Kommunikationstechnologien, der Energieversor-

gung oder des Luftverkehrs zum Gegenstand hatten. Im Folgenden werden nur die Beiträge vorgestellt, die deutliche Bezüge zu den Geschichtswissenschaften aufweisen.<sup>2</sup>

RENATE MAYNTZ, Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln, sprach über den Wandel der „Governance“ bei den großen technischen Infrastruktursystemen (LTIS large technical infrastructure systems), wobei sie immer wieder auf die historische Entwicklung der Telekommunikation, der Strom- und Wasserversorgung sowie des Schienenverkehrs rekurrierte. Im Zuge der Liberalisierung, die Mayntz vor allem als politisches Projekt sah, das sich im letzten Viertel des vergangenen Jahrhunderts über weite Teile der Welt verbreitet habe, seien aus funktional integrierten LTIS komplexe Systeme geworden, in denen räumlich verteilte, interdependente, konkurrierende Marktakteure aufträten, was einen erhöhten Koordinierungsbedarf erzeugt habe. Das besondere Anliegen des Vortrags war es, auf den damit einhergehenden Wandel der „Governance“ hinzuweisen, ein Aspekt, den die LTS-Forschung in den letzten Jahren vernachlässigt habe.

In Absetzung von früheren LTS Ansätzen betonte Mayntz die Unterscheidung von interner „Governance“ – also Regelungen, die zur Produktionsstruktur des LTIS rechnen und externer „Governance“. Zur „internen Governance“, die sich auf die Erbringung einer Versorgungsleistung bezieht, würde man nach dem Vortrag zuerst an Märkte, Verträge, Verbände, Verhaltenscodices denken, bei der „externen Governance“ an Regulierungsbehörden, gesetzliche Maßnahmen und Rechtsprechung.

Diese Unterscheidung sei mit der Transformation klassischer LTIS in Marktstrukturen nötig geworden. So spielten etwa in den liberalisierten LTIS neben den zuständigen ministeriellen Abteilungen zunehmend Regulierungsbehörden („independent regulatory authorities“ IRA) eine große Rolle. Externe Governance müsse heute auch den negativen Folgen der Liberalisierung begegnen, bezogen etwa auf Fragen der Qualität und Sicherheit der Dienste, auf Umweltziele oder Verbraucherschutz. Paradox formuliert, so Mayntz, müsse die externe „Governance“ so Einfluss auf die LTIS nehmen, dass der Markt letztlich so etwas wie einen „public service“ produziere. Die Liberalisierung habe also im Endeffekt mehr und neue Aufgaben für die Regulierer erzeugt. Die Komple-

---

<sup>1</sup> Konferenzwebsite mit Download der Präsentationen: <http://www.uni-konstanz.de/FuF/Verwiss/Schneider/largetech/index.php?pg=6&lan=1> (15.11.2008).

<sup>2</sup> Ein ausführlicherer Tagungsbericht kann beim Autor per E-mail angefordert werden.

---

xitätstheorie könne helfen, die Dynamik der sich wandelnden Infrastruktursysteme besser zu verstehen. Mayntz bemerkte aber gleichzeitig, dass Sozialwissenschaftler – nicht zuletzt wohl auch wegen der mathematischen Anforderungen – diesen Ansatz bisher kaum für die Erforschung von LTS genutzt hätten.

Auch für CHARLES PERROW von der Yale University, New Haven (Connecticut), bildeten die Veränderungen der Weltwirtschaft der letzten Jahrzehnte im Zuge der Liberalisierung den Hintergrund seiner Analyse. Dies vorausgeschickt ging es in seinem Beitrag „Modeling Firms in the Global Economy – New Forms, New Concentration“ um die neuen Beziehungen von Firmen in verschiedenen Produktionssystemen. Perrow wollte aufzeigen, dass die neuen Strukturen, nicht wie von vielen „New Economy theorists“ behauptet Dezentralisierung und verringerte Macht einzelner Unternehmen beinhalten, sondern gerade zu neuen Abhängigkeiten und erhöhter Machtkonzentration geführt hätten. Ohne zu bestreiten, dass neue Organisationsformen wie „relational contracting“ oder „modular contracting“ zu beobachten sind, bestritt er doch ihre Domianz: „The dominant firms appear to be vertically integrated hierarchies with captive suppliers, at least in those areas where one would expect to see the appearance of new forms such as relational contracting and modularity“ (Vortragsmanuskript). Wie Renate Mayntz hinter der Liberalisierung mehr denn je Aufgaben für die externe „Governance“ gefunden hat, so entdeckte Perrow hinter dem von den „New Economy theorists“ propagierten Leitbild der „collaborative community“ letztlich Machtkonzentrationen.

CHRIS C. DEMCHAK, University of Arizona, beschäftigte sich mit dem Militär und der Militärgeschichte, wobei sie das Militär als großes soziotechnisches System bzw. noch präziser als „complex adaptive networked largescale system“ in den Blick nahm. Das Militär wurde deshalb zum Forschungsgegenstand genommen, weil sich hieran in besonderer Weise für andere LTS und praktisch alle größeren Organisationen etwas lernen ließe. Komplexität impliziere Anfälligkeit für Überraschungen und erzeuge im Gegenzug einen Bedarf die Resilienz zu erhöhen. Der Fall des Militärs sei eben deshalb besonders interessant, weil das Militär die Einrichtung *par excellence* sei, die gegen Überraschungen gewappnet sein sollte und besonders adaptiv und pro-aktiv mit der Steigerung ihrer Resilienz befasst sein müßte. Resilienz fasste

Demchak als „*capacity for collective action in the face of unexpected extreme events that shatter infrastructure and disrupt normal operating conditions. ... [involving] processes of sensemaking and creative problem solving in sociotechnical systems over time... in complex, social systems. ... [and] actions that range from improvisation to innovation under urgent conditions*“. Wissen (genauer: das im Fall von Überraschungen verfügbare Wissen) sei ein entscheidendes Element von Resilienz. Wissen meint hier immer auch die entsprechende Implementation des Wissens in Verfahren, Abläufen, Ausbildung und Kenntnissen des Personals. In diesem Zusammenhang wurde eine Unterscheidung zwischen „knowable unknowns“ und „unknowable unknowns“ getroffen. Auf Maßnahmen, die „knowable unknowns“ durch Wissen abzubauen käme es an, also darauf, das zu wissen, was man wissen kann. Dieses Wissen sei die Voraussetzung, auch besser mit „unknowable unknowns“, die sich als Überraschungen manifestieren, fertig zu werden.

Von hier aus fragte Demchak, mit Blick auf bekannte militärische Fehlschläge in der Geschichte, woran es gelegen hat, wenn nicht genug für die Resilienz getan wurde. Warum hat man in diesen Fällen nicht gewusst, was man hätte wissen können? Mit einer Klassifikation, die sie von den Militärhistorikern Cohen und Gooch übernommen hat, unterschied sie drei Formen der Wissensarbeit: „absorb“, „forecast“ und „adapt“, was im militärischen Kontext in etwa Folgendes meint, wie Demchak erläuterte: erstens, das in einer Organisation vorhandene Wissen auch zu nutzen und die Organisation danach auszurichten, zweitens, mögliche Aktionen des Gegners voraus zu bedenken und dafür alles beschaffbare Wissen zu verwenden, und drittens die Fähigkeit, das vorhandene Wissen während des Kampfes an sich verändernde Lagen anzupassen. Wo diese Wissensarbeit nur unzureichend geleistet wurde, sei es zu militärischen Desastern gekommen.

Von der Handlungstheorie her ging Demchak die Frage an, warum man das fehlende Wissen nicht gesucht und erarbeitet habe, obwohl es doch um Leben und Tod ging. Ein Gang durch die Geschichte militärischer Fehlschläge zeige, dass besonders häufig versäumt wurde, verfügbares Wissen zu absorbieren und zu wenig „forecast“ (in dem oben angedeuteten Sinne) betrieben worden sei. Die hindernden Motive wären vor allem eine falsche Selbstgewissheit, dass man gar nicht mehr wissen müsse, und eine Einstellung, dass es nicht

legitim wäre, neues Wissen zu suchen (weil das etwa vorausgesetzt hätte, einen älteren, unfähigen, ranghöheren Militär durch einen jüngeren zu ersetzen). Auch gegenwärtig, so Demchak zum Abschluss ihrer Ausführungen, würden im Zuge der Modernisierung des Militärs die „knowable unknowns“ vernachlässigt: zum einen sei das Militär zu einseitig am Kriegsfall ausgerichtet und zu wenig mit Nicht-Kriegseinsätzen befasst und zum anderen verlasse man sich zu sehr auf die neue Technik ohne bei der Ausbildung des Personals genügend Wissen über Grenzen und Ambivalenzen der Technik zu vermitteln, was unter Umständen zu Ergebnissen wie „friendly fire“ führe. Aufgabe der Organisationen sei es, entsprechend gegenzusteuern.

In dem Vortrag von RICHARD HAWKINS, der auf einem mit MAYA PACZUSKI (beide von der University of Calgary, Kanada) verfassten Manuskript beruhte, wurde die Komplexitätstheorie herangezogen, um eine neue Sichtweise auf Technikgenese, Innovations- und Diffusionsprozesse zu eröffnen. Als Beispiel, um die neue Sichtweise zu illustrieren, wurden Entwicklungen im Kommunikationsbereich gewählt. Komplexe Systeme seien grundsätzlich als im Zustand eines Ungleichgewichts zu konzipieren, auch wenn es oft anders aussehen mag. Alle LTS „are poised on the verge of change“ oder „poised at the brink of transformation“. Vom Komplexitätsansatz her wurde Kritik an linearen Erzählungen von Innovationsabläufen, kausalen Abläufen und an Annahmen von Gleichgewichtszuständen geübt. In diesem Zusammenhang kritisierte Hawkins auch den Innovationssystemansatz in der Innovationsforschung, der noch mit einem linearen Evolutionsmodell arbeite, weil er von Basisinnovationen ausgehe, an die sich dann weitere kleinere Innovationen anschließen. Er kritisierte auch, dass dort ein zu enges Verständnis von Innovationen vorherrsche, nämlich verengt auf technische und kommerzielle Innovationen, während die Komplexitätstheorie viel breiter ansetze, und Innovation etwa „as practical application of a new idea“ oder noch weiter als „any event that could lead to either outcome“ fasse.

Bezogen auf Innovationsprozesse in der Telekommunikation konkretisierte er, dass dort meistens Digitalisierung und Deregulierung als Ursache angenommen würden, dabei aber die Kontingenz unterschätzt würde, d.h. dass kritische Weggabelungen, die von kleinen Ereignissen abhängen könnten, übersehen würden. Und er verwies darauf,

dass die Dynamik des mobilen Telefonierens doch wesentlich der nicht geplanten Entdeckung der SMS-Funktionalität durch Endnutzer zuzuschreiben sei. [Aus diesem Topos, das sei nebenbei bemerkt, ist inzwischen fast schon ein Mythos geworden und es lohnte sich vielleicht noch einmal genauer hinzuschauen, mit welchen Begründungen das „Messaging“ in den GSM-Standard seinerzeit hineinspezifiziert wurde.]

Hawkins war der Meinung, dass man die Dynamik solcher Innovationsprozesse nicht nur rekonstruieren, sondern in gewissem Maß auch antizipieren könne, wenn man die Entwicklungsphasen empirisch genau untersuche, etwa auf den Kapazitätsausbau innerhalb einer bestimmten Netzarchitektur schaue und beobachte, wo sich im inkrementellen Wandel radikalere Änderungen anbahnen.

Die abschließende Diskussionsrunde zeigte, dass der Workshop von allen Teilnehmern als sehr fruchtbar empfunden wurde. In mehreren der Statements wurde die konkrete Beschäftigung mit Anwendungsfeldern, die Berücksichtigung von Machtphänomenen und von Technologie („technology is back in“) begrüßt. Das Thema LTS, wenn man es als Beschäftigung mit kritischen Infrastrukturen sieht, wird weiterhin Aufmerksamkeit erhalten – dafür sorgt schon das Internet. Was künftig noch stärkere Beachtung verlange, war nach Meinung einiger eine stärkere Berücksichtigung der Nutzer der zu untersuchenden LTS. Des Weiteren wurde für mehr bereichsübergreifende und vergleichende Studien und eine stärkere Annäherung von Politischer Wissenschaft und LTS-Forschung plädiert.

Zurück zur Ausgangsfrage der Veranstalter, ob die LTS-Forschung durch die Komplexitätstheorie neuen Wind in die Segel bekommt. Klar sagen lässt sich, dass auf dem Workshop fast ausnahmslos höchst interessante und originelle Arbeiten vorgestellt wurden. Aber waren das Beispiele für eine neue LTS-Forschung? Eher scheint es so, dass inzwischen in der globalen, komplexen Welt fast alles komplex ist und in dieser Dimension zu untersuchen ist, wobei die LTS ihrerseits so groß und so komplex geworden sind, dass überhaupt nur noch Ausschnitte untersucht werden können. Insofern waren die eigentlich zentralen Gegenstände der Tagung auch nicht Systeme, sondern Innovationsprozesse und Transformationsprozesse. Bei der Komplexität anzusetzen eröffnet dabei in der Tat neue Perspektiven und kann nicht nur die Innova-

tionsforschung für nicht-lineare Prozesse sensibilisieren und einen theoretischen Bezugspunkt für die empirische Untersuchung sozio-technischen Wandels liefern.

Der Anspruch der sozialwissenschaftlichen Komplexitätsansätze liegt derzeit offenkundig auf der Ebene einer Theorie mittlerer Reichweite, die empirische Forschung anleiten kann. Man kann die sozialwissenschaftliche Beschäftigung mit Komplexitätstheorien wohl auch als wichtigen neuen Impuls für eine Soziologie begreifen, die am Auffinden sozialer Mechanismen zur Erklärung sozialer Prozesse interessiert ist (der von Norbert Elias in „Die Höfische Gesellschaft“ entwickelte „Königsmechanismus“ wäre ein Beispiel; vgl. zu dieser Tradition den Überblick von Mayntz 2002<sup>3</sup>; die Relevanz dieser Perspektive für die neuere Geschichtswissenschaft bestätigt etwa M. Vincent 2008 in ihrer Besprechung der Arbeit von Stathis N Kalyvas zur Logik der Gewalt in Bürgerkriegen.<sup>4</sup>)

Zum möglichen Nutzen der Komplexitätstheorie für die (interne oder externe) „Governance“ von LTS kann dreierlei gesagt werden. Zum einen sensibilisiert ein Verständnis von Komplexität für die Grenzen direkter Steuerung und Kontrolle; darüber hinaus lassen sich zweitens auch durchaus Managementregeln herausarbeiten. Drittens kann auf Basis der Komplexitätstheorie das Verhalten sozio-technischer Systeme möglicherweise auch (computergestützt) für bestimmte Anwendungsbereiche (man denke etwa an Stauvermeidung im Straßenverkehr oder den Datenfluss im Internet) so genau modelliert werden, dass sich konkrete Regulierungsmaßnahmen darauf stützen können. An dem Umstand, dass man Systeme, wenn sie wirklich komplex und nicht nur kompliziert sind, letztlich eben nicht planen und managen kann, ändert das nichts.

Im Zentrum der Tagung stand der Nutzen der Komplexitätstheorie für die LTS-Forschung. Vielleicht lohnte es sich, den Nutzen der Komplexitätstheorie für die verschiedenen Disziplinen der „Humanities“ einmal vergleichend zu diskutieren.

<sup>3</sup> Renate Mayntz, Soziale Mechanismen in der Analyse gesellschaftlicher Makro-Phänomene. In: Uwe Schimank / Rainer Greshoff (Hrsg.), Was erklärt die Soziologie?, Berlin 2005, S. 204-227.

<sup>4</sup> Mary Vincent: Rezension zu: Kalyvas, Stathis N.: The Logic of Violence in Civil War. Cambridge 2006. In: H-Soz-u-Kult, 08.10.2008, <<http://hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/rezensionen/2008-4-021>>.

## Konferenzübersicht:

Welcome and introductions

Johannes M. Bauer, Michigan State University

Volker Schneider, University of Konstanz

Modeling Firms in the Global Economy – New Forms, New Concentration.

Charles Perrow, Yale University

The Implications of Complexity for Understanding Innovation in Large Technical Systems

Richard Hawkins, University of Calgary

Maya Paczuski, University of Calgary

The changing governance of large technical infrastructure systems

Renate Mayntz, Max Planck Institute

Lessons from complexity theory for the governance of LTS

Johannes M. Bauer, Michigan State University

Volker Schneider, University of Konstanz

Transformation of Complex Systems in the Era of Autonomous Technology. The Case of Air Transportation.

Johannes Weyer, Technical University Dortmund

Cybersecurity as an Emergent Property of the Internet

Michel van Eeten, Technical University Delft

Militaries as Largescale Socio-Technical Systems Probing Resilience

Chris C. Demchak, University of Arizona

Designing and managing complex technology for resilience

Patricia H. Longstaff, Syracuse University

The Open Meltdown – Applying Open Source Methods to Large Technical Systems

Sandro Gaycken, Bielefeld University and University of Stuttgart

Energy as Complex Large Technical System. Institutional fragmentation and the management of large technical systems

Mark deBruijne, Faculty of Technology, Policy and management Delft University of Technology

Large technical systems as ecological games: from telephony to the internet

William Dutton, Oxford University

Volker Schneider, University of Konstanz

Thierry Vedel, CNRS-Sciences-Po

A complex adaptive system perspective of the Internet telephony market

Johannes M. Bauer, Michigan State University

Thomas Malang, University of Constance

Volker Schneider, University of Constance

Tagungsbericht *Complexity and Large Technical Systems*. 30.05.2008-31.05.2008, Meersburg. In: H-Soz-u-Kult 08.12.2008.