

**Complexity and Large Technical Systems.** A conference organized by Johannes M. Bauer, Michigan State University, USA & Volker Schneider, University of Konstanz, Germany. May 30-31, 2008 at the New Castle of Meersburg

Bericht von:

Knud Böhle, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Forschungszentrum Karlsruhe

E-Mail: <boehle@itas.fzk.de>

## 1. Einleitung

Zu der Konferenz, vom Charakter her vielmehr ein Workshop, waren etwa 25 Wissenschaftler als aktive Teilnehmer (Referenten, Koreferenten, Moderatoren) ins Neue Schloss in Meersburg geladen worden, zu denen sich noch einige weitere Diskutanten gesellten. Johannes M. Bauer und Volker Schneider hatten nicht nur die Organisation dieses Workshops übernommen, sondern waren auch an vier der zwölf vorgestellten Beiträge beteiligt.

Der Workshop ging in seiner Ankündigung von der Diagnose aus, dass die Forschung zu den LTS (Large Technical Systems), die in den 80er 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.

Im Folgenden werden die einzelnen Beiträge kurz vorgestellt, einige Punkte aus den Diskussionen angesprochen und schließlich eine zusammenfassende Einschätzung der Erträge des Workshops gegeben. Die für diesen Bericht vorgenommene Reihenfolge der Beiträge entspricht nicht genau dem Veranstaltungsverlauf, sondern ordnet etwas stärker thematisch. Da die Konferenzsprache englisch war, werden auch in dem Bericht häufiger englische Fachtermini verwendet und zwar nicht nur deshalb, weil es keine deutsche Entsprechungen gäbe, sondern weil es nicht immer eindeutig ist, welchen deutschen Ausdruck man im Sinne der Autoren jeweils zu verwenden hätte (z.B. wenn von "Governance" die Rede ist).

## 2. Theoretisch fundierte Kritik am Neoliberalismus

RENATE MAYNTZ, Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln, sprach über "The changing governance of large technical infrastructure systems" (LTIS), wobei sie immer wieder auf konkrete Entwicklungen der Telekommunikation, der Strom- und Wasserversorgung sowie des Schienenverkehrs als LTIS rekurrierte. LTIS werden hier als sozio-technische Systeme aufgefasst. Im Zuge der Liberalisierung, die Mayntz vor allem als politisches Projekt sieht, das sich über weite Teile der Welt verbreitet hat, sind aus funktional integrierten LTIS komplexe Systeme geworden, in denen räumlich verteilte, interdependente, konkurrierende Marktakteure auftreten, was einen erhöhten Koordinierungsbedarf erzeugt hat. 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". Bei "interner Governance", die sich auf die Erbringung einer Versorgungsleistung bezieht, würde man zuerst vielleicht an Märkte, Verträge, Verbände, Verhaltenscodices u.ä 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, muss die externe Governance so Einfluss auf die LTIS nehmen, dass der Markt letztlich so etwas wie einen "public service" produziert. Die Liberalisierung hat also im Endeffekt mehr und neue Aufgaben für die Regulierer erzeugt. Die Komplexitätstheorie könne helfen, die Dynamik der sich wandelnden Infrastruktursysteme besser zu verstehen. Mayntz bemerkte aber gleichzeitig, dass Sozialwissenschaftler diesen Ansatz bisher kaum für die Erforschung von LTS genutzt hätten – nicht zuletzt wohl auch wegen der mathematischen Anforderungen.

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 Machtkonzentrationen geführt hätten. Ohne zu bestreiten, dass neue Organisationsformen wie "relational contracting" oder "modular contracting" zu beobachten sind, bestritt er doch ihre Dominanz: "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

Unter dem Titel "Lessons from Complexity Theory for the Governance of Large Technical Systems" zeigten JOHANNES M. BAUER und VOLKER SCHNEIDER auf, dass die Komplexitätstheorie auf dem heutigen Stand geeignet ist, gewinnbringend auch für die Analyse großer Infrastruktursysteme und deren "Governance" eingesetzt zu werden. Es ist wichtig an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass die Autoren nicht von einer spezifischen auf soziale Phänomene anwendbaren Komplexitätstheorie ausgingen, sondern von einem Strauß an Theorieangeboten, die sich für die Untersuchung komplexer sozialer Phänomene eignen. Damit meinten sie konkret neue Entwicklungen des neo-institutionalistischen Denkens, des weiteren die Anwendung ökologischen und evolutionären Denkens auf soziale Phänomene, eine Forschungstradition die sich bis zum "Chicago human ecology movement" am Anfang des 20. Jahrhunderts zurückverfolgen lässt, und sich heute in "ecosystems"-Ansätzen findet, die häufig in der Organisationssoziologie angewendet werden. Als dritter Theoriestrang wurde die Theorie komplexer adaptiver Systeme (complex adaptive systems – CAS) angeführt. Was die Ansätze gemeinsam haben ist eine Auffassung von sozialer Ordnung als kontingent und emergent.

Nach diesem Einstieg ging es den Autoren darum zu zeigen, dass mit der Komplexitätstheorie auch etwas für die "Governance" (hier vor allem gemeint als politische Gestaltung und Regulierung) von LTS gewonnen werden kann. "Governance" bezieht sich dabei spezifisch auf die "social technologies" und politischen Instrumente, die die Koordination kollektiver Angelegenheiten ermöglichen und die helfen, unerwünschte soziale Zustände frühzeitig bemerken und bearbeiten zu können. Gegenüber einer Sicht, dass in komplexen Systemen die Folgen von Entscheidungen nicht kalkuliert werden können, halten Bauer und Schneider an der Möglichkeit rationaler Politik fest, wen sie sagen "that governance is possible and that it makes a difference, that it is capable of nudging the system in a specific direction, even if the eventual outcome can not be determined with certainty" (Vortragsmanuskript). Sie argumentierten, dass gerade Einsichten in die Komplexität sozio-technischer Systeme der Wahl geeigneter "policy instruments" zu Gute kommen könne. Damit meinten sie konkret unter anderem, dass oft Maßnahmen auf

lokaler Ebene Erfolg versprechender sind als globale Maßnahmen; dass Experimente im Kleinen durchzuführen nützlich sein kann; dass oft die Unterstützung von Mechanismen der Selbstorganisation effektiv sein kann oder dass es manchmal sinnvoller sein kann in einem soziotechnischen System auf erhöhte Stabilität hinzuwirken als auf die Erhöhung der Effizienz.

CHRIS C. DEMCHAK, University of Arizona, beschäftigte sich mit dem Militär: "Military as Largescale socio-Technical Systems Probing Resilience". Der Gegenstand ist keineswegs esoterisch gewählt. Das Militär wurde als "complex adaptive networked largescale systems" ausgewählt, weil sich an diesem Beispiel in besonderer Weise für andere LTS und praktisch alle größeren Organisationen etwas lernen ließe. Komplexität impliziert Anfälligkeit für Überraschungen und erzeugt im Gegenzug einen Bedarf die Resilienz zu erhöhen. Der Fall des Militärs ist eben deshalb besonders interessant, weil das Militär die Einrichtung *par excellence* ist, die gegen Überraschungen gewappnet sein sollte und besonders adaptiv und pro-aktiv mit der Steigerung ihrer Resilienz befasst sein sollte. 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 Kenntnisse des Personals. In diesem Zusammenhang wurde eine Unterscheidung zwischen "knowable unknowns" und "unknowable unknowns" gemacht. Auf Maßnahmen, die "knowable unknowns" durch Wissen abzubauen käme es an, also darauf, das zu wissen, was man wissen könnte. Dieses Wissen erscheint als 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 lag, dass man nicht genug für die Resilienz getan hat. 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, 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. Wird diese Wissensarbeit nur unzureichend geleistet, kommt es zu militärischen Desastern. Von der Handlungstheorie her ging sie die Frage an, warum man das fehlende Wissen nicht gesucht und erarbeitet hat, 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 die falsche Selbstgewissheit, dass man gar nicht mehr wissen müsse und eine Einstellung, dass es nicht legitim gewesen wäre, neues Wissen zu suchen (weil das z.B. 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 Militärs 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.

Der Vortrag von PAT H. LONGSTAFF, Syracuse University, USA, "Designing and managing complex technology for resilience" schloss thematisch an den Vortrag von Demchak an. Die Leitbegriffe waren wieder Komplexität und Resilienz, das Anwendungsfeld aber die Gestaltung komplexer Technologien und ein angemessenes Management in Unternehmen, die komplexe Technologien entwickeln. Es ging Longstaff darum, Einsichten der Komplexitätstheorie auf die

Gestaltung und das Management komplexer Technologien anzuwenden und Hinweise zu geben, wie die Resilienz und damit die Anpassungsfähigkeit gegenüber bestandsbedrohenden Überraschungen erhöht werden könnten. Anders als bei einfachen Risikoabschätzungen, bei denen das Risiko kalkuliert werden kann (Szenarien, Spieltheorie, Computermodelle) und nur der Zeitpunkt des Eintritts unvorhersehbar ist, wurde hier auf eine Risikoreduktionstrategie für komplexe Systeme abgestellt, bei denen es zu nicht antizipierbaren, nicht vorhersagbaren Überraschungen kommen kann. Systemen, denen es gelingt so auf Störungen zu reagieren, dass sie langfristig ihre Identität oder Funktion bewahren können – nicht ohne sich dabei anzupassen und zu verändern - bescheinige man "ökologische" Resilienz. Diese unterscheidet sich von "engineering resilience", die in etwa Widerstandsfähigkeit meint und am Beibehalten eines Zustands oder der Rückkehr zu einem früheren Zustand abzulesen wäre (etwa ein "reset", wenn am Computer nichts mehr läuft). Resilienz enthält keine Wertung: auch schlechte Regierungen, oder die Mafia können resilient sein.

Wenn es zutrifft, so Longstaff, dass die Entwicklung und Gestaltung komplexer Technologien nur angemessen als komplexer Prozess mit den inhärenten Unsicherheiten und der Anfälligkeit für Überraschungen gefasst werden kann, dann habe das Folgen für das Design von Projekten und für das Management von Firmen. Ein Grundproblem sei, dass dieser Erkenntnis noch die Anerkennung fehle. Zwar wüssten die Ingenieure, dass komplexe Technologien Überraschungen zeitigen können, genau das werde aber den Kunden und Förderern nicht kommuniziert. Da wäre ein Umdenken nötig. Komplexe Technologien sollten in Anerkennung ihrer Komplexität z.B. nur gefördert werden, wenn für entsprechende Resilienz im Design Sorge getragen würde. Das meint etwa den Aufbau von Redundanzen, Puffern, Fehlertoleranzen, Effizienzverzicht, Improvisationsfähigkeit etc. Des Weiteren müssten Firmen, die es mit hoher Unsicherheit zu tun haben, anders gemanaged werden, d.h. als "resilient organisations" ausgelegt werden. Zu den Empfehlungen, die freilich nicht als Rezepte gemeint sind, für ein angemessenes Management zählte Longstaff etwa Warnungen vor Kontrollillusionen, die Anerkennung von Fehlern und ein Abkommen vom "blame game", Redundanz bei Personal in Schlüsselstellungen, losere Kopplung, Entschleunigung, Resilienzstrategien nicht von oben einzuführen, sondern auf mehreren Ebenen anzusiedeln, Resilienz über Experimente und viele Versuche zu erhöhen etc. Kurzum, Longstaff zeigte sich überzeugt, dass die Forschung über "unpredictable systems", die jetzt noch am Anfang stehe, die Basis für erfolgreiche Managementstrategien im 21. Jahrhundert liefern wird.

### 3. Komplexitätstheorien und Innovationsprozesse im Bereich der IKT

In dem Vortrag von RICHARD HAWKINS, der auf einem mit MAYA PACZUSKI (beide von der University of Calgary, Kanada) verfassten Manuskript beruhte "The Implications of Complexity for Understanding Innovation in Large Technical Systems", wurde der Komplexitätsansatz angewendet, um eine neue Sichtweise auf Technikgenese, Innovations- und Diffusionsprozesse zu eröffnen. Als Beispiel, um die neue Sichtweise zu illustrieren, wurden Entwicklungen im Kommunikationsbereich herangezogen. 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, denen dann weitere Innovationen nachfolgten. 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 ist der Meinung, dass man die Dynamik solcher Innovationsprozesse nicht nur rekonstruieren, sondern in gewissem Maß auch antizipieren kann, wenn man die Entwicklungsphasen empirisch genau untersucht, etwa auf den Kapazitätsausbau innerhalb einer bestimmten Netzarchitektur schaut und beobachtet, wo sich im inkrementellen Wandel radikalere Änderungen anbahnen. Möglichkeiten der (politischen) Einflussnahme auf solche Innovationsprozesse sah Hawkins durchaus – nicht unähnlich den angesprochenen Überlegungen von Bauer und Schneider zur "Governance" von LTS.

WILLIAM H. DUTTON (University of Oxford); VOLKER SCHNEIDER (Universität Konstanz) und der Vortragende THIERRY VEDEL (Centre de recherches politiques de Sciences Po Paris, France) stellten ihren "Ecology of Games" genannten Ansatz vor, welcher der Komplexitätsforschung im weiteren Sinne (s.o. zu Bauer und Schneider) zuzurechnen ist. Anwendung findet der Ansatz für die Untersuchung von Entwicklungen im Bereich der Telekommunikation. Entsprechend lautete der Titel der Präsentation: "Large Technical Systems as Ecologies of Games: Cases from Telecommunications to the Internet". In dem vorgestellten Ansatz werden zwei Traditionslinien zusammengebracht: der "Ecosystem-Ansatz" und die Spieltheorie. Ökologische oder evolutionäre Ansätze auf soziale Phänomene anzuwenden habe schon eine gewisse Tradition; sie in einer "ecology of games" mit der Spieltheorie zusammenzubringen wurde, so der Referent, erstmals von Norton Long (1958) unternommen und später nicht zuletzt von Dutton und Vedel wieder aufgenommen. Der Anspruch ist, einen heuristisch reichen und nützlichen Rahmen zu gewinnen, um die Dynamik von Entscheidungsprozessen in Technologie und Politik besser empirisch untersuchen und besser verstehen zu können. Die Autoren sprachen auch von "sensitizing concepts", und meinten damit, dass der Ansatz einen anderen Blick auf die Dynamik bestimmter sozialer Prozesse eröffne.

Entwicklungen wie Videotex oder Internet ließen sich aus der Interdependenz mehrerer gleichzeitig stattfindender Spiele rekonstruieren, wobei die einzelnen Spiele unterschiedlichen Regeln folgten und auch jeweils unterschiedliche Spieler beteiligt seien – manche Spieler aber auch an mehreren Spielen teilnahmen. Es gäbe keine Instanz, die alle Spiele kontrollieren könnte. Eine zentrale Idee war, dass der Zustand und die Entwicklung von "Ecosystems" aus "uncontrolled interactions of controlled systems" resultieren. Die "controlled systems" werden hier als Spiele mit Regeln konzipiert, in deren Rahmen Spieler ihre Strategien in Ansehung der Strategien anderer entwickeln und auch die Änderung der Regeln selbst wieder zum Gegenstand von Strategien werden kann. Die Spieltheorie wird hier vor allem genutzt, um das strategische Verhalten von Akteuren zu modellieren, von einer quantitativen, mathematischen Modellierung nahmen die Autoren aber bewusst Abstand, weil die Spieltheorie nur einfache Spiele modellieren könne. Spezifisch an der hier eingenommenen Perspektive, die sie mit der Komplexitätstheorie teilt, ist sicherlich die Betonung der Interdependenz verschiedener Spiele, deren Gesamtergebnis ungeplant und nicht planbar ist. "Internet Governance" war das nahe liegende Beispiel, das die Autoren erläuterten, da hier ganz offensichtlich keine zentrale Instanz die Kontrolle innehat. Ein interessantes Ergebnis war, dass die "policy games" in der Tat gut abgrenzbar waren und die Spieler in der Regel auch nur eingeschränkte Ziele verfolgten, etwa den freien Zugang zum Internet, Durchsetzung von "intellectual property rights", Datenschutz etc.

Der Beitrag von MICHEL J.G. van EETEN (Delft University of Technology) und JOHANNES M. BAUER "*Cybersecurity as an Emergent Property of the Internet*" lieferte ein sehr gutes Beispiel, wie Konzepte der Komplexitätstheorie für empirische Forschung fruchtbar gemacht werden können. Das Internet wurde als "komplexes adaptives System" gefasst, dessen Zustand aus dem Verhalten der relativ unabhängigen, aber doch vom Verhalten anderer beeinflussbarer

Akteure resultiert. In diesem Kontext erscheint Internet-Sicherheit dann als "emergente Eigenschaft" (emerging property).

In der empirischen Studie, die dieses Verständnis von Internet-Sicherheit erhellen sollte, wurden im Jahr 2007 47 Interviews geführt (mit 57 "professionals" aus sechs Ländern und acht Akteurstypen zugeordnet). Die befragten Experten sollten Auskunft geben über die Anreize in Sicherheit zu investieren und die "trade offs" (z.B. mehr Investitionen in Sicherheit, Verteuerung des Dienstes). Neben monetären Anreizen wurden auch nicht direkt monetäre Anreize wie Reputationsgewinne oder –verluste berücksichtigt. Für die Analyse kam es insbesondere auch darauf an, die Chancen, Sicherheitskosten abzuwälzen und negative Feedbackschlaufen eines solchen Verhaltens aufzuspüren. In der Präsentation wurden die Ergebnisse für zwei Akteursgruppen eingehender vorgestellt: für ISP (Internet Service Provider) und Finanzdienstleister im Internet. Für ISP gibt es durchaus Anreize, in Sicherheit zu investieren, die sich zum einen auf hohe Kosten bei Sicherheitsvorfällen (z.B. Kosten pro Kundenanruf zwischen 8 und 16 €) und zum anderen auf die informellen, reziproken Beziehungen der ISP untereinander zurückführen lassen, um nur zwei wichtige Aspekte zu nennen. Bei den Finanzdienstleistern sah es anders aus: Online Transaktionen bedeuten für die Banken Kosteneinsparung in großem Stil und deshalb sind sie häufig bereit, externe Kosten, die im Schadensfall entstehen, zu internalisieren, um den Schaden, der durch abspringende Kunden entstehen würde zu vermeiden. Dazu käme, so die Autoren, dass der monetäre Schaden im Onlinebanking (etwa durch "phishing") im Vergleich mit anderen Betrugsformen wie gefälschten oder gestohlenen Karten noch gering sei. Es stellte sich auch heraus, dass nicht Vertrauen in die Sicherheit der Systeme für Kunden entscheidend wichtig ist, sondern die Zusicherung, dass ein Nutzer auch im Falle eines Betrugs entschädigt wird. Das machte deutlich, dass in der Bank-Kunden-Beziehung möglicherweise das Sicherheitsniveau über das Haftungsregime beeinflusst werden kann, wenn Endnutzer und Händler stärker in die Haftung einbezogen werden – wie derzeit in Neuseeland, wo Kunden nur noch entschädigt werden sollen, wenn ihre Antivirensoftware zum Zeitpunkt des Betrugs auf dem neuesten Stand war. An dem insgesamt überzeugenden Vortrag hat mich nur gewundert, dass auf die für die Sicherheit des Internet wichtige Wechselbeziehungen von "Angreifern" und "Sicherheitsindustrie" nicht eingegangen wurde.

THOMAS MALANG, VOLKER SCHNEIDER, (beide Konstanz), TITHI CHATTOPADHYAY, JOHANNES M. BAUER (beide Michigan State University, USA) testeten die Erklärungskraft des Komplexitätsansatzes am Fall der Internet-Telephonie (VoIP). Der von Thomas Malang präsentierte Vortrag trug den Titel: "A Complex Adaptive System Perspective of the Internet Telephony Market". Die Autoren gingen bewusst von einer Theoriekonkurrenz aus – unter anderem mit der Akteur-Netzwerk-Theorie oder dem "social shaping"-Ansatz – und wollten unter Beweis stellen, dass es mithilfe der Komplexitätstheorie besser gelingen kann, soziale Mechanismen im Innovationsprozess herauszupräparieren und den Stellenwert technischer Designentscheidungen und der technischen Basis in der Co-Evolution von Technik und Gesellschaft zu erfassen.

In einer Konstellation, in der viele Akteure mit ganz unterschiedlichen Aufgaben, Zielen und Ressourcen strategisch handeln (etwa die neuen Internetfirmen und die traditionsreichen Telekommunikationsfirmen), Pfadabhängigkeiten zwangsläufig eine Rolle spielen, es kein übergeordnetes Kontrollzentrum gibt, unterschiedliche regulatorische Kontexte bestehen, die Einfluss nehmen und auf die Einfluss genommen werden kann, wo der Zustand des Systems weder auf Hauptursachen zurückgeführt noch als Optimum rational handelnder Akteure begriffen werden kann, bietet die Komplexitätstheorie augenscheinlich ein begriffliches Arsenal, das analytisch fruchtbar gemacht werden kann. Das Konzept der "fitness-landscape", das in den 90er Jahren in die Komplexitätsdebatte eingeführt wurde, diente den Autoren als Metapher, um die Position heterogener Akteure zueinander - bezogen auf bestimmte Parameter - zu beschreiben und von da aus die strategischen Handlungsmöglichkeiten und nächsten Schritte der Akteure zu bestimmen. Erwähnenswert ist auch in dieser Fallstudie der Blick für das Kleine, das große Wirkungen entfalten kann. Ein solcher Punkt war in dem VoIP-Zusammenhang die Spezifizierung der Anforderung von Regulierungsbehörden an Telefondienstleister "notrufauglich" zu

sein, also der Fähigkeit Notrufe an Einsatzzentralen weiterzugeben und möglicherweise auch den Ort, von dem aus der Notruf kam zu lokalisieren. Diese Anforderung zu erfüllen, sei für VoIP-Dienste nicht leicht. Daran zeige sich exemplarisch die Macht der Regulierer, mit ihren Spezifizierungen in die Konkurrenz von traditionellen und neuen Telefonanbietern einzugreifen und die Entwicklung des VoIP-Marktes zu beeinflussen.

#### 4. Transformations- und Innovationsprozesse in den Bereichen Energie und Verkehr

MARK de BRUIJNE (Delft University of Technology) wandte sich in seinem Beitrag den Veränderungen in der Energieversorgung unter dem Titel "Energy as complex Large Technical System, institutional fragmentation and the management of large technical systems" zu. Untersuchungen der Energiesysteme waren einst ein beliebtes Thema der LTS-Forschung gewesen, die Entwicklungen der letzten Dekaden allerdings seien gewissermaßen verschlafen worden. Damit konnte de Bruijne an die Ausführungen von Renate Mayntz anschließen, die den Wandel von den vertikal integrierten Versorgungseinrichtungen im Zuge von Liberalisierung, Deregulierung, Internationalisierung schon skizziert hatte. Auch für de Bruijne bildet das "unbundling" der Infrastruktur und die Folgen ein Forschungsobjekt, zu dessen Erklärung der Komplexitätsansatz beitragen könne. Die restrukturierte Elektrizitätsversorgung habe vielerorts zu Krisen der Versorgung ("blackouts") geführt und die Frage aufgeworfen, ob das neu konfigurierte LTS in der Lage sei, die erwartete Versorgungsleistung mit hoher Zuverlässigkeit zu erfüllen bzw. wie das "management of reliability" entsprechend verbessert werden könnte. Zu den gravierenden Unterschieden zwischen den alten und den neuen Systemen rechnete de Bruijne den Übergang vom "long-term planning" zum "real-time management", von der Gestaltung (design) zur Improvisation, von der Antizipation zur Resilienz, von der Detailanalyse zur Erfahrung der Operateure und von der Risikokontrolle zum "reliability-seeking behaviour". In diesen Übergängen, habe die Bedeutung einer bestimmten Akteursgruppe für die Verlässlichkeit des Systems enorm zugenommen, nämlich der Operateure und des Managements auf dieser Ebene.

SANDRO GAYCKEN vom Institut für Wissenschafts- und Technikforschung (IWT) der Universität Bielefeld hielt einen provokanten Vortrag zum Thema "The Open Meltdown – Applying Open Source Methods to Large Technical Systems". Wie der Titel schon deutlich macht, ist der Vorschlag Gayckens, Prinzipien der Softwareentwicklung nach dem Open Source Modell auf großtechnische Systeme zu übertragen, um damit ein effektiveres Management von "large technical accidents" möglich zu machen, z.B. im Fall von Unfällen in Kernkraftwerken. Auch wenn Gaycken als Philosoph sich nicht an die Begrifflichkeit der Komplexitätstheorie hielt, so liegen einige seiner Annahmen durchaus auf der gleichen Linie. Dass das erfolgreiche Management von Unfällen eng mit dem im Eintrittsfall zur Verfügung stehendem Wissen und entsprechenden Handlungsoptionen zusammenhängt, hatte etwa Chris Demchak ja bereits mit Bezug auf die "knowable unknowns" thematisiert. Gaycken sprach in diesem Zusammenhang lieber von "epistemischen Risiken". Die typische auf relativ wenige Operateure ausgerichtete Kontrollstruktur in LTS führe dazu, dass auf große Unfälle mit gewöhnlichem Störfallmanagement geantwortet würde, das dann zur Katastrophe führe, weil es gerade nicht der Besonderheit der Situation entspräche. Eine Entwicklungs- und Kontrollstruktur wie im Open Source Modell der Softwareentwicklung wäre nach Gaycken besser geeignet, sowohl das Risiko des Auftretens von Störfällen zu reduzieren als auch mehr Optionen im Krisenfall für das angemessene Management der Situation bereitzustellen. Als Vorteile des Open Source Modells wurden genannt: die öffentliche Verfügbarkeit des Wissens, die Möglichkeit die Entwicklung ständig zu beobachten (Monitoring), der Einbezug Vieler und damit die Möglichkeit, Fehler schnell zu beheben und vielfältige Optionen parallel zu entwickeln. Mögliche Nachteile des Open Source Modells (man könnte an Haftungsfragen denken) wurden nicht angesprochen. Die vorgetragenen Überlegungen waren zwar anregend, blieben aber theoretisch und die Übertragbarkeit des Modells auf Kernkraftwerke und Unfälle in Kernkraftwerken wurde nicht ernsthaft durchgespielt.

JOHANNES WEYER, Technische Universität Dortmund, befasste sich mit der "Transformation of Complex Systems in the Era of Autonomous Technology. The Case of Air Transportation". Das Lufttransportsystem ist ohne Frage ein großes technisches System im Wandel, das wie

Weyer darlegte durch steigendes Flugaufkommen, neue Flugzeugtypen (Mikrojets, Lufttaxis, „unmanned aerial vehicles“), Kontrollprobleme (Verzögerungen, Sicherheitsprobleme, mangelnde Ökoeffizienz) und neue Kommunikations- und Kontrolltechnologien gekennzeichnet ist. Innovationsbedarf und Innovationspotenzial würden zu einer neuen Architektur des Systems führen. Es eröffneten sich Möglichkeiten, die Kontrolle des Luftverkehrs (ATC - air traffic control) nicht mehr nur bodengebunden und zentralisiert vorzunehmen, sondern einen gewissen Teil der Bodenkontrolle des Flugverkehrs auf mehr oder weniger autonome Kommunikationen zwischen Flugzeugen zu verschieben. ADS-B (Automated Dependent Surveillance – Broadcast) ist in dem Zusammenhang eine wichtige Innovation. Es sei absehbar, dass die seit den 1960er Jahren bestehende Form zentraler Kontrolle durch neue Formen der "Governance" abgelöst werden wird, in denen zentrale Kontrolle mit Elementen dezentraler Selbst-Koordinierung kombiniert werden.

Die Forschungsfrage, die Weyer anschloss, lautete, wie die Transformation dieses komplexen großtechnischen Systems analysiert werden kann. Weil in diesem Fall die Anforderung an den Systemwandel von der Sache her eine Integration von alten und neuen Kontrollstrukturen und eine globale Koordination erfordere ("Nobody would accept hundreds of dead passengers caused by conflicts between competing socio-technical systems"), schlug Weyer den von Arie Rip, Frank Geels und Johan Schot entwickelten Ansatz des "transition managements" vor und skizzierte mögliche Entwicklungspfade in der Luftverkehrskontrolle. Abschließend warf er noch die Frage auf, ob die Fähigkeit der konzipierten künftigen Luftverkehrssysteme mit Komplexität umzugehen wohl eher zu- oder abnehmen werde. Die Einschätzung, so der Denkanstoß Weyers, hänge nicht zuletzt von der Komplexitätstheorie ab, mit der man die Eigenschaften der neuen Systeme beobachte. Während etwa Luhmann vermutlich eher aus der gestiegenen Komplexität des Systems schließen würde, dass es künftig zu einer stärker selektiven Behandlung von Problemen (Differenzierung) kommen müsse, würde Charles Perrow von seinem Ansatz her vermutlich eher auf die Chancen hinweisen, das System durch Implementation von technischen und organisatorischen Innovationen und die Einarbeitung von Erfahrungen weniger verwundbar zu gestalten.

## 5. Diskussion

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 sich auch nicht so schnell erledigen – 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. Barbara A. Cherry, Indiana University, bemerkte vor dem Hintergrund ihrer früheren Arbeit bei einer Regulierungsbehörde (der Federal Communications Commission in den USA), dass auf der Tagung gute und solide Forschung gezeigt worden sei, dass diese Form wissenschaftlichen Wissens aber zu unterscheiden sei von der Form der Expertise, wie sie in der Regulierungspraxis benötigt würde.

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 z.B. die Innovationsforschung für nicht-lineare Prozesse sensibilisieren und einen theoretischen Bezugspunkt für die empiri-

sche Untersuchung sozio-technischen Wandels liefern (z.B. Sicherheit im Internet, VoIP). Auch für die Technikfolgenabschätzung, die die multiplen Perspektiven, Strategien und Interessen zahlreicher Akteure (einschließlich der Betroffenen) in Rechnung zu stellen hat, können die meisten vorgestellten Ansätze fruchtbar gemacht werden.

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 Impuls für eine Soziologie begreifen, die am Auffinden sozialer Mechanismen zur Erklärung sozialer Prozesse interessiert ist (vgl. zu dieser Tradition die Überblicke von Mayntz 2002 oder Schmitt et al. 2006).

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.

Die Inanspruchnahme der Komplexitätstheorie erfolgte - darauf ist auch hinzuweisen -, doch recht unterschiedlich. Mancher Beitrag kam ganz ohne Komplexitätstheorie aus, anderen reichte es, gezielt einige zentrale Konzepte, etwa das der "emerging properties" aufzugreifen, um ihr Forschungsvorhaben zu orientieren. Im Zentrum des Interesses der Tagung standen Anwendungssysteme, theoretische Auseinandersetzungen standen nicht auf der Tagesordnung. Gerade diese wären nun vielleicht wieder aufzunehmen ausgehend von der Kritik am Systembegriff oder dem der "Governance". Reizvoll wäre es dann auch die Komplexitätstheorie und die soziologische Systemtheorie (N. Luhmanns, H. Willke) ins Verhältnis zu setzen.

#### Anmerkungen

Mayntz, R. (2005): Soziale Mechanismen in der Analyse gesellschaftlicher Makro-Phänomene. In: Uwe Schimank, Rainer Greshoff (Hrsg.), Was erklärt die Soziologie? Berlin: LIT Verlag, 204-227.

Schmitt, M.; Forian, M.; Hillebrandt, F. (Hrsg.) (2005): Reflexive soziale Mechanismen: von soziologischen Erklärungen zu sozionischen Modellen. 2006. Wiesbaden