

# Menschen, Märkte und Modelle

Ob Aktienkurse, Staus oder die Dynamik von Menschenmassen – Physiker untersuchen zunehmend Phänomene aus Gesellschaft und Ökonomie

Frank Schweitzer

„Physik sozio-ökonomischer Systeme“ – ein neues Forschungsgebiet, das noch mit viel Skepsis bedacht wird. Kann die Physik ihre Kompetenz im Bereich der unbelebten Natur so ohne weiteres auf gesellschaftliche oder ökonomische Fragestellungen ausdehnen? Oder ist dies nur der erneute Versuch, einen Physikalismus zu rehabilitieren, der seine Grenzen bereits in der Wissenschaftsdiskussion des 20. Jahrhunderts erfahren hat?

Um es vorwegzunehmen: der letzte Einwand kann auch mit den Beiträgen des vorliegenden Schwerpunktheftes nicht vollständig entkräftet werden. Aber es geht in diesem jungen und sehr dynamischen Forschungsgebiet auch gar nicht darum, die Wirtschaft oder die menschliche Gesellschaft auf physikalische Gesetzmäßigkeiten zu reduzieren. Natürlich unterliegen selbst diese Bereiche unserer Wirklichkeit letztlich physikalischen Zwängen – die Hauptsätze der Thermodynamik lassen sich eben nicht durch eine geschicktere Wirtschaftspolitik außer Kraft setzen. Aber ähnlich wie in biologischen Systemen sind auch die komplexen Zusammenhänge sozio-ökonomischer Systeme nicht aus rein physikalischen Wechselwirkungen heraus erklärbar.

Die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften müssen also durch eine „Physik sozio-ökonomischer Systeme“ keineswegs um ihre Existenzberechtigung fürchten. Statt dessen kommt von den Physikern das Angebot, ihre Methoden und Erkenntnisse auch für die Analyse und Modellierung von sozialen und ökonomischen Prozessen zur Verfügung zu stellen und auf diese Weise ganz neue Einsichten in die Dynamik dieser Systeme zu gewinnen. Erfolgreiche Beispiele für einen solchen Methodentransfer werden in den vier Übersichtsbeiträgen dieses Schwerpunktheftes präsentiert: sei es bei der nichtlinearen Zeitreihenanalyse von Finanzdaten, bei der Modellierung von Verkehrsströmen oder bei der kollektiven Entscheidungsfindung in sozialen Systemen.

Natürlich ist ein solcher Methodentransfer, insbesondere wenn es um die Modellierung der Interaktionen von Akteuren in Analogie zur statistischen Physik von Vielteilchensystemen geht, immer mit einer Abstraktion des Problems verbunden, die bestimmte Aspekte der Realität notwendigerweise außer Acht lässt. Über den Sinn dieses Vorgehens wird zum Teil kontro-



Isaak Newton verlor Geld an der Börse, Carl Friedrich Gauss sanierte den Göttinger Witwenpensionsfond – die Welten von Physik und Finanzen sind sich durchaus nicht völlig fremd. Mittlerweile befasst sich die sog. Econophysik – ein Teilgebiet der Physik sozio-ökonomischer Systeme – mit den Finanzmärkten.

vers, aber auch konstruktiv diskutiert, wie zum Beispiel die (erste) internationale Konferenz „SocioPhysics“ gezeigt hat.<sup>1)</sup> Auf der anderen Seite kann eine solche Abstraktion sehr wohl den Blick für das Wesentliche schärfen. Schließlich haben die langjährigen Forschungen der Physiker auf dem Gebiet komplexer Systeme gezeigt, dass individuelle Eigenschaften, die beispielsweise Sozialwissenschaftler ihren Akteuren beimessen, oftmals nur einen untergeordneten Einfluss auf die Gesamtdynamik haben. Zum Beispiel verhalten sich auch Menschen in bestimmten Situationen eher wie Herdentiere, etwa bei Panik, in Fußgängerzonen oder an der Börse. Hier lassen sich auch Physik-orientierte Modelle erfolgreich zur Prognose eines kollektiven Verhaltens einsetzen – eine Einsicht freilich, an die sich viele Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler erst noch gewöhnen müssen.

Aber auch Physiker haben zum Teil noch Schwierigkeiten, eine „physikalische“ Beschreibung von Finanzmärkten oder Wahlverhalten als „seriöse Wissenschaft“ zu akzeptieren. Da hilft vielleicht ein Blick auf die historischen Verflechtungen. Es war der italienische Sozialwissenschaftler Vilfredo Pareto, der 1897 die heute in der Physik so beliebten Skalengesetze der Form  $y \sim x^{-\alpha}$  einführte, um die Einkommensverteilung zu beschreiben. Der französische Mathematiker Louis Bachelier, ein Schüler Henri Poincares, entwickelte bereits 1900, also fünf Jahre vor Albert Einstein, eine formale Beschreibung der Brownschen Bewegung, indem er Börsenkurse analysierte.

Im Gegenzug haben sich immer auch Physiker mit

<sup>1)</sup> Die Dokumente zur Bielefelder „SocioPhysics“-Konferenz sind im Internet unter [www.ais.fraunhofer.de/~frank/sociophysics](http://www.ais.fraunhofer.de/~frank/sociophysics) verfügbar.

Priv.-Doz. Dr. Dr. Frank Schweitzer, Fraunhofer-Institut für Autonome Intelligente Systeme, Schloss Birlinghoven, 53754 Sankt Augustin – Frank Schweitzer ist Vorsitzender des DPG-Arbeitskreises Physik sozio-ökonomischer Systeme

sozio-ökonomischen Fragestellungen auseinandergesetzt. Isaac Newton war im „Hauptberuf“ Vorsteher des königlichen Münzamtes, was ihn allerdings nicht davor bewahrte, einen Teil seines Geldes bei Spekulationen an der Börse zu verlieren. Ganz anders dagegen der Mathematiker Carl Friedrich Gauß, dessen vorbildliches Finanzmanagement nicht nur sein Privatvermögen vervielfachte, sondern auch der Sicherung des Göttinger Witwenpensionsfonds zugute kam.

Während die Finanzmathematik schon seit Jahrzehnten ein etabliertes Wissenschaftsgebiet ist, zählt die „Finanzphysik“ (ein von Jean-Philippe Bouchaud geprägter Begriff) zu den jüngeren internationalen Entwicklungen (siehe dazu den Beitrag von Matthias Otto). Etwa seit Mitte der 1990er Jahre haben sich Physiker weltweit den Phänomenen der Börse zugewandt. Das mag zum Teil an den steigenden Kursen und der Aussicht auf schnelle Spekulationsgewinne gelegen haben. Letztlich war es aber vor allem initiiert durch die Verfügbarkeit von Daten über Preise und Transaktionen, die in sehr kurzen Zeitabständen ermittelt und über das Internet übertragen wurden. Diese „Messreihen“ konnten dann mit Methoden der nichtlinearen Dynamik und der statistischen Physik analysiert werden, die zuvor an physikalischen oder biologischen Zeitreihen entwickelt worden waren. Man war einerseits auf der Suche nach „Mustern“ innerhalb dieser Börsen-Zeitreihen, die auf tieferliegende Gesetzmäßigkeiten schließen lassen. Andererseits interessierte man sich für universale Charakteristika, wie Skalenexponenten, durch die Zeitreihen unterschiedlichsten Ursprungs verglichen werden konnten.

Mittlerweile hat sich dieses Forschungsgebiet unter dem Namen „Econophysics“ etabliert. Die Aktivitäten beschränken sich aber nicht auf die Analyse von Finanzdaten, sondern schließen auch die Modellierung von Wirtschaftswachstum und Konjunkturzyklen oder der Durchsetzung von Innovationen mit ein (siehe dazu den Beitrag von Thomas Brenner).

Einen weiteren Schwerpunkt der „Physik sozio-ökonomischer Systeme“ bilden all jene Forschungen, die sich mit der Modellierung urbaner Systeme, vor allem mit Verkehrsdynamik, befassen. Die Verkehrsphysik, inzwischen ebenfalls ein etabliertes Gebiet, hat viele Analogien zu Transportvorgängen in physikalischen Systemen, etwa zu granularen Medien, aufzeigen können (siehe dazu den Beitrag von Dirk Helbing und Kai Nagel). Darüber hinaus werden aber auch Modelle des urbanen Wachstums als „Spezialfall“ eines korrelierten Clusterwachstums auf Oberflächen untersucht.

Andere Arbeiten wiederum beschäftigen sich mit der Optimierung von Fluchtwegen in Gebäuden auf der Grundlage von „mikroskopischen“ Simulationen des menschlichen Bewegungsverhaltens. Indem man weitere Elemente, z. B. strategische Überlegungen bei der Routenwahl, berücksichtigt, wird bereits die Brücke zu dem großen Feld der Modellierung sozialer Systeme geschlagen (siehe dazu den Beitrag von Frank Schweitzer). Hier geht es u. a. um Fragen der kollektiven Meinungsbildung, um Wahlverhalten oder um Migrationsentscheidungen.

Eine Modellierung sozialer Interaktion im Rahmen physikalischer Konzepte profitiert in vielfältiger Weise vom Verständnis kollektiver Zustände in getriebenen Vielteilchensystemen. Ein erfolgreiches Beispiel ist die von Hermann Haken begründete Synergetik („die Lehre vom Zusammenwirken“). Ursprünglich am paradigmatischen Beispiel des Lasers entwickelt, wurde die Synergetik schnell zu einem allgemeinen Konzept, um Selbstorganisationsprozesse auch in sozio-ökonomischen Systemen zu modellieren. Bereits in den 1970er Jahren etablierte Wolfgang Weidlich in Stuttgart innerhalb des Physikalischen Instituts eine Gruppe zur „Quantitativen Soziodynamik“, in der die heute aktuelle Forschung ihren Anfang nahm.

In Deutschland sind die vielfältigen Aktivitäten auf dem Gebiet der Physik sozio-ökonomischer Systeme inzwischen in einem DPG-Arbeitskreis zusammengefasst, der 2001 gegründet wurde (siehe dazu auch Phys. Blätter, Juni 2001, S. 87) und heute bereits mehr als 100 Mitglieder hat. Die vom Arbeitskreis Physik sozio-ökonomischer Systeme (AKSOE)<sup>2)</sup> getragenen Jahrestagungen finden gemeinsam mit dem AKF im Rahmen der DPG-Frühjahrstagungen statt. In mehr als fünfzig Beiträgen wird dort ein repräsentativer Überblick über die Forschungen auf diesem Gebiet in Deutschland geboten.<sup>3)</sup>

Zu den international stark beachteten Aktivitäten des AKSOE zählt auch die Ausschreibung des „Young-Scientist Award for Socio- and Econophysics“, der von der Unternehmensberatung McKinsey&Company gesponsert wird. Für den auf diesem Gebiet einzigartigen Nachwuchswissenschaftlerpreis gingen in diesem Jahr, ebenso wie 2002, 33 Nominierungen aus 13 bzw. 10 Ländern ein.<sup>4)</sup> Mit der Preisverleihung auf der Jahrestagung des AKSOE wird gerade auch für Nachwuchswissenschaftler/innen ein Zeichen gesetzt, dass es sich lohnt, mit physikalischen Methoden zu einem tieferen Verständnis sozio-ökonomischer Probleme beizutragen und damit dieses interessante und zukunftsreiche Forschungsgebiet weiter voranzubringen.

2) [www.ais.fraunhofer.de/~frank/AKSOE/](http://www.ais.fraunhofer.de/~frank/AKSOE/)

3) Das Programm der Jahrestagung 2003 in Dresden ist unter [www.ais.fraunhofer.de/~frank/AKSOE/aksoe\\_dresden.pdf](http://www.ais.fraunhofer.de/~frank/AKSOE/aksoe_dresden.pdf) zu finden.

4) vgl. Physik Journal, Juli/August 2002, S. 100