

brand eins 2/2001

Wir

**Text:** Peter Lau und Maren Wilsdorff

----- **Wir sind sechs Milliarden Menschen, und wir stehen alle miteinander in Verbindung, schon weil wir auf ein und demselben Planeten leben.** Wir leben in der Wissensgesellschaft, was bedeutet, dass unser Leben um Information kreist, doch die Information, die täglich auf uns einströmt, ist bereits heute viel zu groß für dieses Leben. Und das ist jetzt, morgen wird sie noch größer sein, denn Information wächst exponentiell, und wo wir sie dann unterbringen, weiß niemand, in unseren **explodierenden Hirnen** jedenfalls sicher nicht. So gehen unsere Tage dahin, beherrscht von Ereignissen, die weit außerhalb unserer Kontrolle liegen und an denen wir scheinbar nichts ändern können. Das Leben ist kompliziert, sagen deshalb einige von uns und meinen, daran sei nichts zu ändern. Wir können aber auch sagen, das Leben ist komplex. Dann können wir etwas tun. Wie das geht, zeigt uns die Komplexitätsforschung.

#### **Wir also.**

Zu Hause, unterwegs, auf der Arbeit. 40 Fernsehprogramme, zehn Pizzalieferanten, fünf Fußball-Ligen, die Wünsche des Partners, die Ängste der Kinder, die eigenen verschobenen Träume, und brauchen wir nicht dringend neue Möbel? Oder umziehen? Dann draußen, der Verkehr, die Fremden, die neuen Häuser, die komplizierten Fahrpläne, die Baustellen, die Staus, die Hektik, die immer immer immer falsch geschalteten Ampeln, und nie einen Parkplatz, aber dauernd zu spät. Schließlich die Arbeit, die Kollegen, die Meetings, die sich auftürmenden Memos, die Notizen, die Anrufe, die Ablage, die Ansprüche der Vorgesetzten, die eigenen Ansprüche und natürlich die Ansprüche, die die Arbeit selbst an einen stellt, ach ja, und dann noch das, was wir gerade vergessen haben, da war doch was, irgendwas werden wir schon vergessen haben, haben wir doch immer. Und dann auch noch diese Partys, **immer diese Partys**. Das Leben also. Guten Tag, herzlich willkommen, ja, das haben wir uns alle anders vorgestellt. Aber wie wäre es, wenn es da wen gäbe, einen modernen Zauberer, der all diesen Ärger und mehr für uns lösen könnte. Soll der mal vorbeikommen?

**Nehmen wir mal an, wir haben ein Problem.** Eins? Wir haben Millionen. Aber fangen wir mal bei einem an. Zum Beispiel: Wir erfahren aus dem Internet zu viel und zu wenig. Wir werden überschwemmt mit Dingen, die uns nicht interessieren, finden aber nicht, was wir wissen wollen. Was kann man da machen? „Da gibt es einen ganz konkreten Ansatz, eine Weiterentwicklung der Suchmaschinen. Man entwickelt so genannte Multi-Agentensysteme. Das sind komplexe Systeme von Programmen, die selbstständig sind, mobil und im Netz rumjagen, um für den Benutzer Informationen zu suchen. Man kann diese Systeme mit neuronalen Netzen ausstatten, das bedeutet, sie werden lernfähig, sie beobachten ihren User und passen sich dessen Präferenzen an. Dann kann man sie noch mit genetischen Algorithmen ausstatten, damit können sich ganze Populationen von Multi-Agentensystemen entwickeln, die für bestimmte Suchaufgaben besonders geeignet sind. Nun können diese Multi-Agentensysteme aber auch untereinander wechselwirken, miteinander kooperieren. Da gibt es jetzt ein Forschungsprojekt, das nennt sich **Sozionik**, da wird das Verhalten dieser Systeme untereinander von Soziologen untersucht. Das sind hochkomplexe Systeme, und das ist natürlich ein Feld für die Komplexitätsforschung.“

**Die Zukunft, immer wieder schön.** Das war übrigens Professor Klaus Mainzer. Er hat einen Lehrstuhl für Philosophie und Wissenschaftstheorie an der Universität Augsburg, ist Leiter des dort ansässigen Instituts für Interdisziplinäre Informatik sowie Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Komplexe Systeme und nichtlineare Dynamik. Er ist derjenige, den wir später über die Zukunft befragen werden. Aber jetzt kommt erst mal der Anfang, da bekommt die Zukunft einen Namen: Komplexitätsforschung.

**Es geht um das, was überall ist.** Ach was, woraus das Überall besteht: **komplexe Systeme**. Ein komplexes System ist etwas, das aus mehreren verknüpften Teilen besteht. Ein Stau ist ein komplexes System. Ein Mensch auch. Unser Planet sowieso. Sogar eine Fernsehserie, in der man traurige Mädchen Tag für Tag beim Schminken beobachten kann, bis sich irgendwer ihrer erbarmt und sie aus dem Container schmeißt, ist ein komplexes System. Alles und jeder ist dabei: die Jahreshauptversammlung der Aktionäre, die Dreiecksliedschaft, die noch unergründeten Übertragungswege einer Rinderseuche. Auch das, was vor kurzem auf dem Neuen Markt passierte, hat mit Komplexität zu tun: Da brach ein empfindliches komplexes System, der Neue Markt, zusammen. Und niemand hatte es vorhergesehen. Tja, wenn man so etwas berechnen könnte.

Man kann das. Man kann das nicht. Man kann es zumindest mal versuchen. Damit beschäftigt sich die Komplexitätsforschung. Doch das mit dem Berechnen ist in der Tat ein Problem. Und zwar kein neues. Ein Teil der berechenbaren Welt, wie wir sie kennen, endete 1927. Bis dahin war die Wirklichkeit, wie sie die Physik sah, eine offensichtliche Sache: Wenn ein Apfel von einem Baum fiel, war der Baum messbar, der Apfel, die Geschwindigkeit, die Zeit, die Energie, einfach alles. Das war wie das Leben: vorhersagbar dank der klassischen Mechanik von Sir Isaac Newton und ideal den beschränkten Möglichkeiten des menschlichen Gehirns angepasst. Doch 1927

formulierte der Physiker Werner Heisenberg, einer der Begründer der Quantenmechanik, die so genannte Unschärferelation: Danach lassen sich von einem Elementarteilchen zwar Ort oder Impuls messen, nicht aber beides zugleich – je genauer das eine bestimmt wird, umso ungenauer ist das andere. Diese Aussage war revolutionär, bedeutete sie doch den Beginn einer völlig neuen Sichtweise auf die Welt, von der wir bis heute nicht wirklich wissen, was sie letztlich impliziert. Doch in gewisser Weise fand das Ende der Messbarkeit schon früher statt.

Der Mann hieß Henri Poincaré. Er war Mathematiker und zeigte 1892, dass, wenn drei Körper, etwa Planeten, aufeinander einwirken, es zu chaotisch instabilen Verläufen kommen kann, die erheblich von den Anfangsbedingungen abhängen und nicht langfristig berechenbar sind. Man nennt das nichtlineare Dynamik, und es meint schlicht, dass wir wissen, dass etwas passieren wird, aber nicht genau was. Das Erkennen dieser Unbestimmtheit war Poincarés größter Verdienst: Er hatte innerhalb der engen Grenzen der klassischen Mechanik einen ersten Blick in die Komplexität nichtlinearer und chaotischer Dynamik geworfen, die Vorhersagen nur sehr begrenzt zulässt. Poincaré war folgerichtig auch Philosoph, der zum Beispiel Abhandlungen über die Grundlagen wissenschaftlicher Erkenntnis schrieb. In diesem Mix aus Geistes- und Naturwissenschaftler könnte man ihn als Prototypen des Komplexitätsforschers betrachten.

Die Komplexitätsforschung gibt es erst seit den siebziger Jahren. Man könnte sagen, sie ist ein Kind eines bestimmten Wandels im Denken: Nachdem sich die physikalische Ordnung aufgelöst hatte und dann auch noch die gesellschaftliche Ordnung langsam verschwand, machten sich Wissenschaftler daran, eine andere, immanente Ordnung der Dinge zu erforschen. Das klingt, als hätte es irgendwer auf einer Party gesagt, und in der Tat, wie so vieles, was dort geredet wird, ist auch dies vollkommen unerheblich. Heute jedenfalls umfasst das real existierende Fachgebiet ein äußerst weites Feld, wie man dem Standardwerk „Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft“ entnehmen kann: Da geht es von Fachspezifischem wie „Nicht-lineare Zeitreihenanalyse in der Physik“ über vage Vorstellbares wie „Dynamische Krankheiten: Neue Perspektiven in der Medizin“ bis zu möglicherweise Alltagstauglichem wie „Nichtlineare Dynamik in der Ökonomie“. Der Grundgedanke hinter dem Sammelsurium ist simpel: Komplexe Systeme funktionieren, unabhängig von ihrer Art, immer ähnlich.

**Das hat lustige Konsequenzen.** An der Universität Oldenburg gibt es beispielsweise eine Vorlesung mit dem schönen Titel: „Turbulenzphänomene in der Hydrodynamik und des Finanzmarkts“. Im Vorlesungsverzeichnis heißt es weiter: „Professor Joachim Peinke zeigt in seinem Beitrag, wie sich die Gleichungen der Hydrodynamik auf das Finanzmarktgeschehen übertragen lassen. (...) Inwiefern lassen sich die physikalisch-mathematischen Methoden für das Abschätzen der Kursrisiken benutzen? (...) Übrigens: Auch für die Beschreibung des Verkehrsflusses lassen sich die hydrodynamischen Ergebnisse weitgehend übertragen.“

#### **Verkehrsfluss. Sagt ja schon das Wort.**

Vielleicht könnte man mit der Hydrodynamik auch Meetings analysieren: Da fließen die Themen umeinander, manche Teilnehmer blockieren den Fluss, andere fluten ihn mit neuen Beiträgen, wieder andere bauen geduldig an einem Damm, wie Biber, und die gewinnen auch oft, denn irgendwann geht nichts mehr, der Strom ist versiegt, und alle sitzen auf dem Trockenen. Außer den Bibern, die haben das schon immer gewusst. Vielleicht lässt sich das sogar berechnen?

Fragen wir Klaus Mainzer. „Herr Professor, in der Komplexitätsforschung geht es um die Berechnung des Verhaltens komplexer Systeme. Dabei wird von einer Determiniertheit, einer Bestimmtheit der Systeme ausgegangen. Heißt das, dass letztlich alles berechenbar ist?“

„Es gibt praktische Grenzen der Berechenbarkeit. Bei der Himmelsmechanik von Poincaré zum Beispiel sind Sie vollständig in der klassischen Physik. Alle Entwicklungen, alle Bahnen sind im Prinzip determiniert. Diese Mehrkörperprobleme können wir in der Praxis trotzdem nicht langfristig berechnen, weil der Aufwand zur Berechnung kleinster Abschnitte exponentiell wächst. Hinzu kommt noch, dass die Mechanik ein idealisiertes, stark vereinfachtes Modell ist, das es nur in den Schulbüchern gibt. Es entstand im 17. und 18. Jahrhundert mit der ausgesprochenen Annahme der Determiniertheit. Inzwischen ist klar, dass viele Phänomene nicht berechenbar sind. Viel näher an der Wirklichkeit sind heute stochastische Systeme, bei denen es um Wahrscheinlichkeiten geht. Die werden nicht nur in den Natur-, sondern auch in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften benutzt.“

Da gibt es eine interessante historische Parallele zwischen der Entwicklung der Physik und der Wirtschaftstheorie. Im 18. Jahrhundert orientierte sich der Vater der Marktwirtschaft Adam Smith an Isaac Newtons Mechanik. **Er entwickelte eine Gleichgewichtsökonomie, die davon ausging, dass sich der Markt durch Selbstorganisation in der Nähe des Gleichgewichtes von Angebot und Nachfrage einpendelt und so die gesamte Wirtschaftsdynamik auf diesen Punkt hinstrebt.** Diese Gleichgewichtsdynamik war ein typisches und konsequenterweise unrealistisches Modell der klassischen Physik. Heute wissen wir, dass Märkte offen sind, hoch sensibel, schnell umkippen können und dass es keineswegs einen absoluten Gleichgewichtspunkt gibt. Wie eine hoch dynamische Turbulenz in so einem System praktisch aussieht, kann man schon als Kind lernen, zum Beispiel in dem Kinder-Musical „Mary Poppins“: Da verlangt ein kleiner Junge von einem Bankier zwei Pennys, was ein Kunde mitbekommt, der sofort sein Konto räumen will, was weitere Kunden bemerken und so weiter, bis innerhalb von Minuten ein Sturm von Bankkunden einsetzt, der das Unternehmen fast in den Bankrott treibt.

**Wo wir gerade bei Sturm sind:** Das klassische Beispiel für so ein Verhalten instabiler Systeme, die sich durch einen winzigen Eingriff massiv verändern können, ist der so genannte Schmetterlingseffekt. Den kennen wir ja inzwischen alle: Der Flügelschlag eines Schmetterlings kann theoretisch einen Sturm an einer anderen Stelle der Welt entfachen. Das haben wir schon

hundertmal gehört, auf jeder Party. Und es ist auch toll und richtig, aber wirklich gar nicht mehr nachzuvollziehen und deshalb, schon wieder!, immer diese Partygespräche, völlig unerheblich. Außer in einer Hinsicht: **Es bedeutet, dass jede Entscheidung, die wir treffen, eine ungeheure Tragweite haben kann.** Also sollten wir vielleicht vorher kurz darüber nachdenken. Obwohl auch das nicht immer helfen mag. Denn wenn alles mit allem verbunden ist, wenn der kleine Schmetterling in der Schweiz tatsächlich die Behausungen ehrbarer Bürger an der brasilianischen Küste gefährdet, dann kann eine Entscheidung auch Folgen haben, die gar nicht beabsichtigt waren. Möglicherweise ist es manchmal sogar besser, sich zu entscheiden und dann das Gegenteil zu tun. **Oder gar nichts.** Die totale Beliebigkeit. Ja? Nein!

Denn Komplexität bedeutet nicht Instabilität. Im Gegenteil: Ein typisches Merkmal komplexer Systeme ist die Selbstorganisation. Dünen organisieren sich selbst, Wolken, Ameisen, Laser, das Gehirn. Das Gehirn, nur mal so als Beispiel, hat immer zu tun. Es liest brandeins und fragt sich: Soll ich weiterlesen? Eine Entscheidung steht an. Das Gehirn hat zwei Möglichkeiten, ja oder nein, die wir jetzt mal „Ordner“ nennen, weil das in der Wissenschaft auch so gemacht wird. Die Ordner stehen in einem Fließgleichgewicht und werden mit Informationen gefüttert, bis einer der Ordner die Oberhand gewinnt. Dann wird entschieden, der unterlegene Ordner wird vom siegenden dominiert.

Parallel dazu passiert Ähnliches in der Hirn-Hardware: Deren komplexes System elektrischer und magnetischer Felder balanciert permanent an Instabilitätspunkten, um möglichst schnell auf bestimmte Situationen zu reagieren. Ist eine Entscheidung getroffen, gewinnt ein Ordner die Oberhand und der gesamte Komplex schaltet um: **Das Gehirn wechselt die Frequenz.** Das ist natürlich eine äußerst verkürzte, sehr leicht angreifbare Darstellung, doch grundsätzlich funktionieren so viele selbstorganisierende Systeme: Sandkörner ordnen sich zu Dünen, Elektronen zu Laserstrahlen, Börsenprofis verkaufen prima Aktien, weil es gerade alle tun. Das hat nichts mit geheimnisvollen Kräften zu tun, sondern ist, laut der Komplexitätsforschung, ein Ergebnis mathematischer Abläufe.

Das heißt aber auch: **Es gibt Trends, Bewegungen, Strömungen, eine Hydrodynamik des Alltags. Es ist nicht egal, was wir tun, denn die Welt hat ein Muster.** Wir können uns in dieses Muster einfügen, mit dem Fluss fließen oder dagegen schwimmen. Wir haben selbstverständlich die Wahl. Aber wer von uns will schon gegen die Welt antreten? Natürlich: Was im Kleinen gilt, gilt auch im Großen. **Die Komplexitätsforschung handelt nicht von der Alltagsbewältigung – sie kümmert sich um kollektive Systeme.** In der Praxis.

„Professor Mainzer, in welchen Bereichen werden Ergebnisse der Komplexitätsforschung heute schon praktisch angewendet?“

„In sämtlichen Bereichen der Gesellschafts-, Wirtschafts- und anderen Wissenschaften. Etwa in der Medizin. Da geht es zum Beispiel um den Verlauf von EKG-Daten.“

EKG-Daten. Herzfrequenzen. Man misst die Frequenz, versucht Regelmäßigkeiten zu erkennen und daraus Schlussfolgerungen abzuleiten. Das könnte dir, mir, uns das Leben retten.

„Man kann aber auch volkswirtschaftliche Daten benutzen, um Börsenkurse zu errechnen. Da wird genau dasselbe versucht: eine Prognose für eine zukünftige Dynamik zu erstellen, indem man Muster aus den Messdaten filtert. Das ist ein sehr spannendes Thema. Die Kollegen aus den Wirtschaftswissenschaften haben sich ja lange Zeit an linearen Modellen orientiert. Das hat natürlich auch damit zu tun, dass die viel einfacher zu lösen sind, man kann sie den Studenten als Hausaufgaben geben. Aber tatsächlich haben wir es bei Wirtschaftsentwicklungen mit nichtlinearen Dynamiken zu tun.“

„Das klingt alles sehr optimistisch, nach Aufbruchstimmung.“ „Ja, da geht gerade die Post ab. Allerdings muss die auch abgehen, denn durch die neuen Technologien werden wir mit ungeheuren Problemen konfrontiert. Das hat auch viel mit unserem Forschungsgebiet zu tun, weil es um sehr komplexe Systeme geht, in denen sich durch Selbstorganisation ...“

**Selbstorganisation. Sanddünen. Staus. Container-Bewohner.**

„... Trends herausbilden können, die wir nicht mehr im Griff haben. Da haben wir nicht mehr die Uhr, die wir einstellen können, wie in der Mechanik, die dann Punkt für Punkt geregelt und vorhersehbar abläuft. Selbstorganisierende Systeme wie etwa Computernetze können Tendenzen entwickeln, die wir unter Umständen nicht wollen. Die Aufgabe der Komplexitätsforschung besteht auch darin, rechtzeitig Nebenbedingungen zu setzen, Kontrollparameter festzulegen, sodass sich das System in die gewünschte Richtung entwickelt.“

Eine nahe liegende Frage können wir uns trotzdem schenken: Gibt es eine Methode, mit der wir eine Zielgruppe errechnen können, deren Verhalten und unsere Reaktion darauf? Können wir Instant-Unternehmer werden? Denn die Antwort lautet: **„Nein, leider nicht.“** Da landen wir wieder bei der Berechenbarkeit. Wenn schon drei Himmelskörper praktisch nicht zu berechnen sind, ist es klar, dass so etwas Kompliziertes wie ein Markt gar nicht geht. Es kommt aber noch etwas hinzu: Die Komplexitätsforschung muss die Teile eines Systems und seine Voraussetzungen begrenzen, um überhaupt berechenbare Dimensionen zu erhalten. Das ist praktisch für die Medizin, wenn es etwa um Herzrhythmen geht. Es ist aber unpraktisch, und zwar im Wortsinne, für die weite Welt. Ein Markt ist ganz offensichtlich unzähligen Faktoren ausgesetzt, und welche von denen wichtig sind, weiß man immer erst hinterher. Ein besonders krasses Beispiel für die Unberechenbarkeit von Systemen ist der Fall der Mauer und das Ende der DDR. Im Nachhinein lassen sich zwar die Ereignisse als Folgen der Instabilität eines komplexen Systems erklären. Im Voraus zu berechnen war das aber nicht. Man kann nicht einmal ein Fußballspiel vorausberechnen. Das macht es interessant.

Was die Komplexitätsforschung allerdings zeigt, ist, dass wir es nicht mit Zufällen zu tun haben, sondern mit einer nichtlinearen Dynamik. Haben wir uns erst mal an diesen Gedanken gewöhnt,

wird es unseren armen, überforderten Hirnen, entlastet von der Pflicht zur rationalen, linearen Schlussfolgerung, viel leichter fallen, für den Zustand der Welt ein Gefühl zu entwickeln. Was wir brauchen, ist ...

„Das klingt, als wäre ein völlig neues Denken notwendig, um die komplexe Dynamik unserer Welt zu begreifen. Sie sind nicht nur Mathematiker, sondern auch Philosoph, sagen Sie doch mal was von dieser Seite: Wie lernen wir dieses andere, neue Denken? Gibt es da Modelle?“

„Es gibt gut verständliche, präparierte Schulbeispiele der verschiedenen Dynamiken. Aber es geht nicht nur um eine interne akademische Debatte. Wir müssen dieses neue Denken in die Gesellschaft, die Politik hineinbringen, um die Akteure von heute an die Dynamik von Systemen heranzuführen. Wir müssen dafür ein Gefühl entwickeln und dürfen nicht überrascht sein, wenn Entwicklungen anders verlaufen, als wir sie uns vorgestellt haben. Sensibilität ist eine ganz wichtige Botschaft der Komplexität.“

**Das Gefühl. Das Unbestimmte. Die Tendenz. Die Hingabe. Das Vertrauen. Ein neues Vokabular für eine realistischere Sicht der Welt.** Ein Plädoyer für ein unermessliches Vertrauen in das Leben. Und ein gutes Argument für die weiche Information. Daten, wenn wir Daten brauchen. Gefühle, wenn es zu viele Daten gibt oder wenn die Daten nicht absolut notwendig sind. Deshalb gibt es in diesem Artikel keine einzige mathematische Formel, obwohl es in der Komplexitätsforschung von Formeln nur so wimmelt. Die werden für konkrete Anwendungen gebraucht, die benutzen Spezialisten, um die Welt zu verbessern. Doch die Grundannahme der Komplexitätsforschung ist keine Formel. Sie kann man überall benutzen. Auf jeder Party: Sie ist der Moment, in dem wir uns durch die schwach erleuchteten Räume bewegen, zwischen all den Menschen, all den Geschichten. Es fühlt sich an, als wäre plötzlich alles eine Einheit, die Musik, die Gespräche, die Gesichter, und dann gehen wir auf die Tanzfläche ...

„Professor Mainzer, wann ist Ihnen die Komplexität im persönlichen Leben aufgefallen?“

„Ich hatte mich zuerst mit dem Gegenteil von Chaos beschäftigt, mit Symmetrien. Die sind in der Physik ein großes Thema, es geht um die Grundstrukturen, die vereinigten Theorien. Ich habe ein umfangreiches Werk darüber geschrieben, aber während ich an diesem Buch saß, merkte ich, dass Symmetriebrechungen viel interessanter sind. Die entstehen durch dynamische Entwicklungen. Es ist halt nicht alles so ideal und regulär, wie man sich das vorstellt, die Dynamik bricht immer wieder durch. Ein Beispiel aus dem Alltag ist die Sitzung eines Universitätsgremiums, das ist ein echtes Mehrkörperproblem. Es sitzen viele Menschen zusammen, es wird diskutiert, und ein unbedachtes Wort in einer kritischen Situation kann regelrechtes Chaos auslösen. Wenn dagegen die Situation stabil ist, können Sie sich alle möglichen Freiheiten erlauben.“

... und dann gehen wir auf die Tanzfläche, beginnen uns zu bewegen, und obwohl gerade eben sich noch alle in den Ecken herumdrückten, tanzen eine Minute später alle.

Also zurück zur Wirklichkeit. **Wir werden das Wort Zufall abschaffen müssen.** Wird das jemand vermissen? Wir werden uns von dem mechanischen Weltbild, das klaffertief in uns verankert ist, verabschieden müssen. Klar, wir können weiter darauf bestehen, nur: Es stimmt nicht. Wir werden gegen die Wand fahren, immer und immer wieder, obwohl wir alles kontrollieren und obwohl alles rational und völlig einsichtig ist. Klar, wir haben die Wahl: Wir können auch gegen die Wand fahren. Das stört niemanden. Das Universum kann auf uns verzichten.

Um eines müssen wir uns aber zumindest keine Gedanken machen: Das Gehirn ist ein komplexes System, das problemlos für sich selbst sorgen kann. Man muss es nur lassen, es wird schon alles richtig machen, die Welt ist schließlich keine Mauer, sie lässt einen hinein, die Türen stehen überall offen.

Und wenn jetzt irgendwer **endlich** den Faden verloren hat, bliebe nur noch eine Frage: Erwarten wir von so einem Faden nicht ein bisschen viel? ----|

#### **Buchtip:**

Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft,  
Springer Verlag, 1999; 500 Seiten; 229 Mark

#### **Glossar:**

Sir Isaac Newton:

4.1.1643–31.3.1727. Englischer Physiker, stellte das Gravitationsgesetz auf, erfand (unabhängig von Leibniz) die Grundlagen der Differential- und Integralrechnung und postulierte die drei Grundgesetze der klassischen Mechanik: 1. Jeder Körper, auf den keine Kraft einwirkt, verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen, geradlinigen Bewegung (Trägheitsgesetz). 2. Durch einwirkende Kräfte erfährt ein Körper eine Beschleunigung, die der Kraft proportional ist und deren Richtung besitzt, also  $Kraft = Masse \times Beschleunigung$  (Beschleunigungsgesetz). 3. Die Wirkung zweier Körper aufeinander ist stets gleich und von entgegengesetzter Richtung (Prinzip der Gleichheit von Aktion und Reaktion).

Hydrodynamik:

Teilgebiet der Strömungslehre, das sich mit den Strömungen dichtebeständiger Stoffe befasst, vor allem mit den Strömungen von Flüssigkeiten. Werner Karl Heisenberg, 5.12.1901–1.2.1976. Deutscher Physiker, Mitbegründer der Quantenmechanik. Nobelpreis für Physik 1932

Henri Poincaré:

29.4.1854–17.7.1912. Französischer Mathematiker und Physiker, arbeitete an Funktionen, Differentialgleichungen, Himmelsmechanik. Schrieb außerdem philosophische Abhandlungen, z. B. „La science et l'hypothèse“. Für das erwähnte so genannte Dreikörperproblem gibt es seit 1991 eine theoretische Lösung, doch die dafür benötigte Rechenleistung übersteigt heutige Computerkapazitäten. Außerdem hat der chinesische Student, der die Methode entwickelte, einen mathematischen Trick benutzt, der sie für die Praxis ungeeignet macht.

Adam Smith:

5.6.1723–17.7.1790. Schottischer Ökonom und Philosoph. Entwickelte in seinem Werk „Untersuchung über die Natur

und die Ursachen des Nationalreichtums“ die Grundlagen der bürgerlich-kapitalistischen Ökonomie, also unseres Wirtschaftssystems.

Mary Poppins:  
USA 1964, Regie: Robert Stevenson, Darsteller: Julie Andrews, Dick van Dyke