Zum 150. Geburtstag von L. E. Boltzmann

Im Jahre 1844 wurde der bedeutende Physiker und Mathematiker Ludwig Eduard Boltzmann in Wien geboren. Er hat unter anderem bei Joseph Loschmidt (1821-95) und Josef Stefan (1835-93) studiert, 1866 an der Universität Wien promoviert und danach dort eine Assistentenstelle bekleidet. Im Jahre 1869 wurde er Physikprofessor an der Universität Graz und 1873 Mathematikprofessor in Wien, kehrte aber 1876 wieder nach Graz zurück. Weitere Stationen waren die Universitäten in München (ab 1889), Wien (1894), Leipzig (1900) und wieder Wien (1902), wo er jeweils als Professor für theoretische Physik wirkte und auch Naturphilosophie lehrte.

Boltzmanns Lebensarbeit galt (gemäß einer Einschätzung des Physikers Arnold Sommerfeld) der Einordnung der Thermodynamik in das Weltbild der klassischen Mechanik. Er schuf die Grundlagen zu einer umfassenden Statistik des physikalischen Geschehens, wobei er den sonst üblichen Wahrscheinlichkeitsbegriff schärfer faßte. Das von ihm aufgestellte *Boltzmannsche H-Theorem* zeigt auf, daß das Weltgeschehen von unwahrscheinlichen Anfangszuständen zu wahrscheinlichen Endzuständen fortschreitet, wodurch der einseitig gerichtete Verlauf thermodynamischer Prozesse seine Erklärung findet.

Durch seine 1873 erfolgte Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten von Gasen lieferte er eine erste experimentelle Bestätigung für eine der Voraussagen der Maxwellschen Lichttheorie. Ihm gelang es, unter Heranziehung statistischer Rechenverfahren einen grundlegenden Zusammenhang zwischen der thermodynamischen Entropie S und der Wahrscheinlichkeit W der jeweiligen molekularen Bewegungszustände in einem gasförmigen Stoffsystem zu finden:

$$S = k \ln W$$

(dabei ist die Naturkonstante k die sogenannte Boltzmann-Konstante). Diese Formel ist übrigens auch auf seinem Ehrengrab auf dem Zentralfriedhof in Wien festgeschrieben.

Daß L. E. Boltzmann im Zusammenhang mit der modernen Computertechnik zu nennen ist, hat sich erst in neuester Zeit ergeben, und zwar seit es den Boltzmann-Rechner gibt, der 1983 von Hinton und Rajnowski erfunden wurde und mittlerweile zu einem feststehenden Begriff geworden ist. Die statistischen Methoden von Boltzmann haben nämlich dazu Anlaß gegeben, ein neues Rechnerprinzip zu entwickeln, das von der bekannten Struktur des von-Neumann-Rechners völlig verschieden ist.

Der Boltzmann-Rechner (ein Vertreter der Knotenrechner oder Neuronrechner) ist ein "lernfähiges", parallel verbundenes, stochastisches Netzwerk mit folgenden Merkmalen:

- Das Netzwerk besteht aus adaptiven Elementen (Knoten) in hierarchischer Organisation und enthält drei Funktionsebenen: Eingangsebene, Ausgangsebene und dazwischen eine interne Ebene. Zwischen den Knoten in diesen Ebenen existieren bidirektionale Verkopplungen, deren Bewertung von stochastischen Einflüssen abhängt.

- Das System läuft abwechselnd in einer Lernphase (mit festen Input-Output-Relationen), einer Testphase (mit festem Input und freiem Output) und einer Korrekturphase, in der die Kopplungsmatrix erforderlichenfalls korrigiert wird.

- Das System wird solange "belehrt" (ein Durchlauf der drei Phasen ist ein Belehrungszyklus), bis es bei gegebenem Input den gewünschten Output erzielt.

Ein solcher Belehrungsprozeß basiert auf Analogiebetrachtungen zur statistischen Thermodynamik, indem ein bestimmtes Minimalkriterium herangezogen wird, und zwar ist die Zielgröße der Belehrung beim Boltzmann-Rechner das "Energieminimum". Aus alledem geht bereits hervor, daß der Boltzmann-Rechner kein Universalrechner sein kann, sondern einen Spezialrechner für bestimmte Aufgabenklassen - z. B. Mustererkennung - darstellt.

L. E. Boltzmann starb 1906 in Duino bei Triest. Er war Mitglied der Akademien Amsterdam, Berlin, Göttingen, London, New York, Paris, St. Petersburg, Rom, St. Louis, Stockholm, Turin, Upsala, Washington und Ehrendoktor der Universität Oxford.

Klaus Biener