

Thomas H. Seligman

Quantenchaos



Geboren am 9. Mai 1944 in Basel. 1966 schloß er das Studium der Theoretischen Physik an den Universitäten Basel und Kopenhagen ab, 3 Jahre später promovierte er in Tübingen (*Gruppentheoretische Untersuchungen zum Cluster Modell der Atomkerne*). Nach einem Stipendienaufenthalt an der Universität von Mexiko (UNAM) bei Marcos Moschinsky habilitierte er sich in Tübingen (*Double Coset Decomposition of Finite Groups and the Many-Body-Problem*, 1975). Anschließend arbeitete er bei H. Hackenbroich in Köln, von wo er 1978 an die Universität von Mexiko berufen wurde, zunächst als Associate, ab 1981 als Full Professor; dort beschäftigte er sich mit M. Moschinsky intensiv mit der Frage nach quantenmechanischen Darstellungen von Kanonischen Transformationen. 1983/84 verbrachte er mit einem Humboldtstipendium bei Hans Weidenmüller in Heidelberg, wo er die Arbeit auf dem Gebiet des Quantenchaos aufnahm. Seit 1980 ist Thomas Seligman Direktor der alle drei Jahre in Mexiko stattfindenden Lateinamerikanischen Schule für Physik und seit 1993 Präsident der *Academia de Ciencias de Morelos*. – Adresse: Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Apdo. Postal 20364, 01000 México D. F.

Naturgemäß war meine Forschungsarbeit in den Schwerpunkt „Chaos“ eingebettet. So hatte ich Gelegenheit, mit allen Fellows, die zum Schwerpunkt gehörten, ausführlich und über vieles zu diskutieren; insbesondere war es für mich sehr interessant, das Konzept der strukturellen Invarianz, welches ich vor kurzem eingeführt habe, sowie dessen Folgen zu besprechen (vgl. dazu den Aufsatz unten, S. 204-209). Der Strom von Besuchern ermöglichte es uns, im Gespräch unserer Gruppe wie auch über deren engeren Kreis hinaus, Anregungen zu erhalten und Arbeitskontakte zu pflegen oder anzuknüpfen. Dies erwies sich als äußerst fruchtbar und erlaubte zusammen mit den guten äußeren Bedingungen, vor allem auf dem Gebiet der Computer und der Netzwerke, eine ertragreiche und vielfältige Aktivität zu entfalten, deren Ergebnisse weiter unten beschrieben werden.

Ein Teil meiner Tätigkeit in dieser Zeit betraf nicht direkt die eigene Forschung. Eine Woche vor meiner Abreise aus Mexiko erhielt ich die Aufforderung, bei der Gründung eines neuen Physikalischen Instituts an der Universität von Guadalajara mitzuwirken. Es ging dabei vor allem um vier Berufungen. Auf eine Annonce in *Physics Today* gingen sechzig Bewerbungen ein, und es folgte ein komplizierter Auswahlprozeß. Dazu ist zu bemerken, daß internationale Ausschreibungen solcher Stellen in Lateinamerika sehr unüblich sind. Der Erfolg der Ausschreibung ist ein Zeichen für die schwierige Lage in Osteuropa, aber auch für die zunehmende Anerkennung der Wissenschaft in Lateinamerika. Es mag von allgemeinem Interesse sein zu wissen, daß etwa sechzig Prozent der Bewerbungen aus Osteuropa kamen, daß sich andererseits aber auch je ein anerkannter Ordinarius aus den USA und aus Deutschland beworben haben. Der Rat vieler Fellows des Kollegs sowohl in grundsätzlichen Fragen als auch bezüglich spezifischer Berufungen war von unschätzbarem Wert.

Schließlich habe ich mich auch mit einer Aktion befaßt, deren Ziel es ist, russischen Wissenschaftlern das Verbleiben und Arbeiten in Rußland zu ermöglichen. In diesem Bemühen habe ich aktive Unterstützung des Wissenschaftskollegs erfahren.

Die Forschung auf dem Gebiet des Quantenchaos hatte sich jahrelang auf die Spektren als die wesentlichen invarianten Größen der Quantenmechanik konzentriert. Seit etwa fünf Jahren habe ich mich aber mehr und mehr für Eigenschaften der Wellenfunktionen interessiert. Diese Tendenz hat sich jetzt auch in unserem Gebiet als die wesentliche durchgesetzt. Die Schwierigkeit liegt darin, daß diese Funktionen vom Referenzsystem, in welchem sie untersucht werden, abhängen. Es ist daher erforderlich, daß es mindestens eine von zwei Bedingungen erfülle: entweder muß das Referenzsystem vom Experiment her relevant sein, oder es muß eine besondere theoretischen Bedeutung haben. Am besten ist es natürlich, wenn beide Dinge zusammenkommen, wie dies im Falle der Lokalisierung zutrifft. Dieses Problem zieht sich wie ein roter Faden durch die verschiedenen Spezialthemen, welche behandelt wurden.

1) Stabilität von Eigenfunktionen unter dem Einfluß von Störungen

Diese Arbeit war mit Hans Weidenmüller und Luis Benet bereits vor dem Aufenthalt am Wissenschaftskolleg begonnen worden. Während des Jahres wurde dann eine erste Publikation fertiggestellt (*Phys. Rev. Lett.* 71 [1993], 529), gleichzeitig wurden die Arbeiten noch weiter vorangetrieben, wobei Anregungen von Boris Chirikow eine wesentliche Rolle spielten. Es wurden qualitative Unterschiede zwischen dem Verhalten der Funktionen bei klassisch integrierbaren beziehungsweise chaotischen Systemen festgestellt und auch Maße für diese Unterschiede angegeben. Hier ist die allge-

meine Frage nach dem Referenzsystem von der Problemstellung her zu beantworten; wenn wir von Störungen sprechen, so bezieht sich diese Betrachtung zwangsläufig auf das ungestörte System, welches uns auch das geeignete Referenzsystem liefert. Es mag noch erwähnt werden, daß es sich hier um die Lösung eines bald zwanzig Jahre alten Problems handelt.

2) Chaos in Rydbergmolekülen

Während eines Besuches von Maurice Lombardi nahmen wir die letzten Korrekturen an einer Arbeit über Wellenfunktionen von gebundenen klassisch chaotischen Systemen vor (*Phys. Rev. A* 47 [1993], 3571). Es wurden Wellenpakete betrachtet, welche im Experiment im Prinzip mit Laseranregung erzeugt werden können. Gleichzeitig wurden neue Untersuchungen zur Streuung im selben System begonnen, welche vielversprechend aussehen und unerwartete Ergebnisse bezüglich des zeitlichen Ablaufs der Streuung gebracht haben. Es zeigt sich, daß im Bereich klassischer Mechanik ein eindimensionales Diffusionsmodell die Situation recht gut beschreibt, doch muß in diesem Modell in gewissen Fällen eine semipermeable Barriere eingeführt werden. Wir vermuten, daß es sich dabei um Effekte von aufgebrochenen, aber nicht vollständig zerstörten KAMtori, um sogenannte Cantori, handelt.

3) Lokalisierung in Bandmatrizen

Mit Alexander Mirlin, Yan Fyodorov und einem meiner Studenten (Javier Quezada) untersuchten wir die Lokalisierungseigenschaften der Eigenfunktionen von Bandmatrizen, für welche das Band nach einem Potenzgesetz abfällt. Numerische Rechnungen ebenso wie algebraische Überlegungen sind weit fortgeschritten, und ein Entwurf der Arbeit liegt vor. Das Ergebnis ist im wesentlichen ein Übergang von Lokalisierung zu Delokalisierung, welcher bei einer Potenz zwischen -1 und $-1,5$ erfolgt. Die Frage der Lokalisierung ist bei ausgedehnten Systemen z. B. über Transmission in irgendeiner Form experimentell zugänglich; das Referenzsystem ist durch die Ausdehnung des Systems selbst im realen Raum bestimmt. Lokalisierung ist aber auch wegen des Zusammenhangs von deterministischem Chaos mit ungeordneten Systemen via Anderson-Lokalisierung von grundsätzlicher Bedeutung.

4) Unstabile periodische Bahnen und Punktsymmetrien

Auf diesem Gebiet habe ich mit Hans Weidenmüller zusammengearbeitet, und wir haben eine vom ihm kürzlich fertiggestellte Arbeit in einen gruppentheoretischen Zusammenhang gebracht. Dabei ist es gelungen, die periodischen Bahnen von chaotischen Systemen mit Punktsymmetrie

bezüglich derselben vollständig zu klassifizieren. Die Arbeit ist praktisch abgeschlossen. Das Referenzsystem ist hier durch die klassischen Bahnen gegeben.

5) Korrelationen in Kernspektren

Mit Maurice Lombardi und Oriol Bohigas haben wir neue Ideen zur statistischen Analyse experimenteller Intensitäts- und Energiespektren auf Kerndaten angewendet. Spektren werden erzeugt, indem man jedes zweite Niveau berücksichtigt, und es wird gezeigt, daß für den Fall des Kerndatenensembles die Fouriertransformation die charakteristische Spitze bei 1 aufweist. Hier beziehen wir uns auf Grund der experimentellen Lage hauptsächlich auf Neutronenkanäle als Referenzsystem. Der entsprechende Artikel ist zu Veröffentlichung bereit. In diesem Zusammenhang haben wir auch Pläne für eine weitere Zusammenarbeit auf dem Gebiet der statistischen Kernphysik entwickelt.