

## Nachruf

auf

HANS JÜRGEN BORCHERS

24. Januar 1926 – 10. September 2011

KURT SCHÖNHAMMER

Am 10. September 2011 verstarb Hans-Jürgen Borchers, Ordentliches Mitglied unserer Akademie seit 1970, im Alter von 85 Jahren. Am 22. Oktober 2012 fand in der Fakultät für Physik ein „Memorial Symposium“ statt, auf dem die wissenschaftlichen Leistungen von Hans-Jürgen Borchers gewürdigt wurden. Als Vizepräsident der Akademie und Vorsitzender der Mathematisch-Physikalischen Klasse eröffnete ich die Veranstaltung mit einem Grußwort. Der anschließende Hauptvortrag wurde von dem erfolgreichsten Borchers-Schüler Jakob Yngvason, langjähriger Direktor des Erwin Schrödinger International Institute for Mathematical Physics in Wien, gehalten. In der Würdigung des wissenschaftlichen Werks von Hans-Jürgen Borchers nehme ich mehrfach Bezug zu den Ausführungen von Herrn Yngvason.

Hans-Jürgen Borchers wurde am 24. Januar 1926 in Hamburg geboren. Nach dem Krieg absolvierte er zunächst eine Ausbildung am Technikum und holte später das Abitur nach. Das Studium der Physik an der Universität Hamburg schloss er 1956 mit der Promotion bei Wilhelm Lenz ab, dessen Student auch Ernst Ising war, nach dem das ursprünglich von Lenz vorgeschlagene einfachste Modell für den Ferromagnetismus benannt ist. Anschließend wandte sich Borchers als Post-Doc von Harry Lehmann der Quantenfeldtheorie zu, insbesondere den Versuchen einer axiomatischen Beschreibung. Seine Einsicht, dass ganze Äquivalenzklassen von Quantenfeldern dieselbe Physik beschreiben, fand weltweit große Beachtung. Bereits einige Jahre später (1965) widmeten Streater und Wightman diesen „Borchers-Klassen“ ein ganzes Kapitel in ihrem Buch „PCT, Spin and Statistics and all that“. Eine detailliertere Beschreibung wird im zweiten Teil dieses Nachrufes gegeben.

Nach Forschungsaufenthalten in Princeton und Paris wurde Hans-Jürgen Borchers 1966 als Nachfolger von Friedrich Hund nach Göttingen

berufen, und bereits vier Jahre später wurde er zum Ordentlichen Mitglied in unsere Akademie gewählt. Der Zuwahlvorschlag beginnt mit der Feststellung:

„Herr Borchers gehört zu den führenden Vertretern einer Forschungsrichtung an der Grenze zwischen Physik und Mathematik.“

Nach einer kurzen Erläuterung zum Wesen der Quantenfeldtheorie folgt:

„Borchers' eigene Arbeiten befassen sich u.a. mit der Algebra der Feldoperatoren und dem Vakuumzustand. Die sogenannten Borchersklassen sind mit seinem Namen verbunden. Neuerdings hat sich sein Interesse auch Fragen der Thermodynamik zugewandt.“

Eine Anmerkung zu Borchers internationaler Anerkennung beendet diesen äußerst kurz gehaltenen Wahlvorschlag. Bereits kurz nach seiner Wahl veröffentlichte Borchers drei Arbeiten in den „Nachrichten“, eine davon gemeinsam mit seinem Kollegen G.C. Hegerfeldt.

Im Folgenden möchte ich genauer auf einige von Borchers wichtigen Beiträgen zur „mathematischen Physik“ eingehen, in der die theoretische Physik mit mathematischer Strenge verbunden wird. In der Mehrzahl sind diese im Umfeld der Begründung der relativistischen Quantenfeldtheorie angesiedelt, in der versucht wird, die beiden wichtigsten Errungenschaften der theoretischen Physik des zwanzigsten Jahrhunderts, die Relativitätstheorie und die Quantenmechanik, zu „verheiraten“. Die ersten Versuche mussten mit dem Problem kämpfen, dass die Berechnung gewisser physikalischer Größen unendliche Werte lieferte. Die erfolgreiche Berechnung experimentell messbarer Größen gelang mit so genannten Renormierungsmethoden, die aber in der ursprünglichen Form vom mathematischen Standpunkt als nicht befriedigend angesehen werden. Dies war, wie schon angedeutet, Mitte der fünfziger Jahre der Ausgangspunkt von Borchers wissenschaftlichen Aktivitäten. In den folgenden Jahren gab es zwei Versuche einer strengen Begründung der relativistischen Quantenfeldtheorie. Der mit dem Namen Wightman (Ehrendoktor der Georg-August-Universität) verbundene Zugang sowie die *algebraische* Formulierung, die von unserem Ordentlichen Mitglied Rudolf Haag angestoßen wurde. In beiden Formalismen spielt die Lokalisierung von physikalischen Observablen eine wichtige Rolle. Daher hat Haag seiner späteren Monographie zu diesem Thema den Titel „Local Quantum Physics“ gegeben.

In jeder Quantenfeldtheorie, die den Wightman-Axiomen genügt, gilt das *CPT-Theorem*, das besagt, dass die Kombination von Ladungskonjugation  $C$ , der Paritätstransformation  $P$  (Raumspiegelung) und der Zeitumkehrtransformation  $T$  eine durch einen antiunitären Operator darge-

stellte Symmetrie ist. Borchers nutzte dies und zeigte 1959, dass die lokale Vertauschbarkeit der Felder eine Äquivalenzrelation definiert. Er zeigte, dass zwei Felder in derselben Äquivalenzklasse die gleiche Streumatrix haben. Diese Äquivalenzklassen werden als die bereits erwähnten „*Borchers-Klassen*“ bezeichnet. Diese Entdeckung von Borchers passte gut zu Haags Idee, dass die zentralen Objekte der Quantenfeldtheorie nicht individuelle Felder, sondern Netze lokaler Operatoralgebren sind. Borchers kehrte dreißig Jahre später zum CPT-Theorem zurück. In seiner einflussreichen Arbeit über das Theorem in zweidimensionalen Theorien lokaler Observabler verwendete er die Tomita-Takesaki-Theorie modularer Automorphismen von von-Neumann-Algebren. Diese Arbeit inspirierte eine Vielzahl von Folgearbeiten sowohl von Borchers selbst als auch von anderen. Es ist die am häufigsten zitierte Arbeit von Borchers.

In den sechziger Jahren publizierte Borchers eine Vielzahl anderer wichtiger Beiträge zur mathematischen Physik. Die drei wichtigsten sind (1) über die Struktur der Algebra der Feldoperatoren, (2) über lokale Ringe und die Verbindung von Spin und Statistik sowie (3) über Energie und Impuls in der Quantenfeldtheorie.

Es kann hier nicht auf alle späteren Beiträge von Borchers eingegangen werden. Die Mehrzahl seiner Veröffentlichungen entstanden ohne Koautor(en), wichtige Arbeiten sind aber auch mit dem bereits erwähnten J. Yngvason und Borchers' späterem Nachfolger D. Buchholz (damals Universität Hamburg) entstanden. Erwähnt werden sollen noch Borchers als „Lecture Notes in Physics“ bei Springer erschienenen Monographien

- *Translation Group and Particle Representations in Quantum Field Theory* und
- *Mathematical Implications of Einstein-Weyl Causality*.

Letztere verfasste Borchers gemeinsam mit R.N. Sen.

Im Jahr 1994 wurde Borchers für seine Beiträge zur Quantenfeldtheorie mit der Max-Planck-Medaille, der höchsten Auszeichnung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, geehrt.

Auch nach seiner Emeritierung hat sich Borchers mit aktuellen Fragestellungen seines Feldes beschäftigt – selbst in seinen letzten, schon von Krankheit gezeichneten Lebensjahren.

Lassen Sie mich mit meiner ersten persönlichen Begegnung mit Hans-Jürgen Borchers schließen. Nachdem ich einige Jahre eine Professur an der Universität Hamburg innehatte, erhielt ich den Ruf nach Göttingen und kam im Sommer 1984 zu Berufungsverhandlungen nach Göttingen.

Neben dem Präsidenten Kamp und dem Kanzler Schneider war Hans-Jürgen Borchers als damaliger Direktor des Instituts für Theoretische Physik anwesend. Nach den Verhandlungen lud mich Herr Borchers in das italienische Restaurant „Rialto“ zum Mittagessen ein. Die Unterhaltung war interessant, aber wie es bei Herrn Borchers als typischem Hamburger üblich war: freundlich und zunächst sehr zurückhaltend. Der zweite Schritt passte ebenfalls in das Bild, das ich von Hamburgern kennen gelernt hatte: Erst nach einem Glas Frascati wurde das Gespräch viel entspannter – ich fuhr in guter Stimmung zurück, und in den folgenden Jahren hatten wir als Kollegen immer ein angenehmes Verhältnis.