Wissenschaftlicher Entwicklungsweg

Die Grundlage für meine Orientierung auf die Theoretische Physik wurde bereits während des Physikstudiums an der Universität Minsk (1971 bis 1976) gelegt. Meine Diplomarbeit unter der wissenschaftlichen Leitung von Akademiemitglied Prof. F.I. Fjodorov beinhaltete die Anwendung eines Projektionsformalismus auf die Berechnung von Matrixelementen in der Quantenelektrodynamik.

Mit dem Beginn meiner Tätigkeit an der Universität Leipzig ab 1.9.1976 erfolgte mein wissenschaftliches Wirken auf dem Gebiet der theoretischen Elementarteilchenphysik im Rahmen der Forschungsthematik des Wissenschaftsbereiches Hochenergiephysik.

Von 1976 bis 1981 beschäftigte ich mich mit phänomenologischen Aspekten der Hadronenerzeugung bei großen Transversalimpulsen in hadronischen Prozessen. Von besonderer Bedeutung erwies sich die Anwendung der störungstheoretischen Quantenchromodynamik auf Experimentvorhersagen und die theoretische Berechnung relevanter Wirkungsquerschnitte für die Streuung von Quarks und Gluonen. Wichtige Resultate dieser Zeit gingen in meine Promotion A ein, die ich unter der Leitung von Prof. J. Ranft verfaßte und 1979 verteidigte.

Parallel arbeitete ich zu dieser Zeit gemeinsam mit Kollegen an der Entwicklung von phänomenologischen Jetzerfallsmodellen für Hadronen, die dann später in Monte-Carlo-Codes zur Simulation von e^+e^--Reaktionen (entwickelt in Leipzig und in internationalen Labors genutzt) Verwendung fanden. Unter Berücksichtigung von Quarks, Gluonen, Photonen und Elektronen wurden Fragmentations- und Strukturfunktionen berechnet, basierend auf den Formalismen der Lipatov-Altarelli-Parisi-Evolutionsgleichungen und der Operatorproduktentwicklung.

In den Jahren 1979 bis 1981 beschäftigte ich mich auch verstärkt mit der Nutzung symbolischer Rechnungen, so wurden mit REDUCE Matrixelemente in QCD und QED berechnet. Zum Teil wurden diese Resultate gemeinsam mit Novosibirsker Experimentalphysikern in ein Programmpaket eingebunden, das die Abschätzung von Hintergrundprozessen für eine Detektorsimulation am e^+e^--Beschleuniger in Novosibirsk erlaubte.

Seit etwa 1981 orientierte ich mich auf nichtstörungstheoretische Untersuchungen der die Elementarteilchen beschreibenden Quantenfeldtheorien sowie auf methodische Fragen zu solchen Untersuchungen. Den Hauptschwerpunkt stellt hierbei die Gitterregularisierung der untersuchten QFT und ihre analytische Auswertung sowie numerische Untersuchung durch Monte-Carlo-Verfahren dar. Zum heutigen Zeitpunkt steht mir ein weites Spektrum numerischer Verfahren zur Verfügung, es bestehen Erfahrungen zu verschiedenartigster Rechentechnik bis zu Super− und Parallelrechnern. Gleichzeitig wurden unterschiedliche Aspekte störungstheoretischer Untersuchungen fortgesetzt.

Mit wechselnden Koautoren aus Leipzig und Genf untersuchte ich 1981-82 einige Aspekte des QCD-Vakuums durch Messung des Gluon-Kondensates auf dem Gitter, arbeitete zu QCD-Summenregeln (Anwendung auf die η_c-Erzeugung in Zweiphotonreaktionen) und untersuchte den Einfluß nichtlokaler Wirkungen in Gittereichfeldtheorien auf die Phasenstruktur.

Von 1982-87 wandte ich mich in Kooperation mit J. Ranft Hamiltonischen Monte-Carlo-Methoden zu, um Modelle mit Eichbosonen, skalaren Teilchen und Fermionen zu untersuchen. Speziell wurde dabei die lokale Hamiltonische Monte-Carlo-Methode und der Projektor-Monte-Carlo-Zugang ausgearbeitet, um neben bosonischen auch fermionische Freiheitsgrade in $1+1$ Dimensionen lokal auf dem Gitter behandeln zu können. Ausgehend von diesen methodischen Fragestellungen wurden topologische Anregungen (Solitonen) studiert, Zustände mit gebrochenzahligen Ladungen identifiziert und gemessen sowie supersymmetrische Gittermodelle formuliert und im hamiltonischen Zugang numerisch untersucht. Die Resultate faßte ich in meiner Promotion B zusammen, die ich 1988 verteidigte.

1988-91 wurde in einer Leipzig-Wien-Kollaboration der Frage nachgegangen, wie man Eichfeldtheorien in gebrochenzahliger Raum-Zeit durch die Nutzung fraktaler Gitter spezieller Konstruktion numerisch untersuchen kann. Es wurden Methoden adaptiert und weiterentwickelt, die zur Lokalisierung und Feinbestimmung von Phasenübergängen schwach erster und zweiter Ordnung geeignet sind (Binder-Kumulanten, Multihistogramm-Technik).

Seit etwa 1991 trat die nichtstörungstheoretische Untersuchung des elektroschwachen Phasenüberganges in den Mittelpunkt meines Interesses. Die ursprüngliche Motivation bestand in der Hoffnung, die Baryonasymmetrie des Universums im Rahmen dieses Temperatur-Phasenüberganges zu verstehen. Gleichzeitig kann die Gültigkeit der Störungstheorie im Rahmen eines effektiven Potentialzuganges untersucht werden. Die Leipziger Untersuchungen mit realistischen Kopplungsparametern haben das internationale Interesse an den entsprechenden Gitteruntersuchungen zweifellos stimuliert. Es erfolgten unter meiner Mitwirkung und teilweise Leitung (Kooperation mit Berlin und Heidelberg) in den vergangenen Jahren Simulationen des $SU(2)$-Higgs-Modells in einer 4-dimensionalen und einer dimensionsreduzierten effektiven 3-dimensionalen Variante für verschiedene Higgsmassen. Gegenwärtig bin ich an einem besseren Verständnis der Vakuumstruktur der Hochtemperaturphase dieses Modells interessiert. Diese Untersuchungen erfolgen im Rahmen des DFG-Schwerpunktes "Dynamische Fermionen", bei dem ich einer der Projektleiter bin und eine BAT-IIa-Stelle nutzen kann. Die numerischen Rechnungen erfolgen auf Quadrics-Parallelrechnern und einem CRAY-Vektorrechner.

In einer Kollaboration mit DESY, Jülich und Berlin arbeite ich an der Berechnung hadronischer Strukturfunktionen, ausgehend von der Gitter-QCD. Speziell werden in Leipzig durch einen Kollegen und mich die störungstheoretische Renormierung der entsprechenden Operatoren in Ein-Schleifen-Gitterstörungstheorie bearbeitet. Dazu wurde ein Programmpaket, basierend auf MATHEMATICA, entwickelt, mit dessen Hilfe die entsprechenden Diagramme analytisch berechnet werden.

Auf der störungstheoretischen Seite meiner Interessen wurden von 1983 bis 1992 mit V.G. Serbo u.a. eine Serie von Arbeiten veröffentlicht, die die QED auf hochenergetische Prozesse für e^+e^-, $\gamma\gamma$ und ep-Stöße und Collider anwendet. Es wurden analytische Techniken ausgearbeitet, um im Experiment zu messende Größen, z.B. zur Bestimmung der Luminosität eines Colliders, theoretisch korrekt unter Berücksichtigung von Nichtlokalitäts- und Interferenzeffekten der wechselwirkenden Primärstrahlen zu berechnen.

Gemeinsam mit E.A. Kuraev u.a. wurden aufwendige störungstheoretische Rechnungen durchgeführt, um Korrekturen höherer Ordnung aus QED und elektroschwacher Standardtheorie zum anomalen magnetischen Moment des Muons zu bestimmen.

Kürzlich wurde mit V.G. Serbo eine neue Methode entwickelt, basierend auf einer Art äquivalenter Photonnäherung, die erlaubt, kohärente Prozesse bei Collidern zu beschreiben. Anwendungen für zukünftige Beschleuniger wurden diskutiert. Eine Fortsetzung der Zusammenarbeit wird angestrebt.

Seit Beginn meiner Tätigkeit an der Universität 1976 war ich ständig als Seminarleiter in Theoretischer Physik eingesetzt. In dieser Tätigkeit wurde das gesamte Spektrum der Theoretischen Physik abgedeckt. In mehreren Semestern bot ich Seminare mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad an, die z.T. vorlesungsergänzenden Charakter trugen.

Wiederholt vertrat ich zum Teil mehrwöchig Hauptvorlesungen zur Theoretischen Physik, speziell Theoretische Mechanik und Elektrodynamik.

Mehrfach hielt ich semesterweise Spezialvorlesungen zu ausgewählten Problemen der theoretischen Elementarteilchenphysik, so 1995 zu Gittereichfeldtheorien.

1989 wurde mir die Lehrbefähigung (facultas docendi) für Theoretische Physik zuerkannt. Durch den Senat der Universität Leipzig wurde mir 1991 der akademische Grad. Dr. rer. nat. habil. verliehen.

Leipzig, den 13.6.1996