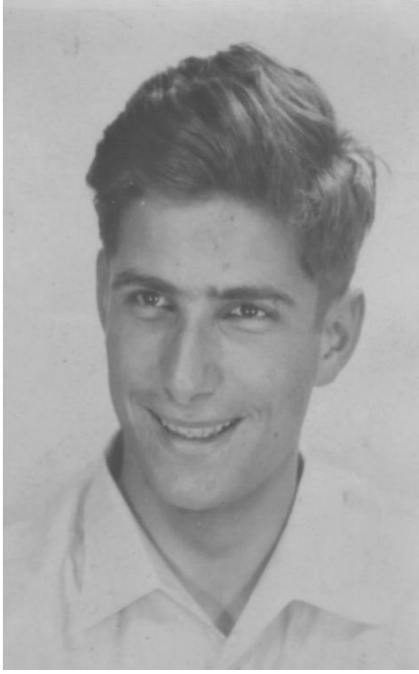


**HEIDELBERGER PHYSIKER**  
**BERICHTEN ...**

Rückblicke auf die Lehre und Forschung  
in Heidelberg

Hans Günter Dosch



# Hans Günter Dosch

Hans Günter Dosch, geboren 1936 in Heidelberg, studierte Physik in Heidelberg und Paris und promovierte 1963 an der Universität Heidelberg in theoretischer Elementarteilchenphysik. Er war am CERN in Genf, am MIT in den USA, in Karlsruhe und als Gastwissenschaftler in Montpellier, in Moskau, am DESY in Hamburg sowie in Rio de Janeiro, Brasilien tätig. Zwischen 1969 und seiner Emeritierung 2002 war er Ord. Professor für theoretische Physik in Heidelberg. Sein Hauptarbeitsgebiet ist die Theorie der starken Wechselwirkung. Zu seinen bekanntesten Buchveröffentlichungen gehört eine Einführung in die Physik der Elementarteilchen, die 2004 unter dem Titel „Jenseits der Nanowelt: Leptonen, Quarks und Eichbosonen“ bei Springer erschienen ist. Neben wichtigen Arbeiten zu seinem direkten Fachgebiet, lieferte Hans Günter Dosch auch Beiträge zu den physikalischen Grundlagen der Musik und zur Neurophysiologie, wobei er mit Kollegen der medizinischen Fakultät der Heidelberger Uni zusammenarbeitete. Seit 1996 ist Hans Günter Dosch auch Mitglied der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. In den Jahren 2003 - 2006 war er der Sekretar der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse dieser Akademie.



## Erinnerungen

Der Titel der Vortragsreihe, "Emeriti erinnern sich"<sup>1</sup>, erlaubt mir das Hauptgewicht nicht so sehr auf Fakten zu legen, sondern vielmehr auf die Bedeutung, die diese tatsächlichen oder vermeintlichen Vorgänge für mich hatten. Und deshalb möchte ich gleich mit einer Erinnerung beginnen.

Nach meiner Antrittsvorlesung vor etwa 40 Jahren wünschte mir Christoph Schmelzer Glück für meine weitere Zukunft, und zwar nicht nur in seinem eigenem Namen, sondern auch in dem der ganzen Heidelberger Physikerfamilie. Dieser Familie anzugehören war ich froh und stolz und ich habe mich mein ganzes Leben auf sie verlassen können. Natürlich gab es, wie in jeder Familie, manchmal kleinere Unstimmigkeiten, aber im ganzen war die Atmosphäre wirklich einmalig gut. Besonders wohl fühlte ich mich natürlich in der Kernfamilie, dem Institut für Theoretische Physik. Die eminente wissenschaftliche Bedeutung des Institutgründers, J.H.D. Jensen brauche ich nicht besonders zu betonen, der Nobelpreis für Physik, den er 1963 für seine Arbeiten zum Kernschalenmodell erhielt, spricht genug dafür. Aber nicht minder eindrucksvoll war seine Menschlichkeit und Sorge für seine Mitarbeiter. Im Gegensatz zu heutigen Bildungspolitikern hatte er erkannt, dass die beste Art der Nachwuchsförderung darin besteht, dem Nachwuchs auch Perspektiven zu öffnen. Wenn er – was öfters vorkam – ein sehr attraktives Angebot aus dem Ausland oder von einer anderen deutschen Universität bekam, suchte er nicht seine Bedeutung am Institut dadurch zu erhöhen, dass er noch einige zusätzliche Assistentenstellen forderte, sondern er regte an, einen neuen Lehrstuhl für Theoretische Physik zu schaffen. Aus solche Forderungen waren die Ministerialbeamten nicht gefasst, da viele Professoren einen zweiten Lehrstuhl an ihrem Institut eher als Grund gesehen hätten, dieses zu verlassen als zu bleiben. So war Jensen mit seinen Forderungen meist erfolgreich und es gab hier in einem Institut schon bald mehrere Lehrstühle, lange bevor dies unter dem modischen Schlagwort "Departmentsystem" auch anderswo üblich wurde.

Es ist nicht verwunderlich, dass unter diesen Voraussetzungen die wissenschaftlichen und menschlichen Beziehungen zwischen allen Mitgliedern des Instituts sehr angenehm waren und eine besondere Attraktion des Philosophenweg 16 bildeten. In Seminaren konnte Jensen harsch kritisieren, aber nie wollte er verletzen. Ich selbst erfuhr dies am eigenen Leibe: Im Seminar für mittlere Semester, noch als Diplomand

---

<sup>1</sup> Titel der Serie als der Vortrag gehalten wurde

in der Experimentalphysik, hielt ich einen Vortrag über magnetische Monopole<sup>2</sup>. Da die Divergenz eines Monopolfeldes eine pseudoskalare Größe ist, also eine skalare Größe die bei einer Raumspiegelung ihr Vorzeichen ändert, schloss ich daraus, dass es keine Monopole geben könne. Hierauf kritisierte mich Jensen ausgesprochen ungehalten. Nach dem Vortrag war ich entsprechend deprimiert, aber Jensen kam zu mir und er erklärte mir die Hintergründe. Kurz zuvor war durch die Experimente von Frau Wu die Nichterhaltung der Parität bei der schwachen Wechselwirkung gezeigt worden. Jensen erzählte mir, dass er nie daran geglaubt habe, dass diese Paritätsverletzung möglich sei und er sogar zu Frau Wu gesagt habe "Die Amerikaner haben offenbar viel Geld, dass sie so aufwendige Experimente durchführen, wo doch der Ausgang eindeutig ist". Er schloss: "da sieht man immer wieder, wie dumm wir doch sind".

Diese Tradition der menschlichen und wissenschaftlichen Zusammenarbeit wurde dann von Berthold Stech würdig fortgesetzt. Ich selbst habe diese Atmosphäre auch sehr genossen und genutzt. Mit den meisten Mitglieder der Gruppe für Teilchenphysik habe ich eng zusammengearbeitet und gemeinsame Veröffentlichungen.

Zunächst ein *outing*: Ich gehöre nicht der Gattung *Homo Sapiens Sapiens* an, sondern der älteren des *Homo Erectus Heidelbergensis*. Ich wurde 1936 am 16. Juli in Heidelberg geboren, noch dazu von Heidelberger Eltern und ich hab oft versucht, von Heidelberg loszukommen, habe es aber langfristig nie geschafft. Meistens waren Interventionen sehr prominenter Physiker der Anlass meines Bleibens und stets war ich letztlich dankbar dafür.

Ich war ein physikbegeisterter Schüler, las viel populärwissenschaftliche Literatur aus der Vorkriegszeit und eins war mir klar: Es gibt in Deutschland nur einen Ort, an dem man Physik studieren kann, nämlich Göttingen. Nun war Walter Bothe (Nobelpreis für Physik 1954) ein Patient meines Vaters, und der riet mir, doch eher in Heidelberg zu studieren; ein Argument war, dass Kopfermann gerade einen Ruf von Göttingen nach Heidelberg angenommen hatte. Ich folgte glücklicherweise diesem Rat. Ein positiver Nebeneffekt eines Studiums in Heidelberg war auch noch, dass ich dadurch nicht auf das Mensaessen angewiesen war. Ich bin nämlich Vegetarier von Natur aus, vertrage also kein Fleisch, und das damalige Mensaessen war im Allgemeinen ein Eintopf aus Gemüse mit zerfledderten Fleischbrocken, es war also für mich ungenießbar. In Heidelberg konnte ich natürlich zuhause essen. Hinzu kam, dass meine Eltern extrem

---

<sup>2</sup> Bei einer Erinnerung an mein berufliches Leben lässt sich ein gewisser Fachjargon nicht vermeiden. Es ist unmöglich, all die Begriffe, die ich benutzen muss, auch nur grob zu erklären. Selbst wenn man ein ganzes Buch darüber schreibt, führt dies nur zu einem begrenzten Erfolg, wie ich selbst erlebte.

verständnisvoll und tolerant waren: Ich hatte sozusagen ein möbliertes Zimmer in Heidelberg mit Familienanschluss.

Nachdem ich in Heidelberg das Vordiplom abgelegt hatte, ging ich für ein Jahr zum Studium nach Paris. Ich hatte in der Schule als Fremdsprachen nur Latein, Griechisch und Englisch gelernt, und das fehlende Französisch wollte ich nun in Frankreich lernen. Das lies sich erstaunlich gut mit dem Physikstudium verbinden. Meine Sprachkenntnisse erwarb ich mir hauptsächlich in den Physik-Vorlesungen, bei Diskussionen mit meinen Kommilitonen und abends von den französischen Klassikern in der *Comédie Française*. Ich machte mein *Certificat de Physique nucléaire et radioactivité* am Institut de Radium. Nach der Prüfung in Experimentalphysik bei F. Joliot (Nobelpreis für Chemie 1935) fragte er mich nach meinen Zukunftsplänen. Ich hatte nun wirklich vor, Heidelberg zu verlassen, doch Joliot riet mir, dorthin zurückzukehren, da dies zur Zeit der beste Platz in Deutschland sei.

Ich kehrte also zurück nach Heidelberg und machte dort mein Diplom in Experimentalphysik und promovierte in Theoretischer Physik, ich komme darauf noch ausführlicher zurück. Nach der Promotion aber schien mir eine Abnabelung (ein Ausdruck Jensens) unumgänglich, und ich hatte schon in Marburg zugesagt, eine Assistentenstelle anzunehmen. Doch da hielt mich Jensen in der Familie. Er verstehe zwar, dass ich Heidelberg verlassen wolle, doch dann wäre es besser, gleich ans CERN, nach Genf zu gehen, wo H. Filthuth mir eine Assistentenstelle am neugegründeten Institut für Hochenergiephysik anböte, ein Institut das zwar *de jure* in Heidelberg, aber *de facto* noch in Genf beim CERN angesiedelt war.

Der letzte erfolglose Versuch, Heidelberg zu verlassen kam dann 1969, als ich einen Ruf an die University of Massachusetts bekam. Ich war schon beim Kofferpacken, als mich der Ruf nach Heidelberg erreichte. Ich war mir nicht sicher, was ich machen sollte, da ich kurz zuvor von einer post-doc Stelle am MIT in Cambridge, Mass. nach Deutschland zurückgekommen war und es meiner Familie und mir dort sehr gut gefallen hatte. Doch rieten mir alle, insbesondere auch Sergio Fubini, der damals noch selbst am MIT Professor war, dringend dazu, den Ruf nach Heidelberg anzunehmen und ich habe den Entschluss nie bereut.

Doch nun komme ich zu meinem Werdegang als Physiker. Wie ich bereits erwähnte, war ich schon als Schüler von der Physik begeistert. Allerdings zeitigte meine erste Begegnung mit ihr einen eklatanten Misserfolg, an den ich mich noch sehr lebhaft erinnere. Ich sah, wie ein Freund meines älteren Bruders auf dem Balkon Blumen mit Hilfe eines Saughebers goss. Dass Wasser über den Berg laufen kann, hat mich sehr beeindruckt, und ich beschloss, diesen Effekt auszunutzen. Ich überlegte mir: Man müsse nur das eine Ende des Schlauches sehr vorsichtig anheben und das Wasser über



eine Art Mühlrad in das Ausgangsgefäß zurückfließen lassen; damit könnte ich dann mein Dreirad antreiben. (Aus dieser Absicht schließe ich, dass ich damals jünger als 8 Jahre war, denn ab diesem Alter fuhr ich sicher nicht mehr Dreirad). Über die technische Durchführung machte ich mir weniger Gedanken. Es war auch nicht nötig, denn es gelang mir trotz aller vorsichtigen Bemühungen nicht, den Ausgang des Schlauches so hoch zu heben, dass das Wasser wieder in das Gefäß zurücklaufen konnte. Vielleicht war das der Ursprung meiner immer noch anhaltenden Bewunderung für und Verwunderung über die Naturgesetze.

Zu Beginn des Studiums machten die Mathematikvorlesungen auf mich den größten Eindruck. Besonders die Lineare Algebra von Horst Schubert, der damals in Heidelberg Privatdozent war, begeisterte mich. Ich war glücklich, endlich befriedigende Beweise für die in der Schule erlernten Kochrezepte in der Mathematik zu lernen und vor allen Dingen die größeren Zusammenhänge zu erkennen. So löste ich auch mit Begeisterung die sehr anspruchsvollen Übungsaufgaben und ich muss gestehen, dass ich die anderen Vorlesungen eigentlich nur dann besuchte, wenn ich zu müde war um Mathematik zu treiben.

Wie ich bereits berichtete, studierte ich nach dem Vordiplom ein Jahr in Paris und kehrte dann, auch auf den Rat Joliot's hin, nach Heidelberg zurück. Obwohl mir das experimentelle Praktikum in Paris, besonders die Radiochemie, sehr gut gefiel, wollte ich mein Diplom in Theoretischer Physik machen. Doch Jensen war der Meinung, dass man wenigsten einmal in seinem Leben etwas Anständiges lernen solle und nahm deswegen keine Diplomanden in der Theorie an. Ich glaube, das war damals sehr berechtigt, denn außerhalb der Universität gab es damals praktisch kein Betätigungsfeld für Theoretische Physiker. Das hat sich inzwischen sehr geändert, und heute würde ich jedem angehenden Theoretiker unbedingt raten, schon sein Diplom in Theoretischer Physik zu machen.

Ich begann also meine Diplomarbeit in Experimentalphysik. Damals gab es noch zwei physikalische Institute, das Erste Physikalische Institut unter Kopfermann, in dem die atomphysikalische Kernspektroskopie besonders gepflegt wurde, und das Zweite Physikalische Institut unter Haxel, das eher kernphysikalisch ausgerichtet war. Es galt also, sich für eines der Institute zu entscheiden. Nach der Vordiplomprüfung hatte mir Kopfermann gesagt: "Naja, wir pflegen unsere Diplomanden zwar nicht zu keilen, aber wenn Sie zu Haxel gehen, bin ich Ihnen böse. So entschied ich mich dann für das Erste Institut. Die Wahl des Instituts war damals aber auch die einzige Freiheit die man hatte, denn nach der Entscheidung wurde man als Diplomand dorthin gesteckt, wo es gerade nötig war und wo es Platz gab. So kam ich, und darüber war ich keineswegs unglücklich, in die einzige genuin kernphysikalische Gruppe des ersten Instituts, in die Schleudergruppe. Diese hatten ihren Namen nach der Elektronenschleuder, einem

Beschleuniger nach dem Betatron-Prinzip, der Elektronen bis zu einer Maximalenergie von 35 MeV beschleunigte. Der Leiter der Schleudergruppe war Karl-Heinz Lindenberger, damals noch Assistent, aber die graue Eminenz war Peter Brix, der vorher die Schleudergruppe aufgebaut und geleitet hatte und gerade einen Ruf nach Darmstadt angenommen hatte. Von Brix habe ich gelernt, dass man den einfachen statistischen Fehlern stets misstrauen muss und dass man, bevor man etwas niederschreibt, es wirklich hin und her und her und hin durchkauen muss. Wir hatten das damals nicht so sehr geschätzt, wahrscheinlich meine Studenten später auch nicht. Wir hatten sogar einen Begriff dafür eingeführt, nämlich brixen. Brixen bedeutete, eine Arbeit wirklich von vorne nach hinten und hinten nach vorne durchgehen<sup>3</sup>. Die Schleudergruppe hatte, glaube ich, das größte politische Spektrum innerhalb Deutschlands und ist eine der wenigen Gruppen, wo zwei ehemalige Mitglieder später amtsenthoben wurden, Jens Scheer als Mitglied der KPD/ML und Herr Kosiek als Mitglied der Republikaner. Trotzdem haben die beiden sich damals sehr gut verstanden. Bei Jens Scheer hatte ich einen Stein im Brett, da er aus Überzeugung Vegetarier war und daher meine vegetarische Lebensweise schätzte, wenn sie auch einer Allergie entstammte. Er meinte: "Wenn Du Dich Deines Vegetariertums brütestest, dann wäre das so, wie wenn ein Eunuche sich seiner Keuschheit rühmte".

Zu meiner Zeit als Diplomand spielte sich auch das private Leben viel mehr im Institut ab als in heutiger Zeit. Man saß oft abends im Institut, die Abzüge in den Zimmern mit Gasanschluss eigneten sich ausgezeichnet zum kochen. Die meisten Studenten hatten nur ein möbliertes Zimmer, das ziemlich primitiv war, und mehr oder weniger tyrannische Zimmervermieterinnen; ein Kommilitone musste sich sogar abends im Institut die Zähne putzen, weil seine Vermieterin ihm verboten hatte, noch nach zehn Uhr abends zu gurgeln. Es gab auch damals sehr viel weniger andere Ablenkungen als heute. Eine der wenigen Ablenkungen war die Spätvorstellung um halb elf abends in der Kamera in der Brückenstrasse. Es galt die ungeschriebene Regel, dass wenn jemand, dem gerade das Experiment zusammengebrochen war oder der aus anderen Gründen sehr deprimiert war, fragte, ob man mit ins Kino gehe, man es nicht ablehnen konnte, wenn nicht gerade zwingende Gründe dagegen standen. Die meisten Spektroskopiker hatten ihre Zimmer nach hinten, Richtung Philosophenweg 16, wo Kopfermann wohnte. Deshalb liessen sie im Labor das Licht brennen und haben es erst nach der Vorstellung ausgemacht. Ich hatte ein Zimmer nach vorne und konnte direkt von der Kamera nach Hause gehen. Als Doktorand im Institut für Theoretische Physik stand ich dann allerdings auch unter einem gewissen (sehr milden) Druck. Jensen, der im Institut wohnte, ging oft so zwischen halb elf und elf abends durchs Haus, und es war schon ganz gut, wenn man ein bis zweimal pro Woche von ihm in der Bibliothek getroffen wurde.

---

<sup>3</sup> Jens Scheer, mit dem ich das Zimmer teilte, und ich hatten sogar griechische Stammformen dafür eingeführt: *βριγω*, *βριζομαι*, *βεβριζα*, *εβριζθην*

Für meine Diplomarbeit hatte ich die Aufgabe, die integrierten Wirkungsquerschnitte für gewisse Kernphoto-Reaktionen zu messen. Bei diesen Reaktionen,  $\gamma + A^{40} \rightarrow p + Cl^{39}$  und  $\gamma + A^{40} \rightarrow p + n + Cl^{38}$ , wurde durch die Wechselwirkung mit einem Photon ein Argon-Kern in einen Chlor-Kern umgewandelt. Es gab da bereits Messungen, die allerdings mit dem Schalenmodell für Kerne schlecht verträglich waren. Man sagte mir, dass das Experiment bei fleißiger Arbeit in zwei Jahren durchaus abgeschlossen werden könne. Zwei Jahre galt damals als die untere Grenze für Diplomarbeiten. Ich war bereits nach einem Jahr fertig, aber da wurde mir mitgeteilt, dass in dieser kurzen Zeit man noch kein Diplom machen könne, obwohl die Arbeit in Nuclear Physics veröffentlicht wurde. Es seien ja schließlich noch Leute in der Gruppe, die vor mir angefangen hätten und es galt die Regel, dass man erst Diplom machen durfte, wenn alle die vorher angefangen hatten, auch schon die Prüfung abgelegt hatten. Als zweiten Teil meiner Diplomarbeit adaptierte ich dann die Impulsform-Diskriminierung für die Elektronenschleuder. Da die Form des durch das Teilchen erzeugten Lichtblitzes im Natrium-Iodid Kristall vom Verhältnis Masse zu Ladung abhängt, konnte man damit die bei Kern-Photo Prozessen erzeugten Protonen von den Untergrunds-Photonen und auch von  $\alpha$ -Teilchen unterscheiden. Bei meiner Arbeit waren mir die radiochemischen Erfahrungen, die ich in Paris gesammelt hatte, sehr nützlich. So wies ich auch erstmals die Reaktion  $\gamma + A^{40} \rightarrow 2p + S^{38}$  nach, also die Umwandlung von Argon in Schwefel durch Photonen. Da ich den erzeugten Schwefel in der Form von Schwefelwasserstoff extrahierte, stänkerete ich das ganze Institut voll. M. Danos, der einer der ersten Studenten Jensens war und sich während eines *sabbatical years* in Heidelberg aufhielt, kam gerade am Physikalischen Institut vorbei und sagte mir: "Sie wollen mal später Theoretiker werden und machen so einen Gestank!"

Das war also meine Diplomarbeit und trotz der etwas gemischten Erfahrung hat mir das Experimentieren so viel Spaß gemacht, dass ich mich damit angefreundet hatte, auch in Experimentalphysik zu promovieren. Aber nach der Diplomprüfung meinte Jensen, ich solle es nicht übertreiben und jetzt könne ich mit einer Dissertation in der Theorie beginnen.

Heidelberg war natürlich durch Jensen und Haxel eine Hochburg der Kernphysik. Aber Jensen hatte nicht die Absicht, dies zu zementieren, und er interessierte sich sehr für die Physik der Elementarteilchen. Seine Arbeiten mit Berthold Stech zur  $\gamma_5$ -Invarianz waren direkte Vorläufer der später so berühmten chiralen Symmetrie und so versuchte er, Berthold Stech wieder nach Heidelberg zurückzuholen. Dies gelang und ich hatte das Glück, bei ihm meine Dissertation zu beginnen. Das Thema war zu Beginn noch nicht scharf definiert, aber mit der Zeit ergab sich dann als interessantes Problem, den Wirkungsquerschnitt für die Reaktion  $\pi + d \rightarrow 2n$  zu berechnen. Bei dieser Reaktion

wird ein  $\pi$ -meson vom Kern des schweren Wasserstoffatoms, dem Deuteron absorbiert, und es entstehen zwei Nukleonen (Protonen oder Neutronen).

Bevor ich mit meinen Erinnerungen fortfahre, will ich ganz kurz die Situation der Elementarteilchenphysik in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts schildern. Dies ist ein Lehrstück dafür, wie schnell sich die vorherrschenden Methoden in der Physik ändern können und dass man stets offen für neue Entwicklungen sein soll. Damals war das Verhältnis von Theorie zu Experiment gerade umgekehrt im Vergleich zur heutigen Situation. Damals gab es eine Fülle experimenteller Daten, aber keine befriedigende Theorie der Elementarteilchen, heute dagegen sind viele Physiker enttäuscht, dass die neuesten Experimente keinen Widerspruch zur Theorie, zum Standardmodell der Elementarteilchenphysik, zeigen. Die Theorie der quantisierten Felder, die in den 30er Jahren begründet und in den 40er Jahren zur Perfektion gebracht wurde, lieferte zwar sehr befriedigende Ergebnisse, wenn die Wechselwirkung schwach war, weil man dann diese Wechselwirkung als eine Störung der freien Theorie berechnen konnte. Aber in der starken Wechselwirkung, also der Wechselwirkung die z.B. die Protonen und Neutronen in den Atomkernen bindet, war die Lage der Theorie recht desolat. Der Bau neuer Beschleuniger und neuer Nachweisapparaturen machte rasante Fortschritte und dabei wurden immer mehr neue Teilchen entdeckt, die man nach dem damaligen Stand der Theorie als "Elementarteilchen" betrachten musste. Deshalb waren viele Physiker der Meinung, dass man das Prinzip elementarer Grundbausteine der Materie ganz aufgeben und nach gänzlich verschiedenen Konzepten suchen müsse. Diese neuen Versuche gingen von der sogenannten Theorie der S-Matrix aus, die 1942 von Heisenberg entwickelt wurde. Diese Theorie basiert nur auf Eigenschaften von Teilchenreaktionen, die aus sehr allgemeinen Gründen gültig sein müssen. Heisenberg hatte die Theorie eingeführt, um für zukünftige fundamentale Theorien einen geeigneten Rahmen zu haben. Grundlegende Voraussetzungen für die Theorie sind die Kausalität und die Erhaltung der Wahrscheinlichkeit. Diese führen zu erstaunlich weitreichenden Folgerungen. Eine besonders wichtige darunter ist die Gültigkeit der sogenannten Dispersionsrelationen, die zu Beziehungen zwischen verschiedenen Prozessen in der Teilchenphysik führen.

G. Chew, der Wortführer der neuen Richtung, wagte sogar die Vorhersage, dass die Quantenfeldtheorie in der starken Wechselwirkung dahinschwinden werde wie ein alter Soldat (er bezog sich auf die Redensart: *old soldiers never die, but just fade away*). Das Wort von der "*nuclear democracy*" machte damals die Runde. Grob gesprochen heißt es, dass all die vielen Teilchen und Resonanzen, von denen immer mehr gefunden wurden, alle gleichberechtigte elementare Teilchen seien. Da Theoretiker ja nicht nur sammeln und klassifizieren wollen, sondern auch fundamentale Eigenschaften, wie etwa die Masse der Elementarteilchen, berechnen wollen, wurde auch eine entsprechende Methode entwickelt, die nur auf Selbstkonsistenz-Bedingungen beruht.

Diese Methode heißt *bootstrap*, da sie sich sozusagen ohne äußere Hilfe an den eigenen Schnürsenkeln emporzieht. Sie entspricht dem Einfall des Baron Münchhausen, sich an seinem Zopf aus dem Sumpf zu ziehen. Es zeigte sich dann allerdings, dass die Bootstrap-Methode die vielen neu entdeckten Teilchen nicht erklären konnte; es war schliesslich nicht die (hierarchische) Quantenfeldtheorie die dahinschwand, sondern die *nuclear democracy*.

Glücklicherweise war in Heidelberg die Theorie der schwachen Wechselwirkung immer sehr gut vertreten, und in diesem Gebiet, wie auch in der Quantenelektrodynamik, wurde die Nützlichkeit der Quantenfeldtheorie auch von den Gurus der Bootstraptheorie nie bestritten. Ich konnte daher eine sehr schöne Vorlesung über Quantenfeldtheorie bei Berthold Stech hören, die mir später sehr nützte, da sie besonders den Reduktionsformalismus, der die Feldtheorie mit der *S*-Matrixtheorie verband, sehr ausführlich behandelte. Ich war zwar nicht so versiert in der Störungstheorie, wie ich es mir später gewünscht hätte, aber mir war der feldtheoretische Zugang zur Teilchenphysik zumindest in den Umrissen vertraut. Ich hatte sogar einen gewissen Vorteil, dass ich eben gerade diesen Zusammenhang zwischen Quantenfeldtheorie und *S*-Matrixtheorie sehr ordentlich gelernt hatte, denn später, als das Pendel in die entgegengesetzte Richtung ausschlug und man die *S*-Matrix fast vergessen hatte, waren mir meine Kenntnisse sehr nützlich, ich komme später noch einmal darauf zurück.

In meiner Dissertation wendete ich dispersionstheoretische Methoden zur Berechnung der Wirkungsquerschnitte auf die erwähnte Reaktion der Spaltung eines Deuterons durch ein  $\pi$ -Meson an und bekam auch recht befriedigende Ergebnisse. Ich war also nicht im Zentrum der damaligen Neuen Physik, sondern mit der Dispersionstheorie in einem recht soliden mehr mathematisch orientierten Zweig. Im Jahre 1963 wurde ich dann zum Dr. rer. nat. promoviert.

Eine kleine Episode während meiner Zeit als Doktorand im Institut ist mir noch in guter Erinnerung. In der Experimentalphysik hatte ich oft mit den Schwierigkeiten der Materie zu kämpfen. Wie oft zeigten die Zählrohre ein ungewöhnliches Verhalten, wie oft war die Elektronenschleuder zusammengebrochen, wie lange kämpfte ich damit, dass das Argon aus meinem Hochdruckbehälter entwich. Ich dachte mir, dass sich dies alles in der Theorie ändern werde. Aber da musste ich dann feststellen, dass das menschliche Gehirn noch viel anfälliger und kapriziöser ist als der komplizierteste physikalische Apparat und keineswegs immer so arbeitet, wie man gerne möchte. Als ich einmal an einem Sonntag Abend wegen solcher Probleme deprimiert an meinem Schreibtisch im Institut saß, kamen Volkhard Müller und Lorenz Krüger in das Zimmer. Sie hatten großes Verständnis für meine depressive Stimmung und Volkhard Müller gestand, dass er auch schon daran gedacht habe, sich aus dem Fenster in die

Rosenbeete vor dem Haus zu stürzen. Vor einer solchen Wahl des Freitodes warnte allerdings Lorenz Krüger ganz entschieden, denn die Rosenbeete seien ja schließlich Jensens Heiligtum. Dann fügte er hinzu: "Sie müssen lernen, Herr Dosch, Denken geht langsam". Ich sagte später zu Lorenz Krüger, der Wissenschafts-Philosoph und Historiker wurde, dies sei sicher das profundeste der Theoreme, das er je proklamiert habe.

Ich habe bereits erwähnt, dass mir der Abschluss der Promotion als die passende Gelegenheit erschien, Heidelberg zu verlassen. Ich hatte in Marburg eine Assistentenstelle angenommen und mir sogar einen Anzug gekauft, wenn ich dort Übungsgruppen abhalte (Marburg galt damals als sehr konservativ), aber dann überzeugte mich Jensen eine Stelle beim Institut für Hochenergiephysik anzunehmen. Dieses Institut bestand bei seiner Gründung aus dem Chef, Prof. Heinz Filthuth, drei Doktoranden, nämlich Roderich Engelmann, Volker Hepp und Eike Kluge und mir als Assistenten, und es war in einem halben Zimmer im CERN untergebracht. Aus diesen Anfängen entwickelte sich sehr schnell eine international angesehene Institution. Es war ein Beispiel für die Gültigkeit von Parkinson's Regeln, nach denen ein Institut umso besser funktioniert und dynamischer ist, je kleiner und beengter es ist.

Obwohl ich viel mit den Experimentalphysikern über die laufenden Experimente diskutierte und mich sogar an Experimenten beteiligte, hatte ich vollkommene Freiheit in meiner Forschung und hatte meinen Arbeitsplatz auch nicht im Institut für Hochenergiephysik, d.h. im halben Zimmer, sondern bei der Theorie-Abteilung des CERN. Dort hatte ich als Zimmergenossen George Zweig, der damals gerade seinen sehr realistischen Zugang zum Quarkmodell entwickelte. Ich habe natürlich viel mit ihm diskutiert, aber als überzeugter Anhänger der Bootstrap-Methode schien mir dieser Zugang sehr altmodisch zu sein. Ich blieb also bei der (damals) neuen Physik und meine erste Arbeit am CERN war, gemeinsam mit Volkhard Müller, die Berechnung der Nukleon-Nukleon-Streuung mit Hilfe von Dispersionsrelationen. Dabei ergab sich der erste positive Effekt der Zusammenarbeit mit Experimentalphysikern. Am Institut für Hochenergiephysik wurde von den Doktoranden Engelmann und Hepp die Hyperon-Nukleon Streuung untersucht (Hyperonen, wie das  $\Sigma$ - und  $\Lambda$ -Teilchen sind etwas seltsame Brüder der Nukleonen, also des Neutrons und des Protons). Herr Müller und ich dehnten deshalb unsere Untersuchungen zur Nukleon-Nukleon Streuung auf die Hyperonstreuung aus, und es stellte sich heraus, dass die Resultate unsrer Rechnungen sehr gut mit den experimentellen Ergebnissen übereinstimmten. Federführend für das Experiment war Gideon Alexander vom Weizmann Institut in Israel und er machte dort gehörig Propaganda für unsre Rechnungen. Jensen wurde bei einem Besuch dort von einem sehr prominenten Kollegen unterrichtet. Dies war für mein berufliches Fortkommen sicher nicht unförderlich.

Hier muss ich einige Bemerkungen zur weiteren Geschichte des Instituts für Hochenergiephysik machen. Wie bereits erwähnt, fühlte ich mich am Institut sehr wohl, ich hatte alle Freiheit für meine eigene Forschung, anregende Diskussionen mit den Kollegen aus der Experimentalphysik, die mir sehr nützlich waren und in Heinz Filthuth eine großzügigen und kollegialen Chef. Leider geriet er später in eine Schieflage und wurde in den frühen siebziger Jahren wegen Veruntreuung von Geldern amtsenthoben und sogar mit Gefängnis bestraft. Er hat sicher, selbst bei weitherziger Auslegung der Richtlinien für öffentliche Ausgaben, diese übertreten. Aber ich glaube, er hatte nie ein Unrechtsbewusstsein; mit seinem großzügigen Jonglieren mit den verschiedenen Etats hatte er dem Institut auch sehr genützt. Ich glaube, wenn immer man eine klassische Input-Output-Analyse machte, also den Output des Instituts nach irgendwelchen Ranking-Verfahren bewertete und als Input das insgesamt ausgegebene Geld, dass dann das Institut dabei sehr gut abgeschnitten hätte; es gäbe sicher viele Institute, wo jeder Pfennig genau nach den Etatrichtlinien ausgegeben wurde, wo aber für das gleiche Geld sehr viel weniger Wissenschaft geleistet wurde. Ich selbst habe gehört, wie Vicki Weisskopf sagte, dass eigentlich Filthuth gezeigt habe, dass es möglich sei, auch in einem relativ kleinen Universitätsinstitut erfolgreich im internationalen Wettbewerb Hochenergiephysik zu treiben.

Nach meinem Aufenthalt am CERN kehrte ich Ende 1964 nach Heidelberg zurück. Ich bekam dort bald über Berthold Stech eine (befristete) Stelle als wissenschaftlicher Angestellter am Kernforschungszentrum Karlsruhe, hatte meinen Arbeitsplatz aber immer noch im Institut für Hochenergiephysik, das inzwischen in einem Haus an der Albert-Überle Strasse etabliert war. Inzwischen neigte sich die Bootstrap-Ära ihrem Ende zu und Untersuchungen zur Symmetrie standen damals hoch im Kurs. Besonders suchte man damals innere und äußere Freiheitsgrade der Elementarteilchen mit einer gemeinsamen Symmetriegruppe zu beschreiben. Heute weiß man, dass so etwas in dem Rahmen, in dem man es damals versuchte, nicht geht. Ich habilitierte mich 1966 mit einer Arbeit über den Nukleon-Nukleon-Deuteron Vertex und fuhr dann kurz danach in die USA, wo mir am MIT in Cambridge, Massachusetts, eine post-doc Stelle angeboten worden war.

Die Zeit am MIT war äußerst erfreulich. Damals war Francis Low noch sehr aktiv, S. Weinberg war auch oft am MIT, und vor allen Dingen kam im 2. Jahr noch Sergio Fubini. Bei einer der ersten Diskussionen mit Francis Low fragte er mich: "*Did you calculate the relevant Feynman diagrams?*" (Feynmandiagramme sind eine graphische Methode, die mathematischen Terme der Störungstheorie sehr anschaulich graphisch darzustellen, und stehen auch oft für die Formeln selbst.) Ich fragte zurück, was Störungstheorie hier leisten könne. Darauf sagte mit Low sehr ernst, und ich habe mich an diesen Satz oft erinnert: "*Everything we know, we know from Feynman diagrams*". Dies hat mich dann zu einer intensiveren Beschäftigung mit der Störungstheorie

geführt, und ich erwarb mir eine gewisse Fertigkeit darin, wichtige Eigenschaften aus den Ausdrücken abzulesen, ohne die sehr komplizierten Rechnungen explizit durchzuführen.

Hier mache ich wieder einen Einschub, denn ich erlebte hautnah die Entwicklung der Computeranwendungen in der theoretischen Physik, besonders die Entwicklung analytischer Rechenprogramme. Am Ende meiner Doktorarbeit benutzte ich einen Computer, um gewisse Integrale auszurechnen. Das war etwas schneller und vor allen Dingen genauer als meine Rechnungen mit Rechenschieber und einer mechanischen Rechenmaschine. Dazu stand mir (nachts) die Siemens 2000 vom Astronomischen Recheninstitut zur Verfügung. Diese füllte ein großes Zimmer aus und hatte 2000 frei adressierbare Kernspeicherplätze; die Programme wurden im Maschinencode auf Lochstreifen eingefüttert. Am CERN und in Heidelberg benutzte ich später die großen IBM Rechner, z.B. die IBM7090 (wenn ich mich recht erinnere) des Instituts für Hochenergiephysik; bei den anstehenden Problemen wäre ich mit dem Rechenschieber nicht sehr weit gekommen. Eine neue Erfahrung machte ich dann in den 80er Jahren. Ich sass am Schreibtisch und war dabei, ein recht kompliziertes Integral mit Hilfe einer Integraltafel analytisch auszuwerten. Dazu musste man ein ähnliches Integral in der Tafel (in Wahrheit ein dickes Buch) erst finden und es dann durch Substitutionen auf die gewünschte Form bringen. Mein Doktorand Manfred Kremer sah dies und kam etwa 10 Minuten später – ich war noch beim Suchen – mit dem gewünschten analytischen Resultat (ohne Rechenfehler) zurück, er hatte es auf dem Institutscomputer mit dem Programm "reduce" berechnet. Heute führe ich die meisten analytischen Rechnungen auf meinem PC mit dem Programm Mathematica durch. Ich hatte früher ganze Tage mit der Berechnung von Spuren von Gamma- Matrices verbracht, was jetzt eine Affaire von höchstens einer Stunde ist. Allerdings hat meine Fähigkeit, längere analytische Rechnungen fehlerfrei durchzuführen, durch diesen Comfort gelitten.

Zurück zum MIT. Dort gab es zwei sehr ungleiche Strömungen. Vicki Weisskopf arbeitete zusammen mit Arnon Dar am einfachen, sehr realistischen Quarkmodell, das auf George Zweig zurückgeht, die meisten anderen Theoretiker neigten eher in die Richtung von Murray Gell-Mann. Dieser hatte zwar als erster die Quarks eingeführt und ihnen auch den Namen gegeben<sup>4</sup>. Er ging von einer eher feldtheoretischen Behandlung aus, basierend auf den Stromalgebren (current algebra) und betrachtete die Quarks eher als mathematische Objekte denn als realistische Teilchen. Insbesondere nahm er an, dass die Quarks nie direkt beobachtbar seien, während die andere Schule sehr intensiv nach Quarks an allen möglichen Orten suchte: In der kosmischen Höhenstrahlung, im Gletschereis von Grönland, in alten Autobatterien, um nur einige zu nennen. Francis Low soll gesagt haben: "If this physics which Vicki and Aron are

---

<sup>4</sup> Zweig nannte seine Teilchen "aces"



doing (d.h. das realistische Zweig'sche Quarkmodell) is right, I shall quit research and concentrate on teaching." Die Stromalgebren basierten auf einem sehr elaborierten Formalismus und Sergio Fubini war einer der Großmeister auf diesem Gebiet. Ich war stets ein Anhänger der mathematischen Quarks und ich lernte sehr von vielen Diskussionen mit Low und Fubini. Rückblickend sehe ich, dass Jensen, Stech, Low und Fubini die Personen waren, die mich als Physiker am stärksten geprägt haben, und auch menschlich haben sie mich sehr stark beeindruckt (Berthold Stech beeindruckt mich glücklicherweise auch jetzt noch).

Nicht nur in der Physik habe ich die Zeit am MIT sehr genossen. Das Mittagessen wurde von vielen Physikern gemeinsam in einem Raum des Instituts eingenommen, und da schlugen die Diskussionen, auch die politischen, hohe Wellen. Die meisten Mitglieder des MIT waren liberal gesinnt und selbst Präsident Johnson, der heute von den Konservativen wohl unamerikanischer Umtriebe bezichtigt würde, galt damals vielen als reaktionär, und sein Verzicht auf eine erneute Kandidatur wurde sehr gefeiert.

Nach zwei Jahren kehrte ich wieder auf meine Stelle am Kernforschungszentrum zurück wo ich meine am MIT begonnenen Arbeiten fortsetzte. 1969 bekam ich dann zwei Rufe, einen an die University of Massachusetts, Riverside Campus, und einen nach Heidelberg. Obwohl mir Amerika noch in sehr guter Erinnerung war und auch das Gehalt dort deutlich höher war, entschied ich mich, und ich sage heute glücklicherweise, für Heidelberg.

Für die wissenschaftliche Tätigkeit bedeutete die Berufung zunächst einen Rückschlag, denn nun kamen auf mich Aufgaben in der Lehre zu, was mir immer große Freude bereitete, aber auch in der Verwaltung, was schon weniger schön war und – das war das schrecklichste – auch in der Selbstverwaltung. Ich erinnere mich noch mit Grausen der endlos langen Sitzungen des großen Senates, dem ich kraft Amtes angehörte. Auch die Fakultätssitzungen, in denen die Öffentlichkeit Rederecht hatte, waren lang, ineffektiv und manchmal turbulent.

In der Zwischenzeit war ganz klar geworden, dass die von Gell-Mann und Mitarbeitern eingeschlagene, sozusagen mathematische, Richtung des Quarkmodells zur endgültigen Theorie der starken Wechselwirkung, zur Quantenchromodynamik führte. Die Quantenfeldtheorie wurde also wieder lebendiger denn je. Es gab jedoch ein großes Problem: Jede bis jetzt bekannte realistische Quantenfeldtheorie für Elementarteilchen kann mit analytischen Methoden nur störungstheoretisch berechnet werden. Damit konnten zwar gewisse Effekte der Elementarteilchenphysik sehr gut quantitativ erklärt werden, aber bei weitem nicht alle Phänomene, vor allem nicht diejenigen, die für die Erklärung der uns umgebenden Erscheinungen am wichtigsten sind, wie zum Beispiel

die Massen der Elementarteilchen. Etwas maliziös ausgedrückt könnte man sagen, die störungstheoretische Quantenchromodynamik erklärt genau die Phänomene, die künstlich erzeugt wurden, um die Theorie zu testen. Aus diesen Gründen – und auch vielleicht weil mir die Störungstheorie durch die oben geschilderte Situation während meiner beruflichen Jugend nicht so sehr vertraut war – beschäftigte ich mich stets mit der weniger strengen und eindeutigen Richtung, der sogenannten nichtperturbativen Quantenchromodynamik.

Ein heute noch wichtiger Zugang zur nichtperturbativen QCD ist die Gittereichtheorie. Man kann viele Probleme der Quantenfeldtheorie, zumindest im Prinzip, lösen, indem man den Raum nicht als Kontinuum, sondern eine Ansammlung diskreter Punkte, getrennt durch den Gitterabstand, betrachtet. Dies ist in der Festkörperphysik, wo die Atome ja oft so angeordnet sind, ein natürlicher Zugang, und die Gittereichtheorie wurde auch 1971 von Franz Wegner entwickelt. Aber in der Quantenchromodynamik, auf welche die Gittereichtheorie durch K. Wilson 1974 angewandt wurde, sind solche Gitter nur ein Zwischenschritt, und man muss in einer realistischen Theorie den Gitterabstand gegen Null gehen lassen; dies ist für die Quantenchromodynamik bis heute noch nicht mathematisch streng gelungen. Dennoch kann man versuchen aus den Resultaten für endliche Gitterabstände allgemeine Rückschlüsse auf die Natur der Elementarteilchen zu ziehen. Dies machten Volkhard Müller und ich in den frühen 70er Jahren und wir wendeten die Methode vor allen Dingen auf Baryonen, also z.B. Protonen und Neutronen an.

Nach meiner ersten Amtszeit als Dekan der Fakultät für Physik und Astronomie verbrachte ich mein erstes Forschungssemester am CERN in Genf. Dort arbeiteten Herr Schmidt und ich an einem analytischen Model für die nichtstörungstheoretische Quantenchromodynamik, das von der Störungstheorie ausging und deshalb längere komplexe Rechnungen erforderte, und ich erinnere mich noch an Nächte, wo ich mir sozusagen die Finger wund rechnete. Die Methode, die wir benutzten wurde wesentlich erweitert in einer grundlegenden Arbeit von Misha Shifman, Arkadi Vainshtein und Valya Zhakarov. Da in diesem Zugang die Dispersionsrelationen eine wichtige Rolle spielen, war es sehr natürlich dass ich sehr früh auf diesem Gebiet arbeitete und sie mit einigen Doktoranden auch auf Baryonen anwandte. Das war die Zeit der ersten Viererbande im Institut. Die originale Viererbande bestand ja aus der Witwe Mao Tse Tung's und drei Männern, die Heidelberger Bande bestand aus einer Koreanerin, Frau Y. S. Chung, zwei weiteren Doktoranden, M. Kremer und D. Schall und mir. Man fragte uns oft, ob unsre Physik so lustig sei, weil unsre Diskussionen so oft von schallendem Gelächter begleitet waren; es war wirklich eine sehr lustige und sehr angenehme Zeit.

Es ergaben sich nun mehrere internationale Kollaborationen auf dem Gebiet. Ich hatte gute Kontakte zu Misha Shifman und Valya Zhakarov, die stets ihren (genehmigten) Besuch beim DESY in Hamburg zu einem Abstecher nach Heidelberg nutzten, was damals am Rande der Legalität war.

Mein nächstes Forschungssemester 1981/82 verbrachte ich am MIT und der zweite Besuch in den USA ließ mir nun meine Entscheidung für Heidelberg als die einzig richtige erscheinen; dieses Semester war wissenschaftlich nicht so ertragreich wie das vorhergehende am CERN. Allerdings begann ich damals, mich erstmals mit nichtlokalen Kondensaten zu beschäftigen. Lokale Kondensate sind die Vakuum-Erwartungswerte von zwei oder mehreren Quantenfeldoperatoren an einem Ort, sie spielen bei den Summenregeln eine entscheidende Rolle. Mit meinem Diplomanden U. Marquard konnten wir durch Einführung nichtlokaler Kondensate, bei denen die Feldoperatoren Koordinaten von verschiedenen Raumzeitpunkten haben, einen scheinbaren Widerspruch zwischen Resultaten verschiedener Methoden auflösen. Dazu benutzten wir eine Methode aus der statistischen Mechanik, die sogenannte Kumulantenentwicklung, die später bei der Entwicklung eines Modells eine entscheidende Rolle spielte.

In der Zwischenzeit ging die Arbeit an den Summenregeln weiter. Matthias Jamin führte heroisch die sehr komplexen weiteren Rechnungen für Baryonen durch und es ergab sich eine interessante Zusammenarbeit mit ihm und Berthold Stech zum sogenannten Diquark. Ebenfalls erfolgreich und sehr erfreulich waren die Arbeiten der zweiten Viererbande, die diesmal aus einer Deutschen Doktorandin, Frau P. Ball, zwei Humboldtstipendiaten, E. Bagan aus Barcelona und W. A. Braun aus St. Petersburg, und mir bestand. Es begann erfolgversprechend damit dass wir mit Hilfe von Summenregeln zeigen konnten, dass ein gerade veröffentlichtes Experiment höchstwahrscheinlich falsch war, was sich dann auch sehr bald als wahr herausstellte. Wir setzten die Arbeiten in einer ganzen Reihe von Veröffentlichungen zum Zerfall schwere Mesonen fort. Eine enge Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Summenregeln ergab sich auch mit dem *Laboratoire pour Physique Mathématique* in Montpellier, besonders mit Stephan Narison.

Die Zusammenarbeit dehnte sich auch nach Südamerika aus, wo ich besonders in Erasmo Ferreira einen Freund und Mitarbeiter fand. Erasmo hatte schon 1980 mit mir Kontakt aufgenommen, und zwar auf Grund meiner Dissertation zum Deuteron. Unsere Zusammenarbeit begann mit einigen Publikationen auf diesem Gebiet, aber bald konnte ich Erasmo überzeugen, auch in der Hochenergiestreuung mitzuarbeiten und unsere Zusammenarbeit setzte sich bis lange nach der Emeritierung fort<sup>5</sup>. Dass ich auf

---

<sup>5</sup> unsre letzte gemeinsame Arbeit auf diesem Gebiet erschien 2015

diese Weise von 1982 bis zur Emeritierung alle zwei Jahre für 4 - 6 Wochen nach Rio de Janeiro fahren konnte, war natürlich ein sehr angenehmer Nebeneffekt.

Das wissenschaftlich erfolgreichste Forschungssemester nahm ich 1986/87 am CERN wahr. Ich war mit den Summenregeln etwas unzufrieden, da sie eigentlich keine echten dynamischen Aussagen machen können, sondern eher Konsistenzen überprüfen. Sie sagen insbesondere nichts darüber aus, warum die Quarks die Hadronen nicht verlassen können. Außerdem hatte mir ein jüngere Kollege aus Hamburg, mit dem ich abends manchmal musizierte, gesagt, dass er von einem Professor nicht erwarte, dass er bereits bestehende Modelle anwende, sondern eher, dass er etwas Neues entwickle<sup>6</sup>. Also entwickelte ich ein Modell, das stochastische Vakuummodell, mit dem und mit dessen Anwendungen ich mich bis zu meiner Emeritierung beschäftigte. Um einen oberflächlichen Eindruck davon zu geben, muss ich etwas weiter ausholen. Es ist ja bekannt, dass Quantentheorie grundsätzlich Wahrscheinlichkeitsaussagen macht. Dieser Charakter der Quantentheorie kann sehr elegant durch die sogenannten stochastischen Prozesse beschrieben werden. Solche Prozesse spielen eine große Rolle in der statistischen Physik, aber auch in der Volkswirtschaft und Finanzmathematik<sup>7</sup>. Leider gibt es nur wenige Prozesse, die man analytisch streng behandeln kann, aber es gibt Näherungsmethoden, die sich von der üblichen Störungstheorie entscheidend unterscheiden. Eine solche Näherungsmethode ist die bereits oben erwähnte Kumulantenentwicklung. Zu meiner großen Überraschung fand ich, dass die nichtlokalen Kondensate, über die ich am CERN intensiv nachdachte, das erste Glied einer Kumulantenentwicklung war, und wenn man nur annahm, dass diese Entwicklung konvergierte, so konnte man tatsächlich zeigen, dass die Quarks das Hadron nicht verlassen konnte. Zu meinem großen Glück hatte ich am CERN sehr gute Kontakte zu Adriano Di Giacomo aus Pisa, der mit seiner Gruppe nichtlokale Kondensate numerisch auf dem Gitter berechnete. Dessen erste Ergebnisse konnte ich in mein Modell einsetzen und erhielt für hadronische Eigenschaften sehr befriedigende Ergebnisse.

Bei einem Vortrag in Protvino, UdSSR, erfuhr ich dann von Yuri Simonov vom Institut für Theoretische und Experimentelle Physik (ITEP) in Moskau, dass er ganz ähnliche Ideen hatte. Daraus entwickelte sich eine enge Zusammenarbeit, obwohl dann später die Meinungen über die Anwendungen des Modells divergierten. Ich besuchte auch mehrfach das ITEP für ausgedehnte Aufenthalte. Dies war nicht nur wissenschaftlich sehr wertvoll, sondern ich konnte auf diese Weise auch den Übergang von der Breshnev-Zeit zum *Glasnost* von Gorbachov hautnah erleben.

---

<sup>6</sup> es war J. Bartels. Ob dies tatsächlich eine Motivation für mich war, weiß ich nicht mehr, aber es ist eine schöne Geschichte

<sup>7</sup> Einer der ersten, der stochastische Prozesse mathematisch behandelte, war der Mathematiker L. Bachelier in seiner Promotion *Théorie de la spéculation* (1900)

In Heidelberg ergab sich dann bald eine neue Anwendung des Modells. Otto Nachtmann hatte eine Rahmentheorie zur Streuung bei hohen Energien entwickelt, und bei der spielte die Berechnung stochastischer Prozesse (Funktionalintegrale) eine entscheidende Rolle. Zusammen mit dem Doktoranden Andreas Krämer konnten wir das stochastische Vakuummodell so erweitern, dass es auch auf die stochastischen Prozesse in der Nachtmannschen Theorie angewandt werden konnte. Daraus ergab sich eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit unserer Gruppen. Wir konnten auch Sandy Donnachie aus Manchester für unseren Zugang begeistern, manchmal nicht zur Freude seines Freundes und langjährigen Mitarbeiters Peter Landshoff aus Cambridge, England. Dennoch waren wir alle so tolerant, dass wir gemeinsam ein Buch über Hochenergiestreuung veröffentlichten.

Das Modell konnte sehr erfolgreich auf eine grosse Anzahl von diffraktiven Streuprozessen angewandt werden. Dies sind Prozesse bei denen sich die Quantenzahlen der gestreuten Teilchen nicht ändern, man sagt, bei diesen Prozessen wird ein "Pomeron", ein Objekt mit den Quantenzahlen des Vakuums ausgetauscht. Es gab aber auch schon lange Spekulationen, dass es auch Streuprozesse geben müsse, bei denen ein ähnliches, aber etwas seltsameres Objekt, ein "Odderon" ausgetauscht werde. Wir hatten darüber mit Karlheinz Meier ausführliche Diskussionen, denn er konnte mit seiner Gruppe solche Prozesse am DESY in Hamburg nachweisen. Wir erweiterten das Modell also wieder, was ganz einfach schien, und wagten eine Vorhersage für die Häufigkeit solcher "Odderon"-induzierten Prozesse. Nach anfänglich ermutigenden Nachrichten stellte sich aber leider heraus: Diese Streuprozesse waren, wenn sie überhaupt stattfanden, sehr viel seltener als wir vorhergesagt hatten. Carlo Ewerz und Otto Nachtmann konnten zwar nachher zeigen, dass es in der Tat gute Gründe dafür gab, dass der am DESY untersuchte Prozess sehr selten vorkommt, aber es war eine herbe Enttäuschung. Yuri Simonov, der dieser Erweiterung des Modells schon vorher sehr skeptisch gegenüberstand behielt Recht und ich verlor eine Wette über sechs Flaschen Champagner gegen ihn. Es wird auch kolportiert ich hätte für den Fall, dass das Odderon nicht gefunden wird, zugesagt über den Neckar zu schwimmen. Das stimmt nicht, denn das tue ich jeden Sommer sowieso mehrmals.

Aus einer Liebhaberei entwickelte sich bei mir ein neues Forschungsgebiet. Aus Anlass des 600-jährigen Bestehens der Universität Heidelberg hielten Hans-Joachim Specht und ich im Wintersemester 1986/87 eine Vorlesung für Hörer aller Fakultäten mit dem Titel "Helmholtz und danach", in der wir physikalische Grundlagen der Musik behandelten. Diese Vorlesung fand im Wechselgesang statt, Specht führte die Experimente vor und ich erklärte die Theorie dazu. Da wir meist bis zur letzten Minute mit den Vorbereitungen beschäftigt waren, ging es in der Vorlesung immer sehr lebhaft – manchmal auch etwas chaotisch – zu, was bei den Hörern für eine sehr gute

Stimmung sorgte. Wir wurden zu diesem Thema zu sehr vielen Vorträgen eingeladen, unter anderem zu den Loeb-Lectures an der Harvard University, zum Musikfest in Verbier und ins Beethovenhaus nach Bonn.

Daneben hatte die Beschäftigung mit der Musik noch eine weitere Konsequenz. Wir kamen in Kontakt mit der Gruppe an der Kopfklinik, die Magnetoencephalographie betreibt. Dort werden die Hirnströme, die während kognitiver Prozesse auftreten, über die durch sie erzeugten Magnetfelder gemessen. Die durch akustische Reize hervorgerufenen neuronalen Signale sind wegen der Lage des auditorischen Kortex besonders gut nachzuweisen. Da sowohl der Nachweis der Signale wie auch deren Auswertung handfeste Methoden aus der Physik benötigt, bot es sich an, dass Physiker in dieser Gruppe promovieren können, und H.J. Specht und ich betreuten gemeinsam die sehr erfolgreiche Dissertation von Peter Schneider, der Physiker und Musiker ist, über die Unterschiede der neuronalen Signalverarbeitung bei Berufsmusikern, musikalischen Amateuren und nicht-Musikern.

Als ich im Jahre 2002 meine Emeritierung beantragte, obwohl der letzte Zeitpunkt dafür erst das Ende des Sommersemesters 2004 gewesen wäre, so bedeutete dies keineswegs, dass mir die Physik keinen Spaß mehr machte, aber ich hatte drei Gründe dafür:

Zum einen ist es vielleicht einfacher aus freier Wahl viele gewohnte Tätigkeiten aufzugeben als wenn man dazu gezwungen wird; darauf hatte mich besonders Jörg Hüfner aufmerksam gemacht. Zum anderen betonte Peter Brix immer, dass es keinen idealeren Beruf als den des Emeritus gäbe, der einzige Nachteil sei die etwas langwierige Ausbildung. Warum sollte ich diese unnötig verlängern und das permanente Forschungssemester hinauszögern? Und schließlich gibt es noch einen Grund: Jensen liebte den Ausspruch Plancks, dass der Fortschritt in der Physik nicht dadurch stattfindet, dass die älteren Physiker überzeugt würden, sondern dadurch dass sie stürben. Wer aus dem Film "Scheidung auf Italienisch" gelernt hat, dass die strenge Scheidungsformel "Bis dass der Tod Euch scheidet" zu fatalen Folgen für einen Partner führen kann, der wird verstehen, dass ein älterer Physiker sagt: "Ruhig, ruhig, ich gehe ja freiwillig".

Postscript.

Mein permanentes Forschungssemester verläuft sehr erfreulich. Ich habe die Beziehung zur Neurophysiologie weiter ausgebaut und gemeinsam mit André Rupp noch mehrere Dissertationen intensiv betreut. Vielleicht lassen sich meine Kenntnisse stochastischer Prozesse auch auf die Neurophysiologie anwenden, wo stochastische Hirnmodelle sehr aktuell sind und an denen Karlheinz Meier und seine Gruppe intensiv arbeiten. Auch

das Confinement-Problem hält mich gefangen. Seit einigen Jahren arbeite ich mit den Kollegen Stan Brodsky von der Stanford University und Guy de Téramond aus Costa Rica intensiv an einem recht neuen Zugang zur nichtstörungstheoretischen Quantenchromodynamik. Sie beruht auf der Vermutung (*Maldacena conjecture*), dass eine Quantentheorie mit vier Raum-Zeit Dimensionen als Hologramm einer klassischen fünfdimensionalen Theorie mit nichteuklidischer Metrik beschrieben werden kann. So hoffe ich, dass zwar nicht für die offiziellen Verpflichtungen, wohl aber für die Freude an und die Beschäftigung mit der Physik gilt: "Bis dass der Tod Euch scheidet".

Vortrag gehalten an der Fakultät für Physik und Astronomie der Universität Heidelberg im Rahmen einer Ringvorlesung am 8. Februar 2007.