

Peter Brix



Foto: A. Zschau, Nov. 1991

Peter Brix

Peter Brix wurde 1918 in Kappeln geboren. Er studierte Physik in Kiel, Rochester und Berlin. Nach dem Wehrdienst (1940-1944) war er wissenschaftlicher Assistent in Göttingen bei Hans Kopfermann. 1946 promovierte er bei Wilhelm Walcher über die photographische Wirkung mittelschneller Protonen. 1952 erhielt er die *Venia legendi* für Physik in Göttingen. Herr Brix war von 1952 bis 1953 als Postdoctorate Fellow am National Research Council of Canada bei Gerhard Herzberg. Von 1953 bis 1957 war er Privatdozent, dann Dozent für Physik am I. Physikalischen Institut der Universität Heidelberg.

Von 1957 bis 1972 war Herr Brix Professor und Direktor des Instituts für Technische Kernphysik der Technischen Hochschule Darmstadt; Rufe der Universitäten Freiburg, Karlsruhe, München und Bonn lehnte er ab. 1972 wurde er wissenschaftliches Mitglied und Mitglied des Direktorenkollegiums des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg. 1976 verlieh ihm die Universität Heidelberg ein persönliches Ordinariat für Physik; 10 Jahre später wurde unser Referent emeritiert.

Die Arbeitsgebiete von Professor Brix umfassen u.a. die Bereiche Hyperfeinstruktur der Atomspektren, Größe und Form der Atomkerne, Kernradius-Differenzen von Isotopen, Kernphotoeffekt, Myonentome, elastische und unelastische Elektronenstreuung an Atomkernen, Schwerionen-Physik, Reaktionen zwischen schweren Atomkernen.

Von seinen Mitgliedschaften in wissenschaftlichen Gremien seien hier die wissenschaftlichen Räte des Deutschen Elektronen-Synchrotrons DESY und der Gesellschaft für Schwerionenforschung GSI, der Beirat des Hahn-Meitner-Instituts, Beratergremien des Bundes, der DFG (auch als Vizepräsident) sowie der Lichtenberg-Gesellschaft genannt. Seit 1973 ist Herr Brix o. Mitglied der Heidelberger Akademie der Wissenschaften und seit 1975 der Leopoldina. Die Freie Universität Berlin verlieh ihm 1988 den *Dr.rer.nat.h.c.*

Erinnerungen an die Physik von 1945 bis 1970 - Göttingen, Ottawa, Heidelberg, Darmstadt

Vorbemerkung

Der relativ lange Vortrag wurde mit fast 50 Diapositiven ohne ausgearbeitetes Manuskript anhand ausführlicher Unterlagen gehalten. Der vorliegende Text ist nachträglich mit Hilfe des Tonbandprotokolls niedergeschrieben, dabei gestrafft und gelegentlich etwas ergänzt worden. Der Charakter des zwanglosen Vortrags wurde beibehalten. Änderungen gegenüber dem gesprochenen Wort waren schon wegen der weggelassenen Bilder unvermeidlich. Viele der im Videofilm dokumentierten Dias stammen aus den zitierten Veröffentlichungen, die den Zugang zu der hier nur knapp besprochenen Physik geben. Die unter (1) angegebene Literatur mag diese *Erinnerungen* ein wenig ergänzen.

Ich bin Schleswig-Holsteiner, aufgewachsen auf einer kleinen Bootswerft außerhalb einer kleinen Stadt (1). Da war nachts der Sternenhimmel noch in seiner vollen Pracht sichtbar. Auf der Schule liebte ich die Mathematik und saß in den Ferien über mathematischen Fragen. Ich wollte Astronom werden, wußte nicht, wie das anzustellen wäre, sah im kleinen Knaur-Lexikon nach, wo die berühmteste Sternwarte Deutschlands wäre: in Babelsberg. Ich schrieb an den Direktor und fragte, was ich tun könne. Und da hat er diesem Abiturienten oben im fernen Schleswig-Holstein einen eine Seite langen Brief geschrieben. (Das habe ich nie vergessen und mich später daran erinnert, wenn mir jemand so einen Brief schrieb und Rat haben wollte.) Er meinte, nicht Astronomie, sondern zunächst Physik solle ich studieren. Es gebe nur ganz wenige Stellen für Astronomen.

Nach dem Studium und vier Jahren Krieg kam ich im Frühjahr 1944, von Hans Kopfermann angefordert und zu meinem Glück aus der Wehrmacht entlassen, an das II. Physikalische Institut der Universität Göttingen. Ich kümmerte mich um das Praktikum, wobei nach jedem

Schluß wichtige Geräte vom 2. Stock in den Keller geschafft werden mußten wegen der Luftangriffgefahr. Außerdem sollte ich den Dampfdruck von Uran messen. Dabei kam nicht viel heraus.

Göttingen: 1945 bis 1952

Ich entsinne mich, wie der Krieg zu Ende ging und Samuel Goudsmit (Leiter der "ALSOS-Mission") mit Stahlhelm und Maschinenpistole ins Institut kam, aber das sind Erinnerungen, die verschwimmen. Ich wohnte im Institut, weil ich als Luftschutzwart eingeteilt war, in einem Raum des Praktikums im 2. Stock, in der "Wärme", wie wir diesen Raum nannten. Dort hinein habe ich auch geheiratet. Das Institut war bis zum Sommer 1945 besetzt. Mit meinem Amerikanisch war es kein Problem, mich mit den Posten zu unterhalten, ins Labor zu gehen und ein wenig nach dem Rechten zu sehen.

Der Neuanfang begann voller Dankbarkeit mit großem Engagement. Die Stadt war praktisch unzerstört, das Institut gut über die Runden gekommen. Ich erinnere mich an die erste Physiker-Tagung 1946, die vom 4. bis 6. Oktober in Göttingen im Auditorium maximum des Mathematischen Instituts stattfand. Der "Nestor der Deutschen Physik, Geheimrat Professor Max Planck", war dabei. Das lese ich jetzt ab aus einem kleinen Bericht, den ich damals für die Göttinger Universitätszeitung geschrieben habe, Nummer 19 vom 1. November 1946. Über 20 Vorträge gab es auf dieser Tagung. Prof. von Laue (Göttingen) wurde zum Vorsitzenden der neuen Deutschen Physikalischen Gesellschaft in der britischen Zone gewählt. Ein "ermutigendes Zeichen für den Wiederbeginn internationaler Fühlungnahme" war, daß von den drei ausländischen Gästen zwei sich der Mühe des Gebrauchs der deutschen Sprache unterzogen; das wurde von den deutschen Teilnehmern dankbar aufgenommen.

Die nächste Tagung im September 1947 erstreckte sich schon über drei Tage. Es berichteten z.B. O. Haxel und F.G. Houtermans (Göttingen) über *Koinzidenzen beim β -Zerfall und Zerfallskonstante des Rubidiums*, P. Brix und H. Kopfermann (Göttingen) zum *Isotopie-*

verschiebungseffekt der schweren Elemente, W. Paul (Göttingen) über *Versuche mit einer 6 MeV-Elektronenschleuder*. Mit "Elektronenschleuder" war das Betatron gemeint.

Das, was ich Ihnen bisher erzählt habe, waren aufgefrischte Erinnerungen, durch das Stöbern in alten Papieren wieder ins Gedächtnis gerufen. Nun möchte ich etwas von dem berichten, was in dem groben Sieb meines schlechten Gedächtnisses haften geblieben ist.

Was aus den Nachkriegsjahren im II. Physikalischen Institut der Universität Göttingen ist mir besonders deutlich in der Erinnerung geblieben? Zuerst weiterhin das Praktikum, für das ich mich stets engagiert habe. Ich war vor allem für die Elektrizität zuständig und arbeitete sorgfältige Anleitungen für jeden Versuch aus.

Zweitens die Aufstellung und Inbetriebnahme des Betatrons durch Hans Kopfermann, den Institutsdirektor, aber entscheidend durch Wolfgang Paul. Das Gerät mußte unter abenteuerlichen Umständen von Erlangen per Lastwagen ins Institut gebracht werden. Wir waren sehr stolz auf diesen Beschleuniger, der meistens "Zwille" genannt wurde.

Drittens erinnere ich mich lebhaft an den Schock, welchen die Nachricht von der "Lamb-Shift" auslöste, und die anschließende Aktivität im Institut. Dabei handelt es sich um folgendes: Das einfachste Atom ist das Wasserstoff-Atom. Dessen Spektrum galt als exakt beschrieben durch die Sommerfeld-Diracsche Theorie. Zwei Spektroskopiker argwöhnten jedoch 1938, daß etwas nicht stimmen würde an der Aufspaltung, der Feinstruktur, der roten Wasserstoff-Linie. Nach dem Krieg (1947) zeigten Lamb und Retherford in den USA durch ein großartiges Experiment, daß diese Feinstruktur in der Tat durch den dann "Lamb-Shift" genannten Effekt modifiziert werden muß. Für mich (und andere) war es ein entscheidendes Erlebnis, daß eine scheinbar fest etablierte Theorie zusammenbrach. Kopfermann hat das besonders bewegt, denn er hatte vor dem Krieg in einer Dissertation genau die erwähnte Wasserstoff-Feinstruktur messen lassen. Deshalb startete er sofort ein Programm, die Feinstruktur einer Linie des wasserstoffähnlichen He^+ -Ions zu untersuchen, wo die Linien schmaler sind als beim Wasserstoff. Die Lamb-Verschiebung war da (2)! Das ist ein

gutes Beispiel dafür, daß manchmal bereits mit vorhandenen Mitteln etwas ganz Neues gefunden werden kann, wenn nur dem richtigen Argwohn nachgegangen wird.

Als viertes möchte ich die außerordentlich intensive Seminararbeit erwähnen. Kopfermann ließ das, was er wissenschaftlich im Institut ansiedeln wollte und was neu aus den USA herüberkam, in wöchentlichen Seminaren durcharbeiten. Dabei wurde jeder Vortrag mindestens dreimal geprobt, bevor er im Seminar gehalten wurde: zuerst mit dem Assistenten, dann verbessert noch einmal mit diesem. Danach kam Kopfermann hinzu. Es wurde nicht nur auf das Didaktische geachtet und daß die Zeit stimmte, sondern vor allem, ob die Physik restlos verstanden war. Anschließend wurden die Vorträge schriftlich ausgearbeitet. Ich habe noch das Heft *Seminar über Kernquadrupolmomente* mit acht Vorträgen vom Wintersemester 1949/50. Nur einer ist namentlich gezeichnet, nämlich der über *Kernquadrupolfrequenzen im festen Dichloräthylen* von Hans-Georg Dehmelt und Hubert Krüger. Deren Entdeckung dieser reinen Quadrupolresonanzen, 1949 in Göttingen war eine große Leistung und ein Erfolg, der den Autoren und dem Institut internationale Anerkennung einbrachte. Auch Wolfgang Paul erwähnt gerne, daß manche gedankliche Grundlage für seine elektromagnetischen Käfige für geladene und neutrale Teilchen - und damit für seinen Nobelpreis - aus den Göttinger Seminaren stammt.

Jetzt will ich bei meinen Leisten bleiben. Abbildung 1 zeigt die erste Eintragung ins Protokollheft für meine Doktorarbeit, die ich bei Wilhelm Walcher anfertigen durfte. Man sieht die Skizze einer Glas-Apparatur mit einem "MacLeod" zum Vakuum-Messen. Herzstück war ein Thomsonscher Parabel-Spektrograph, der Protonen (von etwa 10 keV) durch ein elektrisches und magnetisches Feld ablenkte. Bei B wurde eine Photoplatte hineingebracht; meine Aufgabe bestand darin, die Abhängigkeit der Schwärzung von Intensität und Energie der Protonen zu messen und zu deuten. Die ganze Apparatur stellte Walcher mir von einem Vorgänger zur Verfügung (3).

Lebenswichtig waren die Heizplatte der Pumpe P1 und ein Paar glücklicherweise aufgetriebene Asbest-Handschuhe. Meine Frau half stets bei den Experimenten. Anschließend konnten wir die noch heiße Heizplatte zwei Stockwerke höher tragen, um unser Essen zu kochen. Mit dem neuen Geld nach der Währungsreform kauften wir uns als erstes eine eigene Kochplatte. Die war recht primitiv, längst nicht so solide wie die von der Pumpe.

Das Schema meiner späteren, selbst zusammengeblasenen Glas-Apparatur mit einer Hohlkathode als Lichtquelle für die Hyperfein-Spektroskopie war ähnlich wie in Abb. 1. Leider besitze ich kein Photo davon. Das ist wohl auch im Leben so: Man photographiert zu selten den Alltag. Deshalb rate ich den jungen Zuhörern: Photographieren Sie die Versuchsanordnungen Ihrer Diplom- und Doktorarbeiten! Das wird Sie später freuen. An der Apparatur von Abb. 1 hat später mein erster Diplomand, Hans-Georg Dehmelt, seine Diplomarbeit gemacht (4). Als er 40 Jahre später den Nobelpreis bekam, lud er meine Frau und mich zu unserer großen Freude zur Preisverleihung nach Stockholm ein. Bei der Auswahl des ersten Diplomanden kann man nicht sorgfältig genug sein!

Nach der Promotion bot mir Kopfermann an, in dasjenige Gebiet einzusteigen, auf dem er international angesehener Experte war: das Studium "hyperfeiner" Aufspaltungen von Spektrallinien der Atome. Sie rühren her sowohl vom Magnetismus der Atomkerne als auch von den verschiedenen Massen oder winzigen Unterschieden in den Kernradien der Isotope ("Isotopieverschiebung"). Damit begann meine lebenslange Liebe zur Spektroskopie und gleichzeitig die bis heute fortdauernde Neugierde, Größe und Form der Atomkerne kennenzulernen.

Ich begann mit gründlichen Messungen am Samarium, für das Hermann Schüler und Theodor Schmidt 1934 einen "Sprung" in der Isotopieverschiebung zwischen den Massenzahlen 150 und 152 bemerkt hatten. Es zeigte sich, daß dieser Sprung quantitativ beschrieben werden konnte durch die Annahme, daß die betreffenden Samarium-Kerne unterschiedlich stark (zitronenförmig) deformiert waren, und zwar gerade so, wie dies für die jeweils um ein Proton größeren Europium-Kerne 151 und 153 aus den von Schüler und Schmidt gemessenen

Kernquadrupolmomenten zu entnehmen war. (Diese im Vortrag anhand von Bildern erläuterten umfangreichen Messungen und recht umständlichen Überlegungen können hier übersprungen werden, denn sie sind von mir in (7) ausführlich, auch im historischen Zusammenhang, dargestellt worden.)

Die überraschende Entdeckung der "intrinsichen" Kerndeformationen, d.h. die Erkenntnis, daß Atomkerne mit Kernspin null, denen quantenmechanisch wegen des fehlenden Drehimpulses eine kugelsymmetrische Ladungsverteilung zukommt, dennoch eine nicht kugelförmige Gestalt haben können, fand zunächst kaum Zustimmung. Der Göttinger Theoretiker Richard Becker hat wohl nie daran geglaubt. Aber da war Kopfermann wirklich gut. Ich entsinne mich, daß er (fast wörtlich) sagte: "Brix, machen Sie sich nichts daraus; der Becker ist viel zu klug, der versteht das nicht." In diesem Satz steckt eine Weisheit. Wenn man sehr viel weiß, glaubt man oft gar nicht an das ungewöhnliche Neue.

Allmählich wurden wir anerkannt, z.B. durch Carl Friedrich von Weizsäcker, der damals in Göttingen war. Er brachte das Beispiel, daß ein Elefant in einem S-Zustand, also ohne Drehimpuls, zwar kugelsymmetrisch sei, aber trotzdem ein Elefant bleibe. Viel später, 1985, fragte ich v. Weizsäcker, ob er sich daran erinnern könne. Er sagte sofort, daran erinnere er sich genau, aber das Beispiel stamme von Heisenberg.

In Deutschland griff seinerzeit kein Theoretiker die neue Idee von intrinsichen Kerndeformationen auf. Sehr schnell war jedoch Aage Bohr, Sohn von Niels Bohr, daran interessiert. Kopfermann trug 1948 in Kopenhagen über unsere Überlegungen vor, die wir zuerst 1947 in einer Mitteilung der Göttinger Akademie versteckt hatten (5). Die ausführliche Veröffentlichung *Zur Isotopieverschiebung im Spektrum des Samariums* (6) ging am 8. Februar 1949 bei der *Zeitschrift für Physik* ein. Ich habe noch einen vier Seiten langen Brief, den Aage Bohr am 4. Januar 1949 an Kopfermann schrieb, in dem er unsere theoretischen Abschätzungen ergänzt hatte und uns durch sein Interesse ermutigte. Vier Tage nach dem Einreichen bei der *Z. Physik* schickten wir A. Bohr eine Kopie an die Columbia University in New York. Er hat

dann entscheidende weiterführende Überlegungen angestellt und 1951 darauf hingewiesen, daß die von uns benutzten spektroskopischen Quadrupolmomente der Europium-Isotope sich um einen erheblichen (vom Kernspin abhängigen) Faktor von den intrinsischen unterscheiden. Das hatten wir nicht bedacht, aber "glücklicherweise" wurde dieser Fehler bei unserer Abschätzung von anderen Unsicherheiten teilweise kompensiert (7).

Nachträglich betrachtet, war es ein unverzeihliches Versäumnis, den Fingerzeig auf die Deformationen von Atomkernen mit geraden Protonen- und Neutronenzahlen im Gebiet der Seltenen Erden nicht ernst genug genommen und bis zu den Kern-Rotationsspektren konsequent weitergedacht zu haben: ein Lehrstück! Kopfermann und ich konzentrierten uns völlig darauf, die Systematik des Isotopieverschiebungseffekts in Abhängigkeit von der Protonen- und Neutronenzahl zu studieren. Für eine Festschrift zur Feier des 200jährigen Bestehens der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen (8) wertete ich die Kernradius-Änderungen für Isotope von 19 schweren Elementen aus und stellte sie in einem Diagramm als Funktion der Neutronenzahl dar. Das war zunächst in der "Festschrift" vergraben. Nicht einmal der von meiner Frau und mir erhoffte Effekt trat ein, daß wir zum Fest eingeladen würden, zur ersten feierlichen Veranstaltung an der Universität nach dem Kriege, in Anwesenheit des Bundespräsidenten Heuss. Darauf hatten wir beide uns nach all der Auswerte-Arbeit gefreut. Erst die Publikation einer kurzen Zusammenfassung der Isotopieverschiebungssystematik in den *Physical Reviews* 1952 (10) wurde beachtet und zitiert. Das mit der "Festschrift" war keine so gute Idee gewesen.

Für den Springer-Verlag hatte ich (mit meiner Frau zusammen) die mühselige Aufgabe übernommen, sämtliche bis dahin überhaupt gemessenen Hyperfeinstrukturen der Atomterme und Atomlinien für die nach dem Krieg neu erscheinende sechste Auflage des "Landolt-Börnstein" zusammenzutragen (66 Seiten voll mit Tabellen und Literaturzitaten, erschienen 1952). Dadurch bekam ich einen hervorragenden Überblick und merkte z.B., daß die publizierte Deutung der Hyperfeinstruktur der Silber-Resonanzlinien falsch sein mußte. Beide Silber-Isotope 107 und 109 haben den Kernspin $\frac{1}{2}$, und beide sind un-

gefähr gleich häufig. Von den beobachteten 4 Hyperfein-Komponenten waren die beiden äußeren dem 109, die inneren dem 107 zugeordnet worden. Das bedeutete ein etwa doppelt so großes magnetisches Kernmoment des 109, verglichen mit 107, und praktisch keine Isotopieverschiebung. Letzteres widersprach aber der Systematik.

Mein Doktorvater Walcher betrieb im Institut einen Massen-Trennspektrographen, an dem auch meine Frau lange gearbeitet hatte. Walcher hat gleich die Ag-Isotope getrennt; sechs Stunden Betrieb ergaben bereits 100 Mikrogramm. Zwei Hohlkathoden wurden mit den getrennten Isotopen beschickt und siehe da: Die Fabry-Perot-Aufnahmen enthüllten sofort die falsche Zuordnung. Nicht die Komponenten Nr. 1 + 4 sowie 2 + 3 gehörten zusammen, sondern 1 + 3 sowie 2 + 4, wie vermutet (9). Das Schöne war, daß die genauen Wellenzahl-Differenzen gerade sorgfältig mit einem aufwendigen Atomstrahl-Experiment in Kanada vermessen worden waren. Diese Präzisionsmessung konnten wir mitbenutzen, brauchten sie nur richtig zu interpretieren. Die Kernmomente der Kanadier waren damit überholt. Das gab, ich gestehe es, eine vergnügliche Publikation.

Damit endet diese Geschichte jedoch nicht. Einer der kanadischen Autoren war A.L. Schawlow, der 1981 den Nobelpreis für die Entwicklung der Laser-Spektroskopie erhielt. Warum haben wir denn damals in Göttingen (oder später in Heidelberg) den Laser nicht erfunden? Man darf ruhig sagen, weil die Amerikaner schlauer waren. Dennoch steckt vielleicht ein wenig mehr dahinter. In Deutschland begann man nämlich, die Atomphysik zu vernachlässigen; sie wurde als weitgehend identisch mit der Spektroskopie freier Atome angesehen, und die galt als abgegrast. Drastisch ausgedrückt: Atomphysiker bekamen das Image von unmodern gewordenen Wissenschaftlern. Als die jungen, dynamischen galten Anfang der 50er Jahre die Kernphysiker (später wurden es die Hochenergiephysiker). Auch Kopfermann war im Grunde seines Herzens Kernphysiker. Sein Interesse galt den Kernmomenten. *Kernmomente* ist auch der Titel seiner berühmten Monographie (1940, 1956).

In seiner Vorlesung ließ Kopfermann das Kapitel *Absorption, Emission, Dispersion* mit den Einsteinschen Beziehungen nie aus. Darin

stecken die Grundlagen für die Physik des Lasers, und die haben wir, seine Schüler, frühzeitig gelernt. Vermutlich schielten wir alle damals zu sehr nach der Kernphysik. Jüngere mögen jetzt daraus lernen.

Zurück in die glücklichen Jahre meiner Hyperfeinstruktur-Forschung. Bereits 1948, besonders 1950, zeigte uns die Isotopieverschiebung schwerer Elemente, daß es im Atomkern so etwas wie Neutronenschalen gab und daß bei der "magischen" Neutronenzahl 82 die Änderung der Kernradien sprunghaft zunahm. Nun waren wir sehr neugierig, ob ein ähnlicher Sprung auch bei der magischen Neutronenzahl 126 auftrat. Beim Blei-Isotop 208 ist die Neutronenschale mit 126 Neutronen abgeschlossen. Das nächste gerade Blei-Isotop 210, ist radioaktiv mit 22 Jahren Halbwertszeit (die alte radiochemische Bezeichnung lautet RaD). Zusammen mit Fritz Houtermans und Haro von Buttlar, welche sich um die radioaktive Präparation kümmerten, wurde eine Hohlkathode mit etwa einem Mikrogramm Blei-Isotop 210 beschickt. Das reichte aus für acht interferometrische Aufnahmen. Der Sprung war da! Den Rest des Präparats brauchten wir nicht mehr (11).

Mit dem Entwickeln der Photoplatten mit Interferometer-Aufnahmen in der Dunkelkammer verbindet sich meine intensivste Erinnerung an die optische Spektroskopie. Da war man mit sich ganz allein, wartete, bis die Platte entwickelt war, mußte die Neugierde bezähmen, bis sie lange genug im Fixierbad gelegen hatte. Dann wurde kurz gespült. Gegen das Dunkelkammerlicht gehalten, verriet die Platte das Ergebnis: Die Linie vom Blei-Isotop 210 war darauf, der Sprung vermutlich vorhanden! Bei den Silber-Isotopen war es ähnlich. In diesen Augenblicken wußte ich als erster etwas, was niemand sonst wußte. Jetzt wirst du bald eine Zahl auswerten, dachte ich, die nicht unbedingt besonders weltbewegend sein muß, die aber ganz, ganz neu ist - vielleicht im ganzen Universum noch niemals gemessen wurde. Die Atomkerne, fundamentale Bausteine der Welt, haben ja überall dieselben Eigenschaften. Wie aufregend!

Kopfermann war genauso neugierig. Manchmal stand er schon vor der Dunkelkammertür, klopfte und fragte: "Brix, kann man schon etwas sehen?" Die Belichtungen mußten meistens nachts gemacht werden, weil dann alles stabiler war. Dann kam er morgens zu unserem Zim-

mer im Institut. Meine Frau schirmte mich ab nach der durcharbeiteten Nacht, und Kopfermann wollte dann von ihr wissen: "Hat Ihr Mann etwas über das Ergebnis gesagt?" Ich erzähle das im ganz positiven Sinn. Kopfermanns Neugierde, sein Interesse an den neuesten Messungen im Institut war entscheidend für die Begeisterung, die uns damals beseelt hat. Alle wußten: Das interessiert den Chef. Darin lag anspornende Anerkennung.

Ottawa: 1952 bis 1953

Nach der Habilitation 1952 bekam ich als Postdoctorate Fellow des National Research Council of Canada die Möglichkeit, für ein menschlich und wissenschaftlich sehr anregendes Jahr zu Gerhard Herzberg nach Ottawa zu gehen. Herzberg war (und ist) der große Meister der Molekülspektroskopie; 1971 wurde ihm der Nobelpreis für Chemie verliehen. Herzberg (geboren 1904) hatte in Darmstadt studiert. Als er dort 1928 promoviert wurde, wies sein Schriftenverzeichnis bereits 12 Publikationen auf. Nach 1933 wurde das Leben in Deutschland für ihn und seine Frau zunehmend unerträglich; sie mußten 1935 emigrieren. In Saskatoon, wo es im Winter bitterkalt war, schrieb er seine berühmten Bücher über Molekülspektren und Molekülstruktur; 1948 nahm der den Ruf nach Ottawa an.

Bei Herzberg habe ich in einer wichtigen Lebensphase sehr viel gelernt. Molekülspektren sind noch komplizierter als Atomspektren Seltener Erden, die mich in Göttingen beschäftigt hatten. Meine Aufgabe war, die im Ultravioletten liegenden sogenannten Schumann-Runge-Banden des zweiatomigen Sauerstoffmoleküls neu zu vermessen und zu analysieren. Das führte zu einer Neubestimmung der wichtigen Dissoziationsenergie dieses Moleküls. Es stellte sich heraus, daß der bisherige Wert um 0,6 % falsch war (12).

An Herzberg bewundere ich seine Bescheidenheit und die souveräne Beherrschung seines Faches bis ins hohe Alter. Seine lebenslange Erfahrung gibt ihm einen untrüglichen Blick für die Deutung neu entdeckter Spektren, z.B. im Licht von Kometen.

Die Sorgfalt der Spektroskopiker hatte ich bereits bei Kopfermann gelernt. Als Meßfehler gaben wir stets den dreifachen statistischen Fehler an, im Sinne einer "Fehlergrenze". Wenn man ein Jahr lang an jedem Tag eine Messung macht, liegen die wahren Werte im Mittel nur an einem Tag außerhalb dieser "Fehlergrenze". Das erschien angemessen, war dennoch unklug. Weil nämlich andere Autoren in der Regel den einfachen Fehler angaben, wurden unsere Daten bei Zusammenstellungen so gewichtet, als ob sie ganz ungenau wären. Es hat mich später Überwindung gekostet, meinen Mitarbeitern zu folgen und zuzustimmen, daß auch wir einfache statistische Fehler angaben. Man muß das allerdings immer dazuschreiben.

In Ottawa mußte ich wegen einer Pilzerkrankung an den Händen fast während des ganzen Jahres weiße Handschuhe tragen. Meine Frau kochte sie täglich in großen Konservendosen aus. Diese Infektion behinderte meine Dunkelkammer-Arbeit. Als Gregory Breit, ein berühmter Theoretiker und Pionier in der Deutung der Isotopieverschiebung, mich zu einem Vortrag an die Yale-Universität einlud, bekam ich kein Visum, weil ich keine Fingerabdrücke hatte. Später konnte ich den Besuch nachholen, leider nicht den Vortrag.

Bei Herzberg bestand die Gruppe damals aus etwa 10 Leuten. Regelmäßig gab es einen Anschlag: "There will be a meeting in the director's office at 2 o'clock this afternoon" (meistens dienstags). Dort guckte Herzberg in die Runde und sagte z.B.: "Brix, what have you been doing lately?" Dann mußte man erzählen. Weil man nie wußte, wer dran kam, gab man sich vor jedem Dienstag Rechenschaft über den Stand der eigenen Arbeit und erfuhr, was die anderen taten.

Heidelberg: 1953 bis 1957

Im Herbst 1953 kamen meine Frau und ich nach Deutschland zurück und reisten direkt nach Heidelberg, wohin Kopfermann inzwischen einen Ruf angenommen hatte (13). Ich schlug gleich vor, im Institut ähnliche wöchentliche Treffen wie bei Herzberg als "Palaver" einzurichten. Das Erzählen ohne Vorwarnung bürgerte sich jedoch nicht

ein. Kopfermann ging vorher zu den Mitarbeitern und sagte: "Sie reden beim nächsten Mal, aber sagen Sie nicht dem Brix, daß Sie das schon wissen." (Auch später in Darmstadt gab es ganz stur jede Woche ein "Palaver").

In Heidelberg kümmerte ich mich zuerst um das Praktikum. Dann gehörte die Erneuerung der Elektro-Installation zu meinen Aufgaben. Da wurden wohl viel zu dicke Kupferleitungen verlegt. Die Entwicklung der Elektronik war noch nicht abzusehen. Ich durfte leider nur ein knappes Jahr in Kanada bleiben, weil ich das von Kopfermann bestellte 35 MeV-Betatron betreuen sollte. Das wurde jedoch erst Anfang 1956 geliefert. Kopfermann wollte ursprünglich Kernradien messen, durch elastische Elektronenstreuung. Darüber war die Entwicklung hinweggegangen. So konzentrierte sich die "Schleudergruppe", die aus begeisterten Mitarbeitern und Studenten bestand, auf den Kernphotoeffekt, d.h. Kernreaktionen mit energiereicher Gammastrahlung.

Inzwischen zum Diätendozent ernannt, nutze ich die Heidelberger Zeit, um mir eigene Spezialvorlesungen auszudenken. Ein Höhepunkt, an den ich mich besonders erinnere, war Kopfermanns 60. Geburtstag am 26. April 1955. Zu der Festveranstaltung (Abb. 2) kamen viele hoch angesehene Gäste aus dem In- und Ausland (die Zu- und Absagekarten habe ich noch). Für uns Jüngere markierte dies Erlebnis die Wiedereinbindung des Heidelberger Physikalischen Instituts in die internationale Welt der Wissenschaft. Bei der Verabschiedung des Werkmeisters Otto Gegusch 1957 feierte das Institut ein großes Fest mit Aufführungen und einer Oper. Auch die Erinnerung an dieses fröhliche "Festival" ist geblieben.

Darmstadt: 1956 bis 1970

Im Oktober 1956 erhielt ich einen Ruf auf das neue Ordinariat für Technische Kernphysik an der Technischen Hochschule Darmstadt (THD). Ein Institut gab es noch nicht. J.H.D. Jensen sagte damals: "Soll man gratulieren oder kondolieren?" Dann erzählte er die Ge-

Die Universität,
das Max-Planck-Institut für med. Forschung und
die Akademie der Wissenschaften Heidelberg

veranstalten anlässlich des 60. Geburtstages von Hans Kopfermann im großen Hörsaal des Physikalischen Institutes, Heidelberg, Philosophenweg 12, die folgenden Vorträge:

26. 4. 55, 17.15 Uhr: W. Walcher (Marburg). Eröffnung und Überreichung des Festeftes.

G. Placzek (Princeton).
Kristalldynamik und Neutronenstreuung.

27. 4. 55, 10.15 und 15.15 Uhr:

A. Bohr (Kopenhagen). Über neuere Arbeiten aus dem Kopenhagener Institut für Theoretische Physik

H. M. Foley (z. Zt. Oxford). Hyperfine spectra of diatomic molecules.

W. A. Fowler (z. Zt. Cambridge). Energy generation and element synthesis in stars.

D. Frisch (z. Zt. Oxford). Induced magnetic dipole transitions within protons and neutrons.

H. Halban (Oxford). Kernorientierung bei tiefen Temperaturen.

W. Paul (Bonn). Fokussierung polarer Moleküle.

N. Ramsey (z. Zt. Oxford). Thema noch nicht bekannt.

P. Scherrer, (Zürich). Neuere Experimente über Richtungskorrelation und Supraleitung.

Abb. 2: Einladung zum festlichen Kolloquium anlässlich des 60. Geburtstags von Hans Kopfermann.

schichte von dem, der ins Hessische ging und dort verkam. Das war natürlich keine Ermutigung.

Die THD wollte damals nördlich von Darmstadt in einem herrlichen Buchenwald bei Bayers Eich auf einem 27 ha großen Gelände einen Kernreaktor bauen. Es existierte bereits eine Entwurfszeichnung mit Abwasserbecken, Stollen, Chemielabor usw. Ein Ausschuß "Kernenergie" der THD, dem die Professoren Frühauf, Jaroschek, Klöppel, Kogon, Kohlschütter, Krischer, Neufert, Oppelt, Scherzer und Wiegand angehörten, beschloß am 17.12.1956 auf einer Sitzung, zu der ich als Gast geladen war:

1. Es ist alles zu tun, um das im Senatsbeschuß vom 16.5.1956 vorgesehene Reaktorgelände ostwärts Bayers Eich für den vorgesehenen Zweck baureif zu machen.
2. Nach Abschluß der Berufungsverhandlungen wird Herr Dr. Brix die Verantwortung für die Planung und den Bau des Reaktors übernehmen. Bis dahin wird der Ausschuß alle Arbeiten unter Hinzuziehung des Rates von Herrn Brix wie bisher weiter verfolgen. Die Verpflichtung von Herrn Brix geht bei Berufung eines Ordinarius für Reaktortechnik auf diesen über.
3. Der Ausschuß ist der Meinung, daß außerdem ein Extraordinariat für theoretische Kernphysik vor der Ernennung von Herrn Dr. Brix vom Ministerium zugesichert werden muß.

Als technisches Personal waren zunächst nur ein Oberwerkmeister und zwei Handwerker vorgesehen. Die mir zuge dachte Aufgabe konnte und wollte ich nicht übernehmen. Inzwischen gab es bereits ein Reaktorzentrum in München, Karlsruhe und Jülich. Dagegen war ich davon überzeugt, daß es wichtig wäre, an der THD im Hochschulbereich in enger Nachbarschaft zu den anderen Physikern ein Institut für Kernphysik aufzubauen. Dieses aktuelle Gebiet der Physik war noch gar nicht vertreten. Vorlesungen und ein modernes Praktikum über *Kernstrahlung und Strahlenschutz* erschienen mir notwendig. Es bedurfte intensiver Verhandlungen: Nach gut einem halben Jahr hatte ich Hochschule und Ministerium davon überzeugt, daß ein Lehrstuhl für Reaktortechnik an die Fakultät für Maschinenbau kommen und ich die

Kernphysik in Lehre und Grundlagenforschung vertreten sollte. Am 1. August 1957 unterschrieb ich die Berufungsvereinbarung; meinen Dienst trat ich am 1. Oktober 1957 an.

Es war kein Beginn bei null, sondern bei minus drei (wie ich oft sagte). Das vorgesehene Baugelände an der Schloßgartenstraße war nämlich noch gar nicht frei. Es standen Ruinen darauf von der furchtbaren Bombardierung Darmstadts. Auch ein noch bewohnbares Haus mußte unglücklicherweise abgebrochen werden. Während der ersten Jahre zogen meine Mitarbeiter und ich von einem Provisorium in das nächste um. Wenn man noch kein Institut hat, muß man versuchen, woanders zu forschen. Damals überlegten wir zwei Alternativen: Myonen-Atome oder Mößbauer-Effekt. Letzterer war gerade entdeckt worden. Durch Heinz Maier-Leibnitz, den ich regelmäßig im Frühjahr in Arosa traf, wußte ich gut über Rudolf Mößbauers Entdeckung und die Ideen von Maier-Leibnitz Bescheid. Wir meinten jedoch in Darmstadt, daß wir den Vorsprung von zwei bis drei Jahren, den andere hatten, nicht würden aufholen können. Das war viel zu kleinmütig.

Unsere Wahl fiel also darauf, am CERN myonische Röntgenstrahlung zu untersuchen, um mit dieser neuen Methode Radien von Atomkernen zu messen. Die Darmstädter waren die erste deutsche Besuchergruppe am CERN. Allerdings waren wir nicht gerne gesehen. Die Elementarteilchen-Physiker fanden es dämlich ("stupid"), komplexe Atomkerne zu studieren. Deswegen mußte ich meine Energie und Zeit hauptsächlich darauf verwenden, das Überleben der Gruppe zu sichern. Ohne die Hilfe von Wolfgang Gentner und später Victor Weisskopf wäre das nicht gegangen.

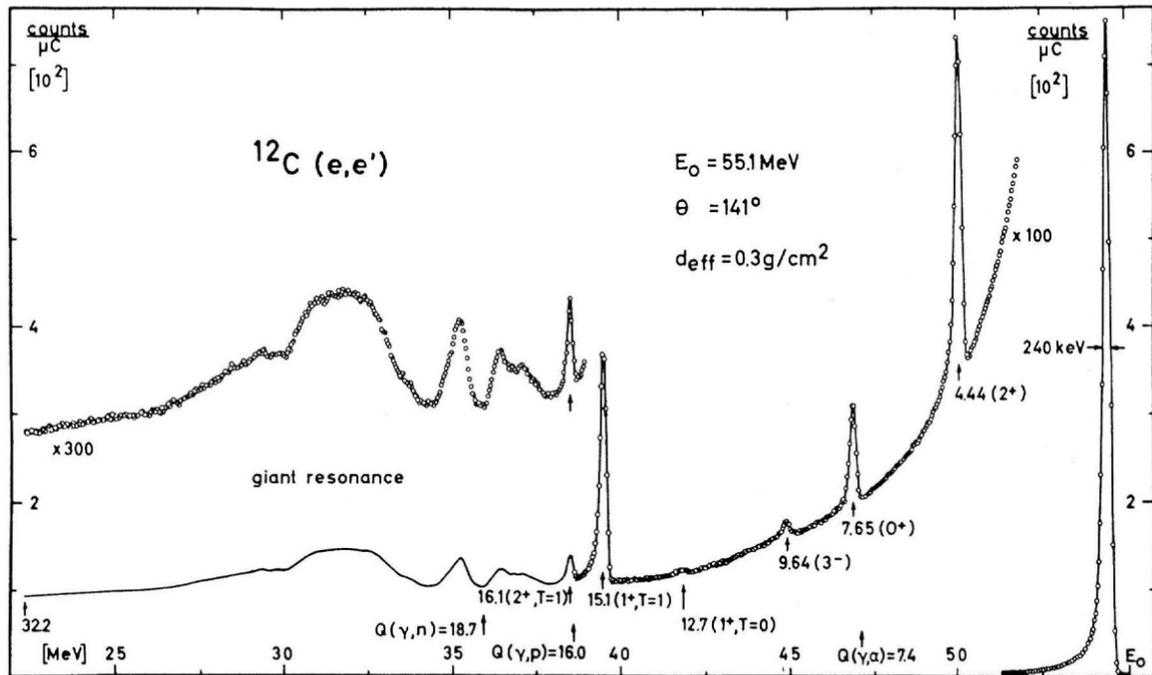
Die Faszination über die an vielen Elementen zum ersten Mal gemessenen myonischen Röntgenlinien und die daraus ausgewerteten Kernradien (14) ist mir in lebhafter Erinnerung. Für uns in Darmstadt war es entscheidend wichtig, am CERN moderne Experimentiertechnik zu lernen. Kollegen und Mitarbeiter haben noch viele weitere Jahre von Darmstadt aus am CERN geforscht. (Hinsichtlich des Einschubs über Größe und Form von Atomkernen, der im Vortrag mit Bildern illustriert wurde, sei auf (7) und (18) verwiesen.)

Zentrales Forschungsgerät des Instituts in Darmstadt wurde der von uns DALINAC genannte 60 MeV Elektronen-Linearbeschleuniger. Ende der 50er Jahre hatten sich fast alle Kernphysik-Institute in Deutschland für Tandem-van-de-Graaffs entschieden, um Protonen und schwerere Ionen zu beschleunigen. Experimente mit energiereichen Elektronen sind mühsamer, aber viel besser zu interpretieren, weil Elektronen den Kern sanfter "anpacken". Ursprünglich wollte ich ein Betatron anschaffen. Aber Heinz Lindenberger, der als mein engster Mitarbeiter von Heidelberg aus nach Saskatoon ging, besuchte auf meinen Wunsch Stanford und schrieb mir am 1.7.1957: "Wenn Sie das Geld irgendwie zusammenkratzen können, würde ich das Betatron ganz sausen lassen und gleich einen Linearbeschleuniger kaufen, man hat auf Dauer bestimmt mehr davon." Diesen äußerst klugen Ratsschlag habe ich befolgt.

Weihnachten 1957 war ich von Robert Hofstadter zu einer Konferenz nach Stanford eingeladen, sah dort bei Carl Barber die ersten Spektren von Kernanregungen durch Elektronen mit einem 40 MeV-Linac. Friedrich Gudden und anschließend Gerhard Fricke durften von Darmstadt aus jeweils ein Jahr bei Barber arbeiten und lernen. Der Liefervertrag über eine 60 MeV-Maschine wurde im Juni 1960 mit der Firma Varian in Palo Alto abgeschlossen. Ich war immer stolz darauf, daß der DALINAC "nur" 985.000 DM gekostet hat: ein Heidengeld, aber andere Beschleuniger in Deutschland waren viel teurer.

Der 6 m lange Beschleuniger kam im Januar 1962 in einem Stück mit einem Großraum-Flugzeug in Frankfurt an. Im Juli 1964 konnte über erste Experimente berichtet werden (15, 16). Abbildung 3 zeigt, wie schön die Anregungszustände eines Atomkerns (hier das Kohlenstoff-Isotop ^{12}C) durch unelastische Elektronenstreuung bei relativ niedriger Energie studiert werden können (17). Mit solchen Messungen waren wir weltweit ohne Konkurrenz. Übrigens sind die beiden niedrigsten Niveaus des C^{12} wichtig für die Elementsynthese in Sternen (18).

Das kernphysikalisch aufregendste Erlebnis meiner Darmstädter Zeit war die Entdeckung der Form-Schwingung der Atomkerne 1971 durch meine Mitarbeiter Rainer Pitthan und Thomas Walcher (19). Der Fachausdruck lautet "elektrische Quadrupol-Riesenresonanz".



Besonderen Spaß hatte ich an einer gemeinsam mit Stefan Hüfner, Paul Kienle und Dieter Quitmann publizierten Arbeit, in der meine alten Samarium-Messungen von Nutzen waren, um die winzige Änderung eines Kernradius bei Kernanregung auszuwerten (20). Es handelte sich um Mößbauer-Experimente, die inzwischen durch Kienle im Institut angesiedelt worden waren. Wenn man sich das betreffende Atom auf einen Kilometer Durchmesser vergrößert vorstellte, war der Atomkern so groß wie eine Zitrone, und die erwähnte Radius-Änderung betrug nur einige hundertstel Millimeter. Etwas so Kleines genau messen zu können, hat mich stets begeistert.

Ende der 60er Jahre (seit 1966) überlegten sich Kernphysiker an den hessischen Hochschulen Darmstadt, Frankfurt und Marburg die Zukunft unseres Faches. Nach manchem Hin und Her gelang es zu erreichen, daß Christoph Schmelzer seinen, seit 1960 in Heidelberg entwickelten Schwerionen-Beschleuniger Unilac im Rahmen der GSI nördlich von Darmstadt bauen konnte. Dem ersten GSI-Direktorium habe ich noch ein Jahr lang ehrenamtlich angehört. Doch das ist ein anderes Kapitel (21).

Das alte "Reaktorgelände" bei Bayers Eich, das sich die THD auf mein Bestreben hin noch länger als Vorbehaltsgelände reserviert hatte, spielte noch einmal eine Rolle bei der Geländewahl für die GSI. Die Forstleute hätten ihren schönen Buchenwald nicht hergegeben. Das schlechte, sumpfige Waldstück etwas südlich davon, auf dem die GSI entstand, stellten sie jedoch zur Verfügung.

Im März 1971 erhielt ich einen Ruf an das Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg, den ich zum 1. April 1972 annahm. Damit beende ich diesen Rückblick.

Abb. 3: Spektrum der von einer Graphit-Folie gestreuten Elektronen (Primärenergie 55,1 MeV). Rohdaten ohne Abzug eines Untergrunds. Die statistischen Fehler der Meßpunkte sind kleiner als die Durchmesser der Kreise. Man sieht (auf dem kontinuierlichen "Bremsstrahlungs-Schwanz") die Streuung an den angeregten Zuständen des Kerns des Kohlenstoff-Isotops 12. Messungen am DALINAC 1969 (17).

Literatur

- (1) Brix, P.: Geburtsort: Kappeln an der Schlei. In: Schleswig-Holsteiner unter sich über sich, W. Schmidt (Hg.), Frankfurt 1979, 20.
Ders.: Antrittsrede. In Jahrb. Heidelb. Akad. d. Wiss. für 1974, 50.
Ders.: (Atomkerne, die Bausteine des Weltgebäudes) Festvortrag. In: Vierzig Jahre Freie Universität Berlin: 1948-1988. Ehrenpromotionen 1988, Berlin 1990, 58.
- (2) Kopfermann, H., Krüger, H., Öhlmann, H.: Zur anomalen Feinstruktur der He^+ -Linie $\lambda=4686$ Angström. Z. Physik 126 (1949), 760.
- (3) Brix, P.: Die photographische Wirkung mittelschneller Protonen. (Messungen an Agfa-Autolith-Platten). Z. Physik 126 (1949), 35.
- (4) Brix, P., Dehmelt, H.-G.: Die photographische Wirkung mittelschneller Protonen. (Messungen an Ilford-Q-Platten). Z. Physik 126 (1949), 728.
- (5) Brix, P., Kopfermann, H.: Über den Isotopieverschiebungseffekt der schweren Elemente. In: Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Klasse 1947, 31.
- (6) Brix, P., Kopfermann, H.: Zur Isotopieverschiebung im Spektrum des Samariums. Z. Physik 126 (1949), 344.
- (7) Brix, P.: Fifty Years of Nuclear Quadrupole Moments. Z. Naturforsch. 41a (1986), 3.
- (8) Brix, P., Kopfermann, H.: Neuere Ergebnisse zum Isotopieverschiebungseffekt in den Atomspektren. In: Festschrift Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Klasse 1951, 17.
- (9) Brix, P., Kopfermann, H., Martin, R., Walcher, W.: Über die Kernmomente der Ag-Isotope und die Isotopieverschiebung im Silberspektrum. Z. Physik 130 (1951), 88.
- (10) Brix, P., Kopfermann, H.: Magic Numbers and the Isotope Shift in Atomic Spectra of Heavy Elements. Phys. Rev. 85 (1952), 1050.

- (11) Brix, P., v. Buttler, H., Houtermans, F.G., Kopfermann, H.: Die Isotopieverschiebung zwischen RaD und den stabilen Bleiisotopen. *Z. Physik* 133 (1952), 192.
- (12) Brix, P., Herzberg, G.: Fine Structure of the Schumann-Runge-Bands near the Convergence Limit and the Dissociation Energy of the Oxygen Molecule. *Canad. J. Phys.* 32 (1954), 110.
- (13) Brix, P., zu Putlitz, G.: Rückblicke auf die Heidelberger Physik im Jubiläumsjahr der Universität. *Phys. Blätter* 42 (1986), 65.
- (14) Brix, P., Engfer, R., Hegel, U., Quitmann, D., Backenstoss, G., Goebel, K., Stadler, B.: Energy Measurements of the $2p-1s$ Transitions in Mu-mesonic Atoms. *Physics Letters* 1 (1962), 56.
Quitmann, D., Engfer, R., Hegel, U., Brix, P., Backenstoss, G., Goebel, K., Stadler, B.: Study of Mu-Mesonic X-Rays: Elements from Sulphur to Molybdenum. *Nucl. Physics* 51 (1964), 609.
- (15) Brix, P., Clerc, H.-G., Engfer, R., Fricke, G., Gudden, F., Liesem, H., Spamer, E.: Electron Scattering Experiments at Low Momentum Transfer. *Compt. Rend. du Congr. Intern. de Physique Nucl.*, Vol. II, Paris 1964, 372.
- (16) Gudden, F., Fricke, G., Clerc, H.-G., Brix, P.: Eine Anordnung für Experimente zur Elektronenstreuung unterhalb 60 MeV. *Z. Physik* 181 (1964) 453.
Brix, P., Gudden, F.: Das Institut für Technische Kernphysik der Technischen Hochschule Darmstadt. *Darmstädter Hochschul-Nachrichten* 4 (1966), 23.
- (17) Theissen, H.: Spectroscopy of Light Nuclei by Low Energy (below 70 MeV) Inelastic Electron Scattering. *Springer Tracts in Modern Physics* 65 (1972), 1.
- (18) Brix, P.: Wie das Bild der Atomkerne sichtbar wurde. *Heidelberger Jahrbücher* XXX (1986), 1. Auch in: *Jahrb. Heidelb. Akad. d. Wiss. für 1986*, 105.
- (19) Pitthan, R., Walcher, Th.: Inelastic Electron Scattering in the Giant Resonance Region of La, Ce and Pr. *Physics Letters* 36B (1971), 563.

- (20) Hüfner, S., Kienle, P., Quitmann, D., Brix, P.: Isomeriever-schiebung im Eu 151. *Z. Physik* 187 (1965), 67.
- (21) Buchhaupt, S.: Die Vor- und Gründungsgeschichte der Gesell-schaft für Schwerionenforschung (GSI), Rohmanuskript 1993.