

Kooperation der Universitäten Leipzig und Saarbrücken

Unserem lieben Freund Prof. Dr. Dieter Michel

zum 80. Geburtstag

Umwandlungen und Übergänge

Jörn Petersson, Uwe Häcker, Klaus-Peter Holzer, Manfred Irsch,

Vorwort

Bekanntlich soll man die Feste feiern wie sie fallen. Dies gilt insbesondere auch für den 80. Geburtstag, den unser guter Kollege und Freund Prof. Dr. Dieter Michel am 17. März 2020 begehen wird. Im Kreise seiner Freunde und Kollegen, den „Veteranen“ der Leipzig-Saarbrücken-Verbindung, hatte sich schon früh ein Personenkreis gebildet, der bestrebt war, dem Jubilar ein besonderes Geschenk aus diesem Anlass zukommen zu lassen. Was lag da näher, als eine Geschichte der Verbindung zwischen den physikalischen Arbeitsgruppen an der Universität Leipzig und der Universität des Saarlandes aufzuschreiben. Diese Verbindung wurde zu Beginn der 1980er Jahre ins Leben gerufen und existiert bis heute in Form der regelmäßigen „Veteranentreffen“.

Das Ergebnis ist einerseits eine Darstellung, die ausgehend von den Anfängen der Arbeitsgruppe an der Universität des Saarlandes bis zu der Entwicklung der Zusammenarbeit zwischen den Arbeitsgruppen in Leipzig und Saarbrücken und deren wissenschaftlichen Ergebnissen führt. Hierfür zeichnen die vier aufgeführten Autoren dieses Artikels verantwortlich. Sie wurden nachhaltig unterstützt durch Ellen Petersson, die mit großer Geduld auf die Wünsche eines Autors eingegangen ist und das vorliegende Manuskript erstellt hat. Andererseits wollten wir das umfangreiche Fotomaterial, das über die langjährige Beziehung von den Gruppenmitgliedern gesammelt wurde, nutzbar machen und haben uns dafür entschieden, einen eigenen Bildband zu erstellen. Wir sind sehr dankbar dafür, dass Magdalena Irsch bereit war, ihre langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Erstellung von Bildbänden mit den heutigen elektronischen Verfahren anzubieten und einzusetzen. Auf diese Weise ist ein beeindruckend schöner Bildband entstanden, der einen guten Einblick in die Entwicklung gibt und, wie wir hoffen, eine schöne Erinnerung für den Jubilar abgeben wird.

Seit seinem Wechsel in den Ruhestand hat sich Dieter Michel u.a. damit befasst, die Entwicklung der Leipziger Physik insgesamt zusammenfassend darzustellen. Durch diese Mammutaufgabe hat er sich offenbar nicht davon abschrecken lassen, ein ähnliches Programm für die Leipzig-Saarbrücken-Kooperation ins Auge zu fassen. Wir verbinden daher die vorliegende Darstellung auch mit einem Wunsch: Möge sie ein Einstieg in die Abfassung einer umfassenderen Darstellung sein, die auch Bereiche umfasst, die bei der vorliegenden Abhandlung außen vor bleiben mussten. Es liegt also einiges an interessanter Arbeit vor uns und in dem Sinne wünschen wir Dir lieber Dieter

ad multos annos

Jörn Petersson, Uwe Häcker, Klaus-Peter Holzer, Manfred Irsch,

1. Einleitung

In der ersten Hälfte der 1980er Jahre begann eine über viele Jahre erfolgreiche Kooperation zwischen Arbeitsgruppen in der Experimentalphysik an der Universität Leipzig (UL, damals Karl-Marx-Universität KMU) und der Universität des Saarlandes (UdS). Diese Gruppen widmeten sich der Untersuchung struktureller Phasenübergänge in Festkörpern mit Methoden der magnetischen Kernresonanzspektroskopie (*nuclear magnetic resonance*, NMR). Die Etablierung einer langfristigen Zusammenarbeit zwischen Arbeitsgruppen, die ein gemeinsames naturwissenschaftliches Thema bearbeiten, ist heute so selbstverständlich geworden, dass sie eigentlich keiner besonderen Erwähnung oder Beschreibung bedarf. Das Besondere am vorliegenden Fall war jedoch, dass zum Beginn der Kooperation Europa im kalten Krieg erstarrt war, und dass insbesondere die gespannten Beziehungen zwischen den beiden deutschen Staaten der gemeinsamen Arbeit oft sogar entgegenstanden. Insoweit muss schon das Zustandekommen der Zusammenarbeit als überraschend, um nicht zu sagen als ein kleines Wunder angesehen werden.

Über die Motive der DDR-Bürokratie kann man auch im Nachhinein nur spekulieren. Wahrscheinlich spielte die Befürchtung eine Rolle, den Anschluss an technologische Entwicklungen im Westen zu verpassen. Zwangsläufig musste mit der Akzeptanz einer solchen Zusammenarbeit jedoch auch eine eigentlich unerwünschte Lockerung der sehr starren DDR-internen Verfahrensregeln einhergehen. In der Tat ließen sich in dem Zeitraum bis zur Wende 1989/90 aus den Erfahrungen in der Kooperation eher schleichende, aber doch merkbare Aufweichungen der Regeln erkennen. Dass diese schließlich einen Mosaikstein der deutschen Wiedervereinigung bilden würden, war für uns, die wir durch unser Projekt zu Beteiligten wurden, nicht erkenn- und vorstellbar. Natürlich haben die dramatischen politischen Prozesse dieser Zeit immer wieder erheblich auf die Umstände der wissenschaftlichen Kooperation eingewirkt. So entstand eine ungewöhnlich herausfordernde und faszinierende Gemengelage, die durch die Autoren dieses Beitrages, die letztlich Zeugen und im kleinen Maßstab auch Agierende in dieser interessanten Zeit waren, im Folgenden vor allem aus der eigenen Erinnerung heraus geschildert werden soll. In Anbetracht der langen Zeit, die seither vergangen ist, bleibt es wohl nicht aus, dass einzelne Aspekte und Gegebenheiten vielleicht übersehen oder nicht völlig korrekt wiedergegeben sind. Für diese und andere Unzulänglichkeiten der Darstellung bitten die Autoren um die Nachsicht des Lesers.

2. Die Anfänge (1968 bis 1978)

Im Frühjahr 1968 wurde von Attilio Rigamonti (Universität Pavia, Italien) in der international führenden physikalischen Zeitschrift *Physical Review Letters* eine Arbeit veröffentlicht, in der nachgewiesen wurde, dass in NMR-Experimenten am ^{23}Na -Kern in Kristallen der Substanz Natriumnitrit (NaNO_2) eine massive Anomalie der Spin-Gitter-Relaxationszeit auftritt, die offensichtlich eng mit den Phasenumwandlungen in dieser Substanz zusammenhängt und Rückschlüsse auf das statische und dynamische kritische Verhalten dieser Substanz zulässt. Dieses Resultat legte nahe, in dem neuen Institut für Experimentalphysik II, das damals an der UdS im Aufbau war und sich besonders mit dem

weiten Feld der ferroelektrischen Kristalle befasste, eine NMR-Gruppe, auch zur Erweiterung des Methodenspektrums aufzubauen. Das umfassendere Gebiet der strukturellen Phasenumwandlungen in Festkörpern war damals in den Mittelpunkt des allgemeinen Interesses vieler Physiker gerückt.

Folgerichtig wurde am 1. Mai 1968 von Horst Müser und Jörn Petersson ein Antrag an die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) auf Beschaffung eines NMR-Impulsspektrometers ausgearbeitet und auf den Weg gebracht. Leider scheiterte dieser Antrag jedoch, was in Anbetracht der Tatsache, dass die beiden Antragsteller auf dem Gebiet der NMR bis dahin nicht hervorgetreten waren, in der Retrospektive nicht verwunderlich erscheint. Wäre es dabei geblieben, so wäre an der UdS keine NMR-Gruppe entstanden und damit wohl auch später keine Zusammenarbeit mit der Universität Leipzig zustande gekommen.

Glücklicherweise waren jedoch bei Baumaßnahmen innerhalb der UdS zu dieser Zeit Mittel in erheblichem Umfang übriggeblieben. Der Grund für diesen aus heutiger Sicht ungewöhnlichen bis unverständlichen Umstand war, dass die Bundesrepublik in der zweiten Hälfte der 1960er Jahre die erste (aus heutiger Sicht vernachlässigbare) Wirtschaftskrise seit dem Kriege durchlebte, was zu einem Verfall der Baupreise führte. Die dadurch freigewordenen Mittel konnten nun zur Beschaffung eines Impulsspektrometers herangezogen werden. Ab Sommer 1969 stand damit eine moderne Ausstattung zur Verfügung, die im Rahmen von Diplomarbeiten in Betrieb genommen und zur Einarbeitung genutzt werden konnte. Das neue Arbeitsgebiet übte schon bald eine große Anziehung auf die Studierenden aus. Die Männer der ersten Stunde waren Gerd Brosowski, Emil Cavellius und Detlef Müller. Rückblickend war dies eine etwas chaotische Zeit, die jedoch durch Aufbauarbeit und Aufbruchstimmung geprägt war und viele neue Erfahrungen und Erkenntnisse bereithielt.

Aufbauend auf der Entdeckung des magnetischen Kernresonanzeffektes 1936 durch Isaac Rabi (Nobelpreis für Physik 1944) wurde die NMR-Spektroskopie nach vielen vergeblichen Versuchen in der 2. Hälfte der 1940er Jahre entwickelt. Für diese Arbeit erhielten Felix Bloch und Edward Mills Purcell 1952 ebenfalls den Nobelpreis für Physik. Auf dieser Grundlage hat sich die NMR in den folgenden Jahren zu einem Standardverfahren in vielen Bereichen der Chemie, Physik, Bio- und Werkstoffwissenschaften entwickelt, das heute mit einer beeindruckenden Vielfalt an speziellen Methoden aus der naturwissenschaftlichen und medizinischen Forschung nicht mehr wegzudenken ist.

Im Vergleich zu den Pionieren der NMR-Spektroskopie stieg die Saarbrücker Gruppe also mit etwa 20 Jahren Verspätung in dieses Arbeitsgebiet ein und war damit fast zwangsläufig auf Kooperationen mit anderen etablierten Gruppen angewiesen. In der Anfangszeit waren Kontakte zu Otmar Kanert und Michael Mehring (beide Universität Dortmund) und Attilio Rigamonti, sehr wichtig. Letzterer war sogar bereit, einen seiner Mitarbeiter (Alberto Avogadro) für eine Weile nach Saarbrücken abzuordnen. Auch zu der großen Arbeitsgruppe von Robert Blinc (Jozef-Stefan-Institut und Universität Ljubljana, damals Jugoslawien) wurde ein sehr fruchtbarer langjähriger Kontakt aufgenommen. Die hoch angesehenen Arbeitsgruppen um Artur Lösche, Harry Pfeifer und andere an der KMU Leipzig, die sich bereits seit den 1950er Jahren mit Kernresonanz beschäftigten, standen ebenfalls schon

früh auf dem Wunschzettel der Saarbrücker Arbeitsgruppe zur Aufnahme von Kontakten. Diese ließen sich jedoch wegen der bekannten politischen Einschränkungen vorerst nicht auf einer langfristigen Basis realisieren. Ein persönlicher Kontakt zu der Leipziger Gruppe (Artur Lösche, Siegbert Grande) kam dann eher zufällig zustande: Im Herbst 1971 veranstaltete Robert Blinc ein Seminar in Basko Polje (nahe Split in dem damaligen Jugoslawien). Von der Saarbrücker Arbeitsgruppe reisten Detlef Müller und Jörn Petersson an, wegen der schon damals gravierenden Ausstattungsprobleme der UdS mit der Eisenbahn (Reisedauer 1 ½ Tage) und nicht mit dem Flugzeug. Hier ergab sich dann mehrfach Gelegenheit zu direkten Kontakten mit der Leipziger Gruppe.

3. Gemeinsame Forschung in schwieriger Zeit (1978 bis 1989)

Etwa 10 Jahre später kam dann wirklich Bewegung in die Beziehungen zwischen den Arbeitsgruppen in Saarbrücken und Leipzig. Ausgangspunkt war eine überraschende Initiative von Wolfgang Windsch (KMU) im Sommer 1981. Wesentliches Motiv für seinen Besuch von etwa 10 Tagen Dauer in Saarbrücken war wohl der Umstand, dass es gelungen war, einen von der DFG zwischen 1974 und 1989 durchgehend geförderten und finanziell gut ausgestatteten Sonderforschungsbereich (SFB) „Ferroelektrika“ an der UdS einzurichten, nachdem hier schon zuvor mehrere Arbeitsgruppen im Bereich Ferroelektrika gut etabliert waren. Dieses Großprojekt sicherte in den ersten Jahren der Zusammenarbeit mit den Leipziger Kollegen eine sehr flexible und großzügige Förderung. Andererseits stieß der Gesamtbereich der Untersuchung ferroelektrischer und anderer struktureller Phasenumwandlungen mit Kernresonanzmethoden auf beiderseitiges Interesse. Als ein wesentliches Resultat dieses Besuches kann hervorgehoben werden, dass verabredet wurde, einen regelmäßigen beiderseitigen Austausch vor allem jüngerer Nachwuchswissenschaftler zu realisieren. Die Aussichten, ein solches Unternehmen erfolgreich gestalten zu können, wurden auf Saarbrücker Seite, auch wegen der immer noch frustrierenden offiziellen deutsch-deutschen Beziehungen, eher als gering eingeschätzt. Tatsächlich war dieser Besuch jedoch der Beginn einer sehr fruchtbaren, dauerhaften und freundschaftlichen Zusammenarbeit.

Im Frühjahr 1983 wurde der Sprecher des Saarbrücker SFBs, Jörn Petersson, zu einem Aufenthalt während der Karwoche von der Sektion Physik der KMU nach Leipzig eingeladen. Damit wurde auch eine Verabredung, die mit Wolfgang Windsch bei seinem 1981 vorangegangenen Besuch in Saarbrücken getroffen wurde, in die Tat umgesetzt. Bei dieser Gelegenheit wurde eine Vielzahl beiderseitig interessierender wissenschaftlicher Fragen besprochen.

Ein besonderes Interesse ergab sich aus neuartigen physikalischen Problemstellungen, die in die beabsichtigte Kooperation eingebracht werden konnten: In der Saarbrücker Arbeitsgruppe war damals im Rahmen einer Dissertation (vgl. dazu auch die Ausführungen weiter unten) gerade nachgewiesen worden [V2, V3], dass die Quadrupoleffekte erster Ordnung in einem NMR-Experiment auch in ferroelektrischen Kristallen, die über den ferroelektrischen Effekt hinaus inkommensurable Phasen aufweisen, in diesen sicher nachgewiesen werden können (s.u.). Wegen der extremen Linienverbreiterungen in diesen Systemen war das bis dahin noch nicht gelungen. Da derartige inkommensurable

Strukturen mit einigen ungewöhnlichen physikalischen Eigenschaften verbunden sind, standen derartige Phasenumwandlungen damals und in den Jahren danach im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses. Aus theoretischer Sicht sollte wegen der Inkommensurabilität nicht nur die Translationsinvarianz des Kristallgitters verloren gehen, sondern auch die Modulationswelle fast frei, d.h. fast ohne Energieaufwand, in der Struktur verschiebbar sein. Damit sollte in der gesamten inkommensurablen Phase eine hierfür typische weiche niederfrequente Anregung existieren, die gewöhnlich als „Phason“ bezeichnet wird. Wesentliche Teile der Kooperation waren auch auf das Ziel gerichtet, das Phason mit den Methoden der NMR nachzuweisen und seine Eigenschaften zu untersuchen. Mit den Quadrupoleffekten erster Ordnung stand damit eine sehr empfindliche und direkte Sonde zur Untersuchung des besonderen statischen und dynamischen Verhaltens derartiger Systeme zur Verfügung, die anderen Verfahren nicht zugänglich war. Es war daher naheliegend, sie als Basis für experimentelle Untersuchungen an verschiedenen Substanzen in die beabsichtigte Kooperation einzubringen. Von dieser Entscheidung hat die gemeinsame Arbeit in den folgenden Jahren in der Tat immer wieder erheblich profitiert. Dies bedeutet natürlich nicht, dass ausschließlich derartige Problemstellungen behandelt wurden. Voraussetzung für entsprechende erfolgreiche experimentelle Untersuchungen waren u.a., dass Kristalle hoher Qualität zur Verfügung stehen, dass die Proben im Magnetfeld präzise orientiert und dass sie homogen auf konstanter Temperatur gehalten werden können.

Auch die eingangs erwähnte Substanz Natriumnitrit, von der die Saarbrücker Arbeiten zunächst ausgingen, durchläuft übrigens, wie damals schon lange bekannt war, von einer paraelektrischen Hochtemperaturphase bei etwa 160° C einen Übergang in eine schmale inkommensurable Zwischenphase von nur etwa 1,5 K Breite und sodann einen Übergang in eine ferroelektrische Tieftemperaturphase. In der inkommensurablen Phase dieser Substanz waren die Quadrupoleffekte erster Ordnung in der Saarbrücker Arbeitsgruppe erstmalig nachgewiesen worden. Während also für die Untersuchung ferroelektrischer Phasenübergänge dielektrische und andere klassische Methoden als Methoden der Wahl zu gelten haben, haben sich für die Untersuchung von inkommensurablen Phasen gerade die Quadrupoleffekte erster Ordnung in einem NMR-Experiment durch die Leipzig-Saarbrücken-Kooperation als besonders aussagekräftig erwiesen. Insoweit war diese spätere Entwicklung schon in der oben genannten ersten Veröffentlichung von Attilio Rigamonti mit angelegt und kann als ein Hinweis auf die späteren Arbeiten angesehen werden.

Der Aufenthalt von Jörn Petersson in Leipzig 1983 wurde auch dazu genutzt, Kontakte zu anderen Arbeitsgruppen aufzunehmen. Insbesondere die Gruppe von Günther Schmidt (Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg) in Halle war seit langem für ihre Beiträge zur Ferroelektrizität bekannt und es bestanden gute Kontakte dorthin. Auch hier hat der Besuch zu einer lang andauernden erfolgreichen wissenschaftlichen Kooperation geführt.

Neben dem wissenschaftlichen Austausch waren die vielen persönlichen Kontakte und der Besuch kultureller Veranstaltungen für den Gast aus dem Westen beeindruckende Erlebnisse, wie etwa eine Aufführung von Bachs Johannes-Passion in der Leipziger Thomaskirche. Nicht zu übersehen war allerdings auch, dass die bedrückende Realität der

deutsch-deutschen zwischenstaatlichen Beziehungen sowohl im dienstlichen wie im persönlichen Bereich oft allzu präsent war.

Mit dem ersten längeren Forschungsaufenthalt von Dieter Michel in Saarbrücken im Sommer 1984 begann dann die konkrete Zusammenarbeit. Im Zentrum standen damals Arbeiten zur antiferroelektrischen Phasenumwandlung in den geschichteten Kristallen der Quadratsäure ($C_4O_4H_2$), welche schon für eine Weile im Zentrum des Interesses der Arbeiten der Saarbrücker Gruppe gestanden hatte. Ein besonderer Grund für das Interesse an dieser Substanz hatte sich aus anderen Veröffentlichungen ergeben, in denen von einem ungewöhnlichen kritischen Verhalten berichtet worden waren, welches für zweidimensionale Systeme typisch ist. Durch verschiedene Messungen mehrerer Saarbrücker Gruppen wurde diese Aussage vollständig widerlegt und auf einen Messfehler zurückgeführt. Stattdessen konnte gezeigt werden, dass das kritische Verhalten dieser Substanz „klassisch“ ist, d.h. mit der bekannten Landau-Theorie der Phasenübergänge übereinstimmt.

Bei dieser Arbeit handelte es sich um eine der letzten Untersuchungen an der Quadratsäure in Saarbrücken, deren Ziel es war, die Wirksamkeit von Kern-Doppelresonanz-Methoden für die Untersuchung dieses Systems nachzuweisen. Dies ist im Prinzip gelungen, jedoch zeigte sich, dass die gefundenen Effekte für eine systematische Untersuchung mit unvertretbar langen Messzeiten verbunden wären. Es wurde daher davon abgesehen, diesen Weg in Zukunft zu beschreiten. Die Ergebnisse dieser Arbeiten führten zu einer gemeinsamen Veröffentlichung beider Gruppen [P3].

Ihre Abfassung wurde in besonderer Weise durch die deutsch-deutschen Verhältnisse geprägt. Zunächst wurde ein Entwurf durch die Saarbrücker Gruppe erstellt, der anschließend zusammen mit Dieter Michel in einer gemeinsamen Abschlussredaktion vervollständigt werden sollte. Zufällig befand sich Dieter Michel im Sommer 1985 zu einem Forschungsaufenthalt in Grenoble. Es lag daher nahe, für seine Rückfahrt ein Treffen auf der französischen Seite der Grenze nahe Saarbrücken zu arrangieren, um allen Problemen, die ein unangemeldeter Aufenthalt in Saarbrücken erzeugt hätte, aus dem Wege zu gehen. So trafen sich die Autoren in dem in Saarbrücken wohlbekannten Café Woll auf dem Spicherer Berg, wo die Veröffentlichung dann abschließend redigiert wurde.

Die Verbindung zwischen den Saarbrücker und Leipziger Kollegen hat in den späten 1980er Jahren sehr davon profitiert, dass im Juli 1987 ein Kooperationsvertrag zwischen der UdS und der KMU Leipzig abgeschlossen wurde. Diese Vereinbarung war unabhängig von den Aktivitäten der Physiker vor allem auf Betreiben des damaligen Präsidenten der UdS, Richard Johannes Meiser, zustande gekommen und stand wohl im Zusammenhang mit dem bevorstehenden Besuch des DDR Staats- und Parteichefs E. Honecker in der Bundesrepublik und dem Saarland. Sie war inhaltlich zunächst vorrangig auf den Bereich der medizinischen Forschung gerichtet und stellte bis zum Ende der deutschen Teilung das einzige derartige Abkommen zwischen zwei Hochschulen in der Bundesrepublik und der DDR dar. Durch den offiziellen Vertrag konnten die gemeinsamen Aktivitäten in der Physik in einen bürokratischen Überbau eingebettet und damit vor unerwünschten Einflüssen geschützt werden. Für die beteiligten Physiker war dem Vernehmen nach lediglich ein Austausch von einer Mannwoche pro Jahr zugelassen, was aus heutiger Sicht sehr wenig

erscheint. In der praktischen Umsetzung konnte diese Einschränkung aber leicht umgangen werden, was die Möglichkeiten wesentlich erweiterte.

Es ist nicht verwunderlich, dass die Ereignisse, die Ende der 1980er Jahre auf der deutsch-deutschen Bühne teilweise dramatisch an Fahrt aufnahmen, auch die noch junge Kooperation mehr oder weniger stark beeinflusst haben. So z.B. im Frühjahr 1987: Wie schon öfter wurde von den Arbeitsgruppen an der Martin-Luther-Universität Halle, die sich mit verschiedenen Fragestellungen zur Ferroelektrizität beschäftigten, eine Frühjahrstagung/-schule veranstaltet, die wie üblich in Finken (Mecklenburg) stattfand. Hierzu erhielt Jörn Petersson eine Einladung zu einem Vortrag und hielt sich zusammen mit zwei weiteren Vortragenden aus dem westlichen Ausland dort etwa eine Woche auf.

Ein zweiter Handlungsstrang ergab sich in diesem Frühjahr (Januar/Februar 1987) aus Ereignissen in Saarbrücken. Dieter Michel hielt sich damals zu seinem zweiten Arbeitsbesuch in Saarbrücken auf. Zufälligerweise fiel dieser Aufenthalt in die Zeit der Vorbereitung des Kooperationsvertrages zwischen der UdS und der KMU Leipzig. Aus diesem Anlass hielt sich eine hochrangige Gruppe der Leipziger Universitätsleitung an der UdS auf. Dieser Aufenthalt wurde verbunden mit einer (kleinen) Ausstellung der Werke von Willi Sitte, einem Künstler, der sich als Präsident des Verbandes Bildender Künstler der DDR und Mitglied des SED-Zentralkomitees besonders großer Unterstützung staatlicher Stellen der DDR erfreute. (Es ist übrigens bezeichnend für die immer noch vorhandenen Friktionen, Vorbehalte und Missverständnisse im deutsch-deutschen Innenverhältnis, dass erst heute, also mehr als 30 Jahre später, in einer Ausstellung unter dem Titel „Utopie und Untergang. Kunst in der DDR“, eine zusammenfassende Würdigung der Kunst in der DDR u.a. auch der von Willi Sitte in Düsseldorf versucht wurde). Dieter Michel und Jörn Petersson stapften also an einem kalten Februarabend über den Campus in Saarbrücken, um an der Eröffnung der Ausstellung im Präsidialamt teilzunehmen. Dabei kamen sie auch mit dem anwesenden Rektor der Karl-Marx-Universität Leipzig, Lothar Rathmann, ins Gespräch, dem sie dabei die beabsichtigten Reisepläne für das Frühjahr erklären konnten. So kam auch zur Sprache, dass nach der Tagung in Finken ein Besuch von Jörn Petersson in Leipzig vorgesehen war. Dabei stellte sich heraus, dass gerade in diesem Zeitintervall die Ehrenpromotion des Physikers Carl Friedrich von Weizsäcker an der KMU in Leipzig vorgesehen war, was den beiden eine überraschende Einladung zu dieser Veranstaltung eintrug.

Die Teilnahme daran war sehr beeindruckend: Es war einerseits höchst real, dass einem bedeutenden und weltweit hoch geschätzten Wissenschaftler aus der Bundesrepublik die Ehrendoktorwürde der Universität verliehen wurde, an der er einst studiert und 1933 promoviert hatte. Die bei dieser Gelegenheit vorgetragenen Reden und Einschätzungen hielten sich an die üblichen akademischen Gepflogenheiten, was den Eindruck der Realität festigte. Insbesondere die Rede des Dekans der Fakultät, des Leipziger NMR-Pioniers Harry Pfeifer, war von selten eindrucklicher Ausgewogenheit. Andererseits lag über der Veranstaltung, nicht nur für den Gast aus dem Westen erkennbar, auch ein hohes Maß an Irrealität: Natürlich war allen Anwesenden bekannt, dass der Geehrte Bruder des hochangesehenen amtierenden Bundespräsidenten war, also des höchsten Repräsentanten jenes Staates, der von der DDR erklärtermaßen als Hauptgegner und „Klassenfeind“ betrachtet wurde.

4. Kontinuität in der Zeit des Umbruches (1989 bis 2005)

Dass die Maueröffnung am 9. November 1989 und die nachfolgenden politischen Umwälzungen im Osten Deutschlands auch einen Wendepunkt für die Leipzig-Saarbrücken-Kooperation darstellte, liegt auf der Hand. Die Verhältnisse änderten sich von nun an grundlegend, alle bürokratischen Hemmnisse und politischen Hürden fielen in kürzester Zeit ersatzlos weg. Gleichwohl ergaben sich nun andere Schwierigkeiten da nun unter völlig neuen Randbedingungen die finanziellen Mittel für die Kooperation über geeignete Anträge beschafft werden mussten, wobei sich Zuständigkeiten und Verfahren rasch änderten. Dies musste nicht nur von den Leipziger Kollegen teilweise erst erlernt werden, sondern erforderte von allen Seiten Anpassung und Flexibilität. Verschärft wurde die Lage für die Kooperation zunächst dadurch, dass die Förderung des Saarbrücker SFBs durch die DFG Ende 1989 eingestellt wurde. Auf der anderen Seite ergaben sich jedoch neue Chancen, nachdem die DFG Anfang der 1990er Jahre ein Schwerpunktprogramm „pseudosymmetrische Kristalle“ aufgelegt hatte, in das die gemeinsamen Aktivitäten zu inkommensurablen Phasen gut hineinpassten und dann auch über einige Jahre großzügig gefördert wurden. Insgesamt gewann die Kooperation spürbar an Dynamik und blühte auf – die bisher verfolgten wissenschaftlichen Ziele waren also unverändert tragfähig und blieben weiterhin im Zentrum des gemeinsamen Interesses. Für die Mitarbeiter, die aus den Mitteln des DFG-Schwerpunktprogramms finanziert wurden, ergab sich ausserdem ein Vorteil aus der mehrjährigen Laufzeit ihrer Planstellen, was vor allem von den Leipziger Kollegen mit Blick auf die Ungewissheiten Anfang der 1990er Jahre als sehr beruhigend angesehen wurde.

Ein weiterer thematischer Schwerpunkt des Jahres 1989 lag noch vor diesem Ereignis und ging nicht von der Politik, sondern von der DFG aus. Sie hatte dem o.g. SFB nach 15 Jahren ununterbrochener Förderung die Aufgabe gestellt, die für 1989 geplante internationale Konferenz über Ferroelektrika (International Meeting on Ferroelectriy, IMF 7), die seit 1966 in vierjährigem Abstand regelmäßig abgehalten wird, in Saarbrücken auszurichten. Sie fand vom 27. 8. bis zum 1. 9. 1989 im Saarbrücker Kongreßzentrum statt. Besonders wichtig war sie für Kooperationen mit mittel- und osteuropäischen Wissenschaftlern, insbesondere aus der DDR, da sie eine sehr großzügige finanzielle Unterstützung durch die Bundesregierung bieten konnte. Von der Tagungsleitung konnten daher mehrere Wissenschaftler aus der DDR eingeladen werden – mit dem voraussehbaren Ergebnis, dass mehrere der Eingeladenen mit durchsichtigen Argumenten oder ganz ohne Begründung absagten und nur wenige eine Zusage gaben. Diese Erfahrung zeigt, dass bis zum Zeitpunkt der Tagung, also nur etwa 10 Wochen vor der Maueröffnung, die Mechanismen der Ausreisekontrolle und der Reglementierung wissenschaftlicher Kontakte auf Seiten der DDR Bürokratie noch vollkommen intakt und in üblicher Weise arbeitsfähig waren. Umso mehr erstaunt daher aus heutiger Sicht der vollständige Zusammenbruch dieser Bürokratie binnen weniger Tage nach dem 9. November.

Im weiteren Verlauf dieses ereignisreichen Jahres spielte die Maueröffnung zufälligerweise noch einmal, diesmal unmittelbar und höchst emotional, in die Leipzig-Saarbrücken-Kooperation hinein. Vom 6. bis 10. 11. 1989 wurde von den Leipziger Physikern wie bereits in den Jahren zuvor eine Konferenz zum Thema Hochfrequenzspektroskopie (Magnetic Resonance Conference, MaReCo) in Friedrichroda (Thüringen) abgehalten, zu der auch Jörn

Petersson als Redner eingeladen war. Diese Konferenz stand damit in einer Reihe mit vielen anderen Veranstaltungen, wie z.B. MECO (Middle European Cooperation), die über die Jahrzehnte der Existenz des eisernen Vorhangs die Verbindungen zwischen Wissenschaftlern hüben und drüben aufrechterhalten haben. Die Anfahrt dorthin fand am 5. 11. 1989 zu Beginn der Tagung wie gewohnt über den Grenzübergang Herleshausen mit den üblichen aufwendigen Kontrollprozeduren statt. Die Tagung selbst wurde natürlich durch die in Mitteldeutschland seit Wochen ablaufenden Demonstrationen und die eingehenden Nachrichten erheblich beeinflusst. Der eine oder andere Tagungsteilnehmer hatte sich bereits selbst an einer solchen Demonstration beteiligt. Auch setzten sich die meisten ohne Rücksicht auf das geplante wissenschaftliche Programm vielstimmig mit der neuen Lage auseinander. In vielen Gesprächen wurde deutlich, wie weit die interne Diskussion in der DDR schon gediehen war. So wurde plötzlich die sehr hypothetische Frage diskutiert, wie die Bundesrepublik reagieren würde, wenn das Bundesland Sachsen, das damals noch nicht existierte, im Sinne des Grundgesetzes einen Antrag auf Beitritt zur Bundesrepublik stellen würde. Selten ist wohl eine Tagung mit naturwissenschaftlich-technischem Inhalt durch die Teilnehmer so überzeugend zweckentfremdet worden.

Am Wochenende nach der Tagung nutzten Dieter Michel, Jörn Petersson und der französische Kollege André Briguet die Zeit für gemeinsame Ausflüge nach Leipzig und Umgebung (u.a. nach Meißen). An der Demonstration am folgenden Montag, dem 13. 11. 1989, in Leipzig konnte Jörn Petersson wegen Lehrverpflichtungen in Saarbrücken jedoch nicht mehr teilnehmen. Die Rückfahrt, wieder über den Grenzübergang Herleshausen, verlief diesmal jedoch im Gegensatz zur Einreise etwa eine Woche zuvor ohne ernstzunehmende Kontrolle.

5. Wissenschaftliche Entwicklungen und Ergebnisse im Überblick

Bei dem Besuch von Jörn Petersson in Leipzig 1983 wurde verabredet, die Untersuchung von IC-Phasen mit NMR-Methoden in den Mittelpunkt der Kooperation zu stellen. Es wird daher im Folgenden darum gehen, diesen Bereich der gemeinsamen Arbeit als *pars pro toto* etwas näher zu beleuchten. Damit treten andere Themen (z.B. glasbildende Systeme) und weitere NMR-Methoden (z.B. MAS), die in der Kooperation ebenfalls zeitweise eine große Rolle gespielt haben, an dieser Stelle zwangsläufig in den Hintergrund. Jedoch würde es den Umfang der vorliegenden Darstellung deutlich übersteigen, wenn versucht werden sollte, jede einzelne Verästelung der wissenschaftlichen Arbeiten im Detail zu verfolgen. Dies wäre letztlich auch überflüssig, da die Ergebnisse sehr oft in hochklassigen internationalen Zeitschriften veröffentlicht worden sind, deren Lektüre auch heute noch lohnend ist. Es soll hier also eher um die großen Entwicklungslinien gehen. Die folgende Darstellung enthält dazu am Ende jeweils eine Liste dieser Veröffentlichungen sowie der Dissertationen und Diplomarbeiten, die im Zusammenhang mit der Kooperation an der UL und/oder der UdS entstanden sind. Einen überzeugenden Eindruck von dem regen Austausch zwischen den beiden Arbeitsgruppen durch eine entsprechende tabellarische Zusammenstellung der beteiligten Personen. Es versteht sich von selbst, dass die Ergebnisse auf nationaler und internationaler Ebene auf Tagungen und Symposien präsentiert wurden.

Einen sinnvollen Einstieg erhält man, wenn man sich den Stand der Forschung an inkommensurablen Strukturen mit NMR-Methoden zu Beginn der 1980er Jahre vergegenwärtigt. Wie oben gesagt, lagen in der Saarbrücker Arbeitsgruppe seit Anbeginn mit ^{23}Na -NMR($I=3/2$) an NaNO_2 erarbeitete Resultate vor. In dieser Substanz tritt eine schmale inkommensurable Zwischenphase auf. An den einkristallinen Proben, die erstmals in sehr guter Qualität aus wässriger Lösung gezogen wurden, konnten in der normalen Hochtemperaturphase und in der kommensurablen Tieftemperaturphase die durch Quadrupolwechselwirkung erster Ordnung aufgespaltenen diskreten Satellitenlinien detektiert werden. Darüber hinaus liessen sich sogar in der IC-Phase die für diese typischen Frequenzverteilungen beobachten, die eine markante Häufung der Intensität an den Rändern der Verteilung aufweisen („Ecksingularitäten“). Diese Verteilungen können in dieser Substanz überraschend weit in die angrenzende kommensurable Phase verfolgt werden. Man kann dies als einen wichtigen experimentellen Durchbruch und gleichzeitig als erste Vorarbeit innerhalb der Leipzig-Saarbrücken-Kooperation zum Thema NMR an inkommensurablen Phasen einordnen [V1].

Anfang der 1980er Jahre gab es eine Reihe weiterer Vorstöße zur Untersuchung von IC-Phasen mit NMR, die vor allem von der Arbeitsgruppe um Robert Blinc ausgingen. Hier standen Kristalle vom Typ A_2BX_4 im Mittelpunkt des Interesses, vor allem Rb_2ZnCl_4 (RZC) und Rb_2ZnBr_4 (RZB). In beiden Fällen wurde der ^{87}Rb -Kern wegen seiner guten NMR-Eigenschaften als lokale Sonde verwendet. Bemerkenswert in dem hier interessierenden Zusammenhang war, dass in diesen Experimenten die Quadrupoleffekte erster Ordnung in der normalen Hochtemperaturphase mehr oder weniger deutlich detektierbar waren, jedoch beim Übergang in die IC-Phase sofort, d.h. nur wenige zehntel Grad unterhalb der Phasenumwandlung, scheinbar verschwanden. Daher wurden in der Literatur in diesen Systemen ausschließlich Messungen an der Zentrallinie beschrieben, d.h. Quadrupoleffekte zweiter Ordnung, was eine Reihe erheblicher Nachteile hat. Der gravierendste ist wohl, dass die Messgröße, d.h. die NMR-Frequenz, durch eine quadratische Form von mehreren Komponenten des Tensors des elektrischen Feldgradienten bestimmt ist, wodurch eine hinreichend präzise Verbindung zur Struktur der IC-Phase nur schwer und indirekt hergestellt werden kann.

So war der Stand auch bei der fünften internationalen Konferenz über Ferroelektrika (IMF 5) die 1981 an der Pennsylvania State University (USA) abgehalten wurde. Hier war Robert Blinc wieder einmal zu einem Übersichtsvortrag zum Thema eingeladen worden. Im Hinblick auf die eigenen Erfahrungen an NaNO_2 fühlte sich Jörn Petersson ermutigt, in der anschließenden Diskussion zu fragen, warum in den untersuchten Systemen die Quadrupoleffekte erster Ordnung nicht erfolgreich untersucht werden konnten. Erstaunlicherweise fühlte sich der Vortragende durch diese naheliegende Frage so provoziert, dass die akademischen Umgangsformen in der Diskussion nicht mehr eingehalten werden konnten. Der Fragesteller war dagegen durch dieses Verhalten um so mehr von der Relevanz seiner Frage überzeugt und reiste nach der Tagung mit dem festen Vorsatz nach Saarbrücken zurück, diese Problematik dort aufzugreifen und zu bearbeiten. In der Tat konnte Ernst Schneider [V2, V3] in seiner grundlegenden Dissertation zeigen, dass die in erster Ordnung quadrupolgestörten ^{87}Rb -NMR-Linien in der IC-Phase von RZC sicher detektiert werden können. Damit war der Grundstein für die gute Entwicklung gelegt, die die Kooperation später genommen hat.

Für die erfolgreiche Detektierung der Satellitenlinien, die durch Quadrupolstörung erster Ordnung definiert sind, waren jedoch einige experimentelle Voraussetzungen zu beachten, deren Nichteinhaltung bei früheren Versuchen wohl immer wieder verhindert hat, dass die Spektren detektiert werden konnten. Als Konsequenz aus diesen nicht immer einfachen Erfahrungen können die folgenden Bedingungen für die Detektierbarkeit von durch Quadrupolstörung erster Ordnung erzeugten Satellitenspektren in der IC-Phase von RZC und mutatis mutandis in IC-Phasen allgemein formuliert werden:

- Es müssen möglichst große, defektfreie und einkristalline Proben in den NMR-Messungen verwendet werden.
- Wegen der i.allg. starken Temperaturabhängigkeiten der Spektren und ihren oft sehr großen Breiten (mit kümmerlichen NMR-Signalstärken, ausser an den Singularitäten der Verteilung) muss sichergestellt werden, dass die Temperaturschwankungen über die Messzeit und die Temperaturvariationen über das Probenvolumen möglichst klein gehalten werden.
- Trotz der bekanntlich sehr beengten Verhältnisse im Probenraum müssen die Proben im Magnetfeld präzise orientiert werden können.

Es lag nun nahe, gleichartige Messungen an dem zu RZC isomorphen RZB durchzuführen - eine nach den vorangehenden Erfolgen an RZC scheinbar einfache Aufgabe. Erstaunlicherweise war es in diesem Fall jedoch zunächst unmöglich, die ^{87}Rb -NMR-Satellitenlinien überhaupt zu detektieren. Trotz vieler und teilweise langwieriger Versuche gelang es nicht, den Sachverhalt aufzuklären. Erst ein Hinweis aus der Chemie führte auf die richtige Spur: Die wie bei RZC aus wässriger Lösung hergestellten RZB-Einkristalle waren in Wirklichkeit mit Chlor verunreinigt, stellten also letztlich Mischkristalle dar. Da aus der Literatur bekannt ist, dass Satellitenlinien grundsätzlich sehr empfindlich auf Defekte reagieren, war diese Möglichkeit schon zu Beginn der Ursachensuche diskutiert worden. Da zur Herstellung der Kristalle Ausgangssubstanzen des höchsten Reinheitsgrades „suprapur“ des Herstellers Merck (heute ein DAX-Unternehmen) verwendet wurden, verwarf man zunächst diese Erklärung. Zur Rede gestellt, ließ sich ein Mitarbeiter der Firma in breitem Schwäbisch zu der Aussage hinreißen: „Das kann nicht sein! Das wäre so, als würden Sie einen Mercedes kaufen und das Werk hätte vergessen einen Reifen zu montieren.“ Nach einer eigenen genaueren Analyse schloss sich die Firma jedoch unseren Ergebnissen an und leistete vollumfänglichen Ersatz für die keinesfalls billigen Ausgangssubstanzen.

Damit war der Weg frei für das ursprünglich vorgesehene Arbeitsprogramm an RZB. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen hat Robert Walisch in seiner beeindruckenden Diplomarbeit [V4] aufgeschrieben. Zwei wesentliche Ergebnisse seiner Arbeit sind hervorzuheben: Es wurden einerseits die Temperatur- und Orientierungsabhängigkeiten der ^{87}Rb -NMR-Satellitenspektren in der normalen, inkommensurablen und kommensurablen Phase von RZB erstmals mit sehr guter Genauigkeit gemessen. Diese experimentellen Resultate übertrafen bei weitem diejenigen, die bis dahin an RZC erarbeitet worden waren. Andererseits wurde ein Ansatz entwickelt, der erlaubt, die NMR-Resultate zu der inkommensurablen Modulation in Beziehung zu setzen. Dabei wurde von naheliegenden Symmetrieeigenschaften der inkommensurablen Phase Gebrauch gemacht. Insbesondere konnte gezeigt werden, dass die bisherigen Ergebnisse, die ausschließlich auf

Quadrupoleffekten zweiter Ordnung beruhen, in sich widersprüchlich sind und auch im Widerspruch zu den wesentlich genauer messbaren Quadrupoleffekten erster Ordnung stehen. Auch experimentell wurde so deutlich dass, Quadrupoleffekte zweiter Ordnung für die Bestimmung von Eigenschaften der IC-Phasen nur sehr eingeschränkt nutzbar sind.

Etwa gegen Mitte der 1980er Jahre wurden diese Arbeiten durch einen weiteren glücklichen Zufall erheblich vorangebracht. Juan Manuel Perez-Mato von der Universität Bilbao trat an uns mit der Bitte heran, einen Forschungsaufenthalt in der Saarbrücker Arbeitsgruppe verbringen zu können. Wir waren sehr froh darüber, einen ausgewiesenen Experten auf dem Gebiet der Symmetrie von inkommensurablen Phasen in unsere Untersuchungen einbinden zu können. Er brachte nicht nur seine breiten und fundierten Kenntnisse zur Röntgenstrukturanalyse von IC-Phasen in die Arbeiten der Saarbrücker Gruppe ein, sondern auch das geeignete mathematische Rüstzeug zur theoretischen Beschreibung dieser speziellen Kristallstrukturen. Als Folge wurde der Superraumgruppenformalismus erstmals auf den elektrischen Feldgradienten übertragen [V6] und nachgewiesen, dass die von Robert Walisch vorgelegten Daten [V4] im Rahmen dieses Formalismus beschrieben werden können [V7]. Schließlich wurde auch die Temperaturabhängigkeit der in RZB beobachteten Quadrupoleffekte erster Ordnung aufgegriffen und in Beziehung zu dem kritischen Verhalten des Ordnungsparameters in der IC-Phase gesetzt [V8]. Dieses erweist sich als nicht klassisch und bestätigte die kritischen Exponenten für das 3d-XY-Modell, das aus Sicht der theoretischen Physik das Verhalten eines dreidimensionalen Systems mit einem zweidimensionalen Ordnungsparameter am Phasenübergang beschreiben soll.

In seiner profunden Dissertation [V9] hat Robert Walisch eine zusammenfassende Darstellung der von ihm mit ^{87}Rb -NMR untersuchten kommensurablen und inkommensurablen Phasen in RZB und RZC gegeben. Man kann seine Arbeiten [V4, V6-V9] als grundlegend für die Arbeiten an IC-Phasen ansehen, die in den folgenden Jahren im Rahmen der Leipzig-Saarbrücken-Kooperation geleistet wurden.

Parallel zu den geschilderten Arbeiten an RZB und RZC gab es schon bald Bemühungen in der Saarbrücker Gruppe, weitere Kristalle aus der Gruppe der A_2BX_4 -Verbindungen einzubeziehen. So wurde frühzeitig (1984) die Substanz Ammoniumzinkchlorid (AZC) als interessant [D1] ausgemacht. Nachdem einiges Lehrgeld bei der Züchtung von Einkristallen bezahlt worden war [D1,D2], lagen Proben mit hinreichend guter Qualität für NMR-Messungen vor. Das Interesse an dieser Substanz resultierte aus dem Umstand, dass sie eine im Vergleich zu RZB und RZC leicht geänderte Phasenfolge durchläuft. Als NMR-Sonde wurden wieder Quadrupoleffekte erster Ordnung eingesetzt, diesmal in den Spektren des ^{14}N -Kernes. Die Ergebnisse [D1-D3, P8] wurden unter tatkräftiger Mitarbeit von Dieter Michel, der sich in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre zu Forschungsarbeiten in Saarbrücken aufhielt, erarbeitet. Sie entsprachen ziemlich genau den zuvor gefundenen Resultaten an RZB und RZC.

Nachdem durch die Dissertation von Robert Walisch ein Abschluss der Arbeiten zu NMR-Spektren und -Linienverteilungen von ^{87}Rb -NMR in RZB und RZC erreicht wurde, entwickelten sich die Arbeiten an dieser Substanzgruppe in Richtung der charakteristischen Dynamik von IC-Phasen, die mit Hilfe der NMR-Spin-Gitter-Relaxationszeit T_1 untersucht

werden kann [D4-D7]. Auch hier leisten die Quadrupoleffekte erster Ordnung einen bemerkenswerten Beitrag.

Man kann die hierbei gewonnenen Erfahrungen und wesentlichen physikalischen Aussagen wie folgt qualitativ zusammenfassen:

- In der Hochtemperaturphase können derartige Messungen vergleichsweise einfach realisiert werden, da es gewöhnlich nur ein diskretes Satellitenlinienpaar pro Gitterposition gibt, das daher i.d.R. eine gute NMR-Signalstärke aufweist. Solange die charakteristische Frequenz der Ordnungsparameterfluktuationen gross gegen die Larmorfrequenz des NMR-Experimentes ist, zeigt T_1 eine frequenzunabhängige kritische Temperaturabhängigkeit, bei der T_1 bei Annäherung an die Phasenumwandlung deutlich abfällt. Durch die Verlangsamung dieser Fluktuationen wird der Relaxationsprozess also effektiver, die Relaxationsrate $1/T_1$ steigt. Der experimentell ermittelte kritische Exponent stimmt wieder gut mit den Voraussagen des 3d-XY-Modells überein. Bei RZB und RZC beobachtet man in einem Temperaturintervall von etwa 1 K Breite oberhalb der Umwandlung in die IC-Phase sogar einen Übergang in den Fall langsamer Bewegungen (d.h. Fluktuationen in der Grössenordnung der NMR-Frequenzen von einigen MHz), so dass T_1 nicht mehr temperaturabhängig, aber frequenzabhängig wird. Auch dieses Verhalten kann mit dem kritischen Verhalten verbunden werden.
- Beim Übergang in die IC-Phase entstehen in geeignet ausgewählten Kristallorientierungen Spektren, die als typische Eigenschaften Ecksingularitäten an den Rändern der Verteilung aufweisen. Aus der Temperaturabhängigkeit der Breite dieser Verteilung kann auf die kritischen Exponenten β und β^* geschlossen werden (s.o). Auch hier stimmen die experimentellen Ergebnisse mit dem 3d-XY-Modell überein.
- Nur in wenigen geeigneten Orientierungen der Proben lässt sich eine Entmischung der Beiträge von longitudinalen und transversalen Fluktuationen des Ordnungsparameters zur Relaxationsrate („Amplitudon“-Relaxation, $1/T_{1A}$, bzw. „Phason“-Relaxation $1/T_{1\Phi}$) erreichen, so dass die Relaxation der Ecksingularitäten von jeweils nur einem dieser Beiträge bestimmt wird. Diese konnte später auch experimentell anhand der Variation der Relaxationsrate über der Frequenzverteilung nachgewiesen werden [P13]. Eine solche Kristallorientierung vorausgesetzt, beobachtet man in der IC-Phase in einer der beiden Ecksingularitäten ein in dem Sinne „übliches“ Verhalten, dass $1/T_{1A}$ von einer Mode bestimmt wird, deren Frequenz bei Temperaturabsenkung in der geordneten IC-Phase wieder ansteigt, wodurch der Relaxationsprozess weniger effektiv wird. Dieses Verhalten des „Amplitudons“ entspricht dem einer herkömmlichen weichen Mode bei einem strukturellen Phasenübergang in der geordneten Phase. Dagegen bleibt an den Ecksingularitäten die Relaxationsrate $1/T_{1\Phi}$ fast in der gesamten IC-Phase nahezu temperaturunabhängig und nimmt bei Annäherung an die Umwandlung in die folgende kommensurable Tieftemperaturphase sogar noch weiter ab. Dies ist letztlich der Nachweis dafür, dass a) in Folge der Inkommensurabilität des Kristalls eine weiche Anregung, das gesuchte „Phason“, in der gesamten IC-Phase existiert und b) dass sie tatsächlich

den bestimmenden Beitrag zur NMR-Gitter-Relaxation liefert. Auch konnte bestätigt werden, dass die Phasodynamik der Dynamik der weichen Mode beim Übergang zwischen der normalen und der inkommensurablen Phase entspricht. Insbesondere konnte die sogenannte Phasonlücke, also die niedrigste Frequenz der „Phasonen“, für RZC mit kleiner als 0,4 MHz [P26] realistisch abgeschätzt werden.

- Die Breite der Spektren nimmt beim Durchlaufen der IC-Phase i. allg. erheblich zu. Damit ist gewöhnlich eine entsprechende Abnahme der NMR-Signalstärke verbunden, wodurch die NMR-Signalintensitäten bei absinkender Temperatur in der IC-Phase deutlich abnehmen, was Messungen teilweise erheblich erschwert. Trotz dieser Schwierigkeiten wurde versucht, im Bereich der Umwandlung von der IC-Phase in die benachbarte kommensurable Tieftemperaturphase, wo es nur ein diskretes zu der Struktur dieser Phase korrespondierendes Linienspektrum gibt, Vorordnungseffekte in der IC-Phase zu finden, also solche Effekte, die in der IC-Phase das Verhalten der kommensurablen Phase antizipieren (sog. „Solitoneneffekte“, die als Herausbildung von abwechselnd kommensurabel und inkommensurabel geordneten Bereichen beschrieben werden können). Die für RZC erzielten Messergebnisse sind daher mit einigen Unsicherheiten behaftet, lassen aber doch zuverlässige und interessante Rückschlüsse auf das Verhalten in diesem Bereich der IC-Phase zu [P18-P20, P25, P26].

Eine detaillierte Analyse zur Statik und Dynamik von Kristallen vom RZB-Typ muss hier unterbleiben, findet sich aber in den Veröffentlichungen [V4, V6-V9, P8, P10, P13, P14, P17-P20, P23, P25, P26].

In dem bis 1989 geförderten Saarbrücker Sonderforschungsbereich gab es ein Projekt, das sich der Suche nach neuen Ferroelektrika verschrieben hatte. Dabei zeigte sich, dass in Betainverbindungen interessante Systeme existieren, die in der Literatur bisher nicht näher untersucht wurden. Die interessanteste Substanz ist Betaincalciumchlorid-Dihydrat (BCCD), eine komplexe Verbindung aus einer Aminosäure, einem Chlorsalz und Kristallwassermolekülen. Sie durchläuft, ausgehend von einer normalen Hochtemperaturphase ungewöhnlich viele inkommensurable und kommensurable Phasen bis zu einer kommensurablen Tieftemperaturphase. Da die Umwandlungstemperaturen in einem gut zugänglichen Bereich liegen und Proben guter Qualität leicht herstellbar sind, zog BCCD sofort das Interesse vieler international operierender Arbeitsgruppen auf sich. Da diese Substanz mit ^{35}Cl einen guten Quadrupolkern ($I=3/2$) enthält, lag es nahe, zu prüfen, ob NMR-Methoden einen aussichtsreichen Beitrag zum Verständnis leisten können. In der Tat konnte Stefan Kluthe erste Ergebnisse vorlegen und in seiner Diplom-Arbeit [D8] zeigen, dass eine eingehendere Untersuchung erfolgversprechend wäre. In der Folge konnten Uwe Häcker [D10] und Klaus-Peter Holzer [D12] in ihren parallel in Leipzig und Saarbrücken ablaufenden Dissertationen nachweisen, dass hier eine wissenschaftliche Goldader angebohrt worden war.

Die Ergebnisse wurden parallel zu den Arbeitsfortschritten veröffentlicht [P9-P11, P15, P16, P18]. Im Hinblick auf die Vielzahl der vorgelegten interessanten Resultate sollen hier keine Einzelheiten ausgebreitet werden. Ein wichtiger Aspekt sollte jedoch in der Zusammenschau der untersuchten inkommensurablen Phasen hervorgehoben werden: An

den Kristallen RZB, RZC, AZC und BCCD wurden jeweils kritische Phänomene im Zusammenhang mit den auftretenden IC-Phasen mit NMR- Methoden untersucht, aus denen die jeweiligen kritischen Exponenten bestimmt werden konnten. Dabei ergab sich in allen Fällen im Rahmen der Messgenauigkeit vollständige Übereinstimmung mit den Voraussagen des zuständigen 3d-XY-Modells. Dieses allgemeine Resultat ist ein bemerkenswerter experimenteller Beleg für die Gültigkeit der allgemeinen Theorie der kritischen Phänomene. Aufgrund der gravierenden chemischen und strukturellen Unterschiede zwischen der Gruppe der Kristalle RZB, RZC, AZC einerseits und BCCD andererseits kann praktisch ausgeschlossen werden, dass die Übereinstimmung im kritischen Verhalten aller dieser Substanzen nur in einer strukturellen Ähnlichkeit zu suchen wäre. Darüber hinaus belegen diese Messungen eine typische Eigenschaft dieser Systeme, dass nämlich die genannten Potenzgesetze überraschenderweise über weite Temperaturbereiche gültig sind, d.h. also fast die ganze IC-Phase als „kritisch“ angesehen werden kann.

6. Anekdoten (von Uwe Häcker)

Per Aspera ad Astra - Chancen und Risiken der wissenschaftlichen Karriere (1991)

Mit dem Thema meiner Doktorarbeit hatte ich in mehrfacher Hinsicht Glück: eine hochinteressante Substanz, an der bis dahin noch nicht viele Messungen publiziert waren, mit Dieter Michel ein engagierter und fachlich ausgezeichnete Betreuer, und dazu die Möglichkeit, das Thema in einem DFG-Kooperationsprojekt gemeinsam mit der erfahrenen Arbeitsgruppe um Jörn Petersson in Saarbrücken bearbeiten zu können. Im Saarbrücker Labor waren bereits seit langer Zeit spezielle Ausrüstungen für die NMR-Messungen an Einkristallen im Einsatz, und für die Reisen von Ost nach West standen in der Zeit kurz nach der Deutschen Einheit dankenswerterweise auch ausreichende Mittel zur Verfügung. Im Jahr 1991 war es dann soweit: Die erste mehrwöchige Reise nach Saarbrücken für ausgedehnte Messungen stand vor der Tür. Natürlich wurden im Vorfeld alle Informationsquellen ausgeschöpft, die Auskunft über die Kollegen, die Uni, Labors und Gepflogenheiten im Saarland geben konnten - Google gab es damals leider noch nicht. Besonderen Eindruck machten dabei die Schilderungen des älteren Doktoranden Thomas Erge: Die gravierendsten Risiken der bevorstehenden Messungen lagen demnach nicht etwa bei den hohen Magnetfeldern, dem flüssigen Stickstoff oder den Cyanid-Kristallen im NMR-Labor, sondern auf dem morgendlichen und abendlichen Weg vom Gästehaus ins Institut. Das Gästehaus der Universität liegt - wie die Adresse "Im Fuchstälchen" schon ahnen lässt - mitten im Wald, von hier führt ein ca. 1,5 km langer Fußweg zum Universitätscampus. Mit besorgter Miene wurde ich gewarnt, dass der einsame Wanderer hier bei Morgengrauen und Dämmerung mit wehrhaften Wildschweinrotten rechnen muss, die auch auf junge Wissenschaftler wenig Rücksicht nehmen. Die düsteren Vorahnungen sollten sich jedoch nicht bestätigen, die Wildschweine im Saarbrücker Stadtwald hatten zum Glück andere Pläne. Nach einigen Tagen ohne jeden Kontakt mit angriffslustigen Paarhufern verschwanden schließlich die Besorgnisse ganz, und der morgendliche Weg durch den friedlichen Wald wurde zu einer unbeschwerten, erfrischenden Wanderung.

Ora et Labora - Naturwissenschaftler in Klausur (1992-95)

Das gemeinsame Forschungsprojekt wurde von der DFG finanziert, die es für zweckmäßig hielt, die verschiedenen Arbeiten über Quasikristalle (metallische Legierungen) und inkommensurabel modulierte Festkörper (Dielektrika) in einem gemeinsamen Schwerpunktprogramm "Peudodynamische Kristalle" zusammenzufassen. Die jährlichen Berichte der beteiligten Projektgruppen wurden jeweils in mehrtägigen Kolloquien vorgestellt, die in diesem Fall in den Tagungsräumen des Bonifatiusklosters in Hünfeld stattfanden. Die aufmerksamen Brüder vom Orden der Oblaten der Unbefleckten Jungfrau Maria organisierten die Tagungen stets freundlich, zuverlässig und zu einem für öffentliche Kassen erschwinglichen Preis.

Vielfach wurden hier die Projektberichte von den beteiligten Doktoranden präsentiert, die dadurch Gelegenheit hatten, sich in der Praxis wissenschaftlicher Vorträge zu üben. So haben auch Klaus-Peter Holzer und ich gern diese Aufgabe für unsere Ergebnisse übernommen. Dazu gehörte allerdings auch, bei der Vorbereitung der Vorträge das Material auszuwählen und den Umfang der Folien auf die begrenzte Redezeit abzustimmen. (Zur Erläuterung für jüngere Leser: In den 1990er Jahren verstand man unter "Slides" noch keine Powerpoint-Seiten, sondern bedruckte Folien aus Kunststoff, die man auf den Projektor legte.) Als mir diese Auswahl in einem Fall nicht recht gelungen war und die Sprechzeit merklich überschritten wurde, musste der Sitzungsleiter nach zweimaligem Räuspern schließlich intervenieren und brach den Vortrag vor der letzten Folie ab. Das war natürlich eine kleine Blamage für den Referenten. In der anschließenden Diskussionsrunde konnte die Scharte jedoch ausgewetzt werden, als eine Frage nach künftigen Messungen gestellt wurde. Erleichtert über diese unerwartete Hilfe, folgte sogleich die Antwort: "This question gives me the opportunity to show you the last slide..."

Neben dem obligatorischen Tätigkeitsnachweis der geförderten Wissenschaftler in Anwesenheit der Gutachter war es auch ein Ziel dieser Kolloquien, den Austausch zwischen den verschiedenen Arbeitsgruppen zu fördern. Angesichts der sehr heterogenen Substanzen, verschiedenartigen Theorien und Messverfahren ist dies vielleicht nicht immer ganz erreicht worden. In einem Falle gelang dies aber doch: Während des Berichtes von Quasikristallen vorstellen wollte, fiel plötzlich der Projektor aus. Das technische Problem ließ sich nicht gleich beheben - was tun? Kurz entschlossen trat der Referent an die Tafel und erläuterte das verwendete Messverfahren mit einigen Kreideskizzen. Die meisten Zuhörer haben auf diese Weise seine Messungen sicher viel besser verstanden und im Gedächtnis behalten, als wenn er nur die üblichen vorbereiteten Folien präsentiert hätte. Wer diesen Vortrag miterlebt hat, ist wohl auch von den heutigen Verheißungen der digitalen Technik im Schulunterricht nicht restlos zu überzeugen.

Mens Sana in Corpore Sano - Medizin aus dem Laborschrank (1991-95)

Als Gast in der Saarbrücker NMR-Gruppe merkte ich bald, dass es neben der akademischen Freiheit auch feste Prinzipien gab, auf deren Einhaltung streng geachtet wurde. Dazu gehörte die eiserne Regel "Um halber enns werd gess", die den gemeinsamen Besuch des akademischen Mittagstisches unerbittlich auf 12:30 Uhr festlegte. Auch das jeweilige Messprogramm ließ keine Abweichung von dieser Regel zu und musste gegebenenfalls

angepasst werden. Pünktlich setzte sich die Gruppe von Labor aus in gelockerter Marschformation in Bewegung, erklimmte die endlosen Treppen zum Mensa-Gebäude und reihte sich hier geduldig in die Schlange vor der Essensausgabe ein. Hier warteten jedoch nur selten die Glanzpunkte der saarländischen Küche wie "Dibbelabbes", "Schwenker" oder "Hoorische" auf den Gast. Stattdessen musste man zumeist mit einer Auswahl von Dauerbrennern der Großküchengastronomie wie Fleischkäse mit Pommes, Linsensuppe oder Spaghetti mit Tomatensoße vorliebnehmen. Vegetarische Alternativen wie Grünkernbratlinge, die ich dort zu ersten Mal in meinem Leben sah, konnten mich hier nicht von den Vorzügen fleischloser Ernährung überzeugen. Eine unbekannte hochviskose Substanz mit süßlichem Geschmack, fröhlich eingefärbt und angenehm aromatisiert, bildete als Dessert meist den Abschluss des Menüs.

Dieser Form der Ernährung, obwohl geschmacklich und ernährungsphysiologisch von Zeit zu Zeit durchaus unbedenklich, barg jedoch bei monatelanger Fortsetzung die Gefahr einer langfristigen Beeinträchtigung der eigenen Leistungsfähigkeit. Hier hatte die NMR-Gruppe jedoch ein wirksames Gegenmittel gefunden, das in verschiedenen Darreichungsformen im Labor verfügbar war. Sobald nach der Rückkehr von der Mensa eine entsprechende medizinische Indikation festgestellt war - in der Regel mit dem Hinweis "das Essen war heute aber ziemlich fettig" - und dieser Befund per Akklamation bestätigt war, öffnete einer der erfahrenen Doktoranden den Hängeschrank oder den Kühltisch und entnahm ihm eine Flasche mit französischem Cognac oder gekühltem Obstbrand. Die heilsame Wirkung des Digestivums trat sofort ein, und es entwickelten sich spannende, in jeder Hinsicht geistreiche fachliche Diskussionen im Labor. Die Wirksamkeit der eingenommenen Medizin ist durch den Umstand, dass bis heute bei keinem der Probanden Spätfolgen der Mensa-Ernährung festgestellt wurden, eindrucksvoll bestätigt. So mancher Gast der NMR-Gruppe soll diese Form der Vorsorgebehandlung auch noch später fortgesetzt haben, als er dem Saarbrücker Mensaessen nicht mehr ausgesetzt war.

Ergo Bibamus - Überraschende Prüfung im Nebenfach (1994)

Bedingt durch ein ambitioniertes Messprogramm und durch lange Relaxationszeiten der Magnetisierung der Deuteriumkerne, erstreckten sich meine Aufenthalte an der Saarbrücker Universität oft über mehrere Wochen und Monate. Zu Beginn der 1990er Jahre, also noch vor dem Zeitalter der forcierten Globalisierung, war hier selbst in akademischen Kreisen die vorherrschende Sprache das sympathische Saarbrücker Platt. So blieb es nicht aus, dass man sich als Gast mit den Eigentümlichkeiten dieser Sprache im Hinblick auf Aussprache, Grammatik und Wortschatz auseinandersetzen musste, um sich in den Diskussionen in der Gruppe behaupten zu können. Ohne anwendungssichere Kenntnisse im korrekten Gebrauch weiblicher Personalpronomen ("ähs"), des metaphorischen Imperativs ("Geh fott", "O leck"), wichtiger Verben („wir nehmen holen für nehmen“) und Hilfsverben ("hann", "sinn", "genn" und "werre") und Kernvokabeln ("ei jo", "Grumbeere", "dabber", "Ballawer") wäre auf Dauer eine verlustfreie Kommunikation erheblich erschwert worden. Statt dessen hätte das starre Festhalten an der hochdeutschen Sprache (oder dem, was man in Sachsen dafür hielt) zu Informationsverlust und Missverständnissen, z.B. bei Terminabsprachen, führen können (z.B. bedeutet viertel neun viertel nach acht). Die eigenen Bemühungen zum zielgerichteten Erwerb des saarländischen Grundwortschatzes blieben von den Kollegen der Arbeitsgruppe nicht

unbemerkt, meine Fortschritte im Gebrauch von charakteristischen Vokabeln und Redewendungen sowie der Erwerb einschlägiger Fachliteratur des bekannten Linguisten Charly Lehnert wurden wohlwollend registriert. Den Höhepunkt der Anerkennung bildete schließlich ein besonderes, kurzfristig einberufenes Kolloquium in der legendären "Bitburger Residenz". Unter Leitung eines strengen Prüfungsausschusses von ausgewiesenen Muttersprachlern - Manfred Irsch, Klaus-Peter Holzer und Dirk Schüssler - wurde mir eine Liste von anspruchsvollen Prüfungsfragen vorgelegt, die ich zu einem gewissen Prozentsatz sogar richtig beantworten konnte. Das bestandene Examen wurde mit der feierlichen Verleihung des Titels eines "Ehren-Saarländers" sowie mit einer aufwendig gestalteten, mit Unterschriften und Lyoner-Siegel versehenen Urkunde belohnt. Alter akademischer Tradition folgend, wurde der während der schweißtreibenden Prüfung eingetretene Flüssigkeitsverlust anschließend mit mehreren Runden frischen Bitburger Bieres wieder ausgeglichen.

7. Daten zur Kooperation

Vorarbeiten in der Saarbrücker NMR-Gruppe

- V1. W. Buchheit, G. Herth und J. Petersson, Study of the Commensurate and Incommensurate Phases in NaNO_2 by ^{23}Na NMR, Sol. State Commun. **40**, 411 - 414 (1981)
- V2. E. Schneider und J. Petersson, Observation of ^{87}Rb NMR Satellite Transitions in the Commensurate and Incommensurate Phases of Rb_2ZnCl_4 , Z. Phys.B **46**, 169-175 (1982)
- V3. E. Schneider, NMR-Untersuchungen des ^{87}Rb -Kernes in den kommensurablen und inkommensurablen Phasen von Rb_2ZnCl_4 , Dissertation, UdS (1983)
- V4. R. Walisch, NMR-Untersuchungen am ^{87}Rb -Kern in Einkristallen von Rb_2ZnBr_4 in der inkommensurablen und den angrenzenden kommensurablen Phasen, Diplomarbeit, UdS (1984)
- V5. J. Petersson und E. Schneider, ^{87}Rb NMR Study of the Temperature and Electric Field Dependence of the Soliton Density near the Lock-in Transition of Incommensurate Rb_2ZnCl_4 , Z. Phys.B **61**, 33-44 (1985) perturbed NMR in structurally incommensurate systems. I. Electric-field- gradient tensor, Phys.Rev.B **35**, 6529-6537 (1987)
- V7. R. Walisch, J. Petersson und J. M. Perez-Mato, Static quadrupolar perturbed NMR in structurally incommensurate systems. II. ^{87}Rb Satellite transitions in Rb_2ZnBr_4 , Phys.Rev.B **35**, 6538-6548 (1987)
- V8. R. Walisch, J. M. Perez-Mato und J. Petersson, NMR determination of the nonclassical critical exponents β and β^* in incommensurate Rb_2ZnCl_4 , Phys. Rev.B **40**, 10747-10752 (1989)
- V9. R. Walisch, NMR-Untersuchungen am ^{87}Rb -Kern in den inkommensurablen und kommensurablen Phasen von Rb_2ZnCl_4 und Rb_2ZnBr_4 , Dissertation, UdS (1991)

Aus der Kooperation zwischen der UL und der UdS entstandene Publikationen

- P1. F. Engelke, D. Michel, W. Windsch, J. Petersson, phys. stat. sol. (b) **134**, 29-37 (1986)
- P2. F. Engelke, D. Michel, W. Windsch, J. Petersson, phys. stat. sol. (b) **139**, 609-617 (1987)
- P3. G. Fischer, J. Petersson, D. Michel, Z. Phys. B **67**, 387-393 (1987)
- P4. F. Engelke, D. Michel, W. Windsch, J. Petersson, Ferroelectrics **80**, 99-102 (1988)
- P5. T. Erge, D. Michel, J. Petersson, W. Windsch, phys. stat. sol. (b) **114**, 705-712, (1989)

- P6. T. Erge et al., *Ferroelectrics* **108**, 331-336 (1990)
- P7. T. Erge, D. Michel, J. Petersson, F. Engelke, *phys. stat. sol. (b)* **123**, 325-331 (1991)
- P8. D. Michel, B. Müller, J. Petersson, A. Trampert, R. Walisch, *Phys. Rev. B* **43**, 7507-7518 (1991)
- P9. U. Häcker, K.-P. Holzer, D. Michel, J. Petersson, *Sol. State Commun.* **83**, 81- 83 (1992)
- P10. K.-P. Holzer et al., *Phys. Rev. Lett.* **71**, 89-92 (1993)
- P11. U. Häcker, K.-P. Holzer, D. Michel, J. Petersson, *phys. stat. sol. (b)* **184**, 205-214 (1994)
- P12. D. Michel, U. Häcker, T. Erge, J. Petersson, *phys. stat. sol. (b)* **185**, 257-264 (1994)
- P13. R. Walisch et al., *Phys. Rev. B* **50**, 16192-16204 (1994)
- P14. K.-P. Holzer et al., *Europhys. Lett.* **31**, 213-218 (1995)
- P15. U. Häcker, D. Michel, K.-P. Holzer, J. Petersson, *Z. Naturforsch.* **50a**, 368-372 (1995)
- P16. K.-P. Holzer et al., *Sol. State Commun.* **94**, 275-278 (1995)
- P17. U. Häcker et al., *Ferroelectrics* **183**, 151-160 (1996)
- P18. U. Häcker et al., *Z. Phys. B* **100**, 441-446 (1996)
- P19. P. Mischo et al., *Phys. Rev. Lett.* **78**, 2152-2155 (1997)
- P20. P. Mischo et al., *J. Korean Phys. Soc.* **32**, S873-S876 (1998)
- P21. P. Freude et al., *J. Korean Phys. Soc.* **32**, S687-S689 (1998)
- P22. F. Decker et al., *Europ. Phys. J. B* **8**, 507-510 (1999)
- P23. F. Decker, J. Petersson, D. Michel, *Appl. Magn. Reson.* **17**, 399-411 (1999)
- P24. F. Decker, J. Petersson, *Phys. Rev. B* **61**, 8993-9000 (2000)
- P25. F. Decker et al., in B. Kramer (Ed.) *Adv. in Sol. State Phys.* **41**, 565-576 (2001)
- P26. F. Decker, J. Petersson, M. Irsch, D. Michel, *Phys. Rev. B* **65**, 014110-1-11 (2002)
- P27. A. Taye, D. Michel, J. Petersson, *Phys. Rev. B* **66**, 174102-1-7 (2002)

Aus der Kooperation zwischen der UL und der UdS hervorgegangene Diplom-Arbeiten und Dissertationen

Kristalle vom $A_2 BX_4$ -Typ

- D1. U. Vogelgesang, Untersuchungen an $(NH_4)_2ZnCl_4$, Dipl., UdS (1984)
- D2. B. Müller, NMR-Untersuchungen an Ammoniumzinkchlorideinkristallen in der inkommensurablen Phase und verschiedenen kommensurablen Phasen, Dipl., UdS (1987)
- D3. A. Trampert, NMR-Untersuchungen der inkommensurablen Phase und der kommensurablen Phasen in Ammoniumzinkchlorid-Einkristallen, Dipl., UdS (1989)
- D4. D. Schüßler, NMR-Untersuchungen am ^{87}Rb -Kern in den normalen und inkommensurablen Phasen von Rb_2ZnBr_4 und Rb_2ZnCl_4 , Dipl., UdS (1994)
- D5. P. Mischo, Kernspinresonanzuntersuchungen am ^{87}Rb -Kern zur Dynamik in der inkommensurablen Phase von Rb_2ZnCl_4 , Dipl., UdS (1997)
- D6. F. Decker, Zur Statik und Dynamik inkommensurabler Systeme: Kernresonanz-Untersuchungen an Rb_2ZnBr_4 und $(ClC_6H_4)_2SO_2$, UdS (1999)
- D7. T. Keri, Kernspinresonanz am ^{87}Rb -Kern zur Statik und Dynamik von Rb_2ZnBr_4 und Rb_2ZnCl_4 in der N-Phase, Dipl., UdS (2002)

Betaincalciumchlorid-Dihydrat (BCCD) und verwandte Kristalle

- D8. S. Kluthe, ^{35}Cl NMR-Untersuchungen von inkommensurablen und kommensurablen Phasen in Betaincalciumchlorid-Dihydrat, Dipl., UdS (1990)
- D9. R. Heidler, EPR-Untersuchungen in der inkommensurablen modulierten Phase von Mn^{2+} -dotiertem Betain-Calcium-Chlorid-Dihydrat (BCCD), Diss., UL (1993)
- D10. G. Fleck, NMR-Untersuchungen am ^{35}Cl -Kern in den kommensurablen und inkommensurablen Phasen von Betaincalciumchloriddihydrat, Dipl., UdS (1995)
- D11. U. Häcker, Kernresonanzuntersuchungen zur Struktur und Dynamik in der Normalphase und den inkommensurabel modulierten Phasen von Betaincalciumchlorid-Dihydrat, Diss., UL (1995)
- D12. K.-P. Holzer, Kernresonanzuntersuchungen zum statischen und dynamischen kritischen Verhalten und zur Struktur der kommensurablen und inkommensurablen Phasen von Betaincalciumchlorid-Dihydrat, Diss., UdS (1996)
- D13. P. Freude, 2H -NMR-Untersuchungen zur Ordnung und Dynamik in Betainphosphat- und Betainphosphit-Einkristallen, Diss., UL (1998)

D14. A. Taya, Zum statischen und dynamischen Verhalten von Systemen mit strukturell inkommensurablen Phasen: ^{35}Cl -NMR-Untersuchungen an Dichlorophenylsulfon, Diss., UL (2004)

Am Austauschprogramm beteiligte Personen

(soweit 2020 noch reproduzierbar)

Beteiligte Personen:

Leipziger Seite: Frank Engelke, Thomas Erge, Peter Freude, Siegbert Grande, Uwe Häcker, Ralf Heidler, Dieter Michel, Abdoulaye Taya, Georg Völkel, Wolfgang Windsch,.

Saarbrücker Seite: Frank Decker, Gerd Fischer, Georg Fleck, Klaus-Peter Holzer, Manfred Irsch, Tibor Keri, Stefan Kluthe, Patrick Mischo, Bernhard Müller, Jörn Petersson, Dirk Schüssler, Robert Walisch

Besuche vor der Wende in Saarbrücken:

Wolfgang Windsch: Sommer 1981 (Beginn der Kooperation, Kolloquiumsvortrag)
Mai 1988 (Seminarvortrag)

Dieter Michel: Sommer 1984 (Beginn des Austauschprogramms, Messungen mit Gerd Fischer an Quadratsäure) Sommer 1985 (kurzes Treffen auf dem Spicherer Berg mit Abschlussredaktion von [P3])
März 1987, November/Dezember 1987, Juni 1988 (Arbeiten an AZC, vgl. [P8])

Besuche vor der Wende in Leipzig:

Jörn Petersson: Karwoche 1983 (Kolloquiums- und Seminarvorträge, Abstimmung des Arbeitsprogramms; Besuch an der MLU in Halle, Beginn einer Kooperation) Frühjahr 1987 (Besuch Frühjahrsschule in Finken miteingeladenem Vortrag, anschl. Besuch in Leipzig mit Ehrenpromotion von Carl-Friedrich vonWeizsäcker)
November 1989 (Teilnahme an MaReKo mit eingeladenem Vortrag, Öffnung der Mauer)

Wolfgang Wiotte: 1986 (Teilnahme am MaReKo mit eigenem Vortrag)

Nach der Wende nahm die Kooperation Fahrt auf. Was zu erkennen ist, an der Vielzahl der gegenseitigen Besuche und an den erzielten Ergebnissen in der wissenschaftlichen Forschung, die auf Tagungen und in verschiedenen Veröffentlichungen präsentiert wurden.

Besuche nach der Wende in Saarbrücken:

Wolfgang Windsch: Juli 1990 (bei dieser Gelegenheit wurde zusammen mit Jörn Petersson ein Antrag auf Unterstützung der Kooperation durch die DFG ausgearbeitet und gestellt. Er wurde durch die Gutachter wegen offensichtlicher Vorurteile gegen die Kooperation abgelehnt)

Dieter Michel: 3/1991; 12/1991; 1/1992; 1/1995; 2/1996; 1/1997

Uwe Häcker: 10/1991; 1/1992; 8/1992; 10/1992; 7 und 8/1993; 11 und 12/1993; 4 und 5/1994; 1/1995; 3 bis 6/1995; 11 und 12/1995; 1 und 2/1996; 9 und 10/1996

Frank Engelke: 1/1991; 10/1991; 1/1992

Besuche nach der Wende in Leipzig:

Klaus-Peter Holzer: 12/1990 (zusammen mit Frank Decker); 3/1992; 2/1993; 1/1994; 11/1994

Jörn Petersson: als Mitglied einer Berufungskommission an der UL immer wieder Aufenthalte in Leipzig anl. der Sitzungen bis etwa 1995

Teilprojekt im **Schwerpunktprogramm der DFG Quasikristalle:**

Die Fortschritte wurden im Kloster der Oblaten in Hühnfeld (bei Fulda) präsentiert. Teilnehmer waren jeweils: Uwe Häcker, Klaus-Peter Holzer, Dieter Michel und Jörn Petersson:

2/1991 (im Anschluss daran eine Zusammenkunft in Würzburg zum Thema BCCD bei Prof. Gerhard Schaack)

2/1992; 10/1992; 2/1993 bis 2/1996; 10/1997 (Abschlusskolloquium)