

Vorbemerkungen

Die Physik sieht sich nach wie vor als Leitwissenschaft für die naturwissenschaftliche Forschung. Die Existenz von Atomen, Molekülen und biologischen Systemen können nur aufgrund physikalischer Gesetze verstanden werden. Ähnlich ist die Situation bei der Frage nach dem Entstehen und der weiteren Entwicklung des Universums. Physik hat viele Facetten, die nicht leicht und nie vollständig voneinander getrennt werden können.

a) Physik ist eine Grundlagenwissenschaft

Grundpfeiler für unser physikalisches Naturverständnis bilden die Relativitätstheorie und die Quantenmechanik, die beide für das erkenntnistheoretische Weltbild von entscheidender Bedeutung sind. Dabei galt es, von lange vertrauten „klassischen“ Vorstellungen Abschied zu nehmen. Heute wissen wir, dass Masse und Energie äquivalent sind, dass der Raum gekrümmt ist, und die Zeit vom Bewegungszustand des Systems abhängt, dass Objekte sowohl Teilchen als auch Welleneigenschaften haben und über beliebig große Distanzen „verschränkt“ sein können usw. Die großen Aufgaben im Bereich der Teilchenphysik sind die Suche nach den Higgs-Teilchen zum besseren Verständnis der Masse von Teilchen und die Suche nach supersymmetrischen Teilchen, die eine Erweiterung des Standardmodells bedeuten würden. Die beiden Akademieinstitute, die auf diesem Gebiet tätig sind (das Institut für Hochenergiephysik und das Institut für Mittelenergiephysik), beschäftigen sich vornehmlich mit derartigen Fragestellungen.

b) Physik ist eine angewandte Wissenschaft

Es gibt kaum eine Disziplin, wo neue Erkenntnisse so schnell und strukturändernd in die Anwendung und in Produkte übergeführt werden. Man denke an den gesamten Telekommunikationsbereich, wo die Maxwell'schen Gesetze ihre Anwendung finden, an die Halbleitertechnologie, deren Funktion auf den Gesetzen der Quantenmechanik beruht, an die Kernenergie, wo Bindungsenergien von Nukleonen nutzbar gemacht werden oder an neue Materialien, deren Eigenschaften weitgehend durch Strukturierung und Komposition modelliert werden können. Die Akademieinstitute für Biophysik und Röntgenstrukturforschung sowie das Erich-Schmid-Institut für Festkörperphysik leisten auf diesen Gebieten wertvolle Arbeit.

Physikalische Methoden sind sowohl für die Medizin als auch für die Biologie unentbehrlich geworden und finden dort oft ihren Einsatz, ohne dass deren Grundlagen dafür im einzelnen verstanden werden müssen. Physikerinnen und Physiker waren auch Pioniere des Internet, da sowohl die großen internationalen Kooperationen als auch die riesigen Datenmengen eine rasche und sichere Kommunikation erfordern.

c) Physik ist eine internationale Wissenschaft

Die internationalen Großforschungszentren – CERN ist dafür ein Paradebeispiel – haben die internationale Kooperation sehr stark gefördert. Die fundamentale Tatsache, dass physikalische Erkenntnisse weder lokal noch regional begrenzt werden können, erlaubte die Zusammenarbeit unabhängig von politischen und weltanschaulichen Sichtweisen. Es mag beklagt werden, dass dadurch die individuelle Leistung einzelner Forscherinnen und Forscher nicht gerecht bewertet werden kann, aber in einer Zeit allgemeiner Globalisierung gewinnt die Teamfähigkeit der einzelnen Forscher immer mehr an Gewicht. Die ÖAW ist nicht nur Träger für die Kooperation mit CERN, sondern auch mit vielen anderen internationalen Forschungszentren wie dem Paul Scherrer Institut in Villigen/Schweiz, dem Institut Laue-Langevin in Grenoble/Frankreich, mit der Synchrotronstrahlungsquelle ELETTRA in Triest/Italien und dem Fusionsprogramm EURATOM der Europäischen Union. Auch die breiten internationalen Verflechtungen des Instituts für Weltraumforschung sollen hier erwähnt werden.

So wertvoll alle diese Kooperationen sind, so bedeuten sie doch einen Nettoabfluss von Forschungsmitteln und Forschungskapazität in das Ausland. Deswegen besteht seit mehreren Jahren der auch von der österreichischen Bundesregierung übernommene Wunsch, in Österreich eine internationale Großforschungsanlage zu beheimaten. Am weitesten fortgeschritten sind dabei die Planungen für eine gepulste Neutronen-Spallationsquelle AUSTRON, die von der European Science Foundation in einem Evaluationsverfahren zur Realisierung empfohlen wurde. Damit könnten Zeichen einer gerechteren Balancierung der Forschungsausgaben zwischen den europäischen Staaten und für die Bereitschaft einer verstärkten Kooperation mit den Staaten Mittel- und Osteuropas gesetzt werden.

Institut für Hochenergiephysik

Das Institut für Hochenergiephysik ist zurzeit an folgenden Hochenergiephysikexperimenten des CERN beteiligt:

- DELPHI-Experiment am LEP-Collider.
- CP-Verletzungsexperiment NA48 am Superprotonensynchrotron SPS,
- Vorbereitungen für das CMS-Experiment am Large Hadron Collider (LHC).

Beim DELPHI-Experiment, das seit 1989 läuft, endete die Datennahme im November 2000. Der Detektor wird abgebaut, um Raum für den LHC zu schaffen. Es ist natürlich vorgesehen, die physikalische Analyse der Daten bis mindestens 2003 fortzuführen. Mit dem Schließen der LEP-Anlage endet nicht nur ein bedeutender Abschnitt in der Geschichte der Hochenergiephysik, sondern auch eine sehr starke und erfolgreiche Beteiligung des Wiener Instituts am DELPHI-Experiment. Wenn man die Vorbereitungen zu diesem Experiment mit einbezieht, arbeitet das Institut seit 15 Jahren daran. Teile der Wiener Gruppe werden sich nun dem CMS-Experiment anschließen, das für die noch zu bewältigenden Aufgaben ohnehin starken Bedarf an Mitarbeitern hat. Die Experimente am LHC mit etwa 1500 beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sind die bislang größten Unternehmungen der Hochenergiephysik. Nicht nur aus wissenschaftlicher Sicht wäre es jedoch unbefriedigend, wenn 80 Prozent der Physiker des Instituts für Hochenergiephysik über mehrere Jahre nur an der Vorbereitung eines Experiments arbeiteten und nicht an einem laufenden Experiment teilnehmen. Daher wurde erwogen, dass sich eine kleine Gruppe einem gerade in Betrieb gegangenen und physikalisch äußerst interessanten Experiment anschließen sollte. Da das Spektrum der physikalischen Experimente am CERN in den Jahren bis 2005 durch dessen volle Konzentration auf den Bau des LHC und die entsprechenden Experimente aus Budgetgründen sehr eingeschränkt ist, ist beabsichtigt, sich dem BELLE-Experiment an der „B-Factor“ des japanischen Labors KEK anzuschließen. Zu diesem Entschluss trugen auch die Erfahrungen bei, die man in der B-Physik bei DELPHI sammeln konnte sowie das Interesse an dem Phänomen der CP-Verletzung, das bereits im NA48-Experiment untersucht wurde.

Das CP-Verletzungsexperiment NA48 wird 2001 noch eine Datennahme für die Messung des CP-verletzenden Parameters ϵ'/ϵ haben. Es wurde im CERN bereits ein Vorschlag eingebracht, mit dem Detektor des NA48-Experiments und einem modifizierten Teilchenstrahl seltene K_S^0 -Zerfälle mit hoher Genauigkeit zu messen. Dieses Programm wäre für die Jahre 2002 und 2003 vorgesehen.

Die gerade dargelegten Überlegungen führen uns zu folgendem experimentellen Programm für die nächsten Jahre:

- Verstärkte Vorbereitung, Aufbau und Installation des CMS-Experiments am LHC,

- Weiterführung des CP-Verletzungsexperiments NA48 und Messung seltener K_S^0 -Zerfälle (bis 2003),
- Beteiligung am BELLE-Experiment im japanischen Labor KEK (Messung der CP-Verletzung in den B-Zerfällen),
- Abschluss der physikalischen Analyse der DELPHI-Daten.

Die Stärke der Beteiligung an den genannten Experimenten entspricht der obigen Reihenfolge.

Das CMS-Experiment

Das CMS-Experiment am Large Hadron Collider (LHC) des CERN soll dazu beitragen, die wichtigsten offenen Fragen der Hochenergiephysik zu beantworten. Das hauptsächliche Ziel ist die Klärung des Ursprungs der spontanen Symmetriebrechung, die verantwortlich für die Masse der Teilchen ist (Higgs-Mechanismus). Man hofft auf die Entdeckung des dazu notwendigen Higgsbosons. Ein breites Spektrum weiterer neuer Teilchen wird von supersymmetrischen Theorien vorausgesagt. CMS befindet sich seit 1998 in der Konstruktionsphase. Die endgültige Inbetriebnahme ist für das Jahr 2005 vorgesehen. Das Institut ist an diesem Experiment mit zwei Gruppen und daher auch an zwei Projekten beteiligt: an der Entwicklung und dem Bau des „CMS-Trigger“ und am Bau des „Inner Tracker“.

1) Arbeiten für den CMS-Trigger

Der Zweck des Triggers ist die Selektion der physikalisch interessanten Ereignisse aus der Fülle der zu gewinnenden Daten. Der Trigger ist daher für die physikalische Analyse von größter Wichtigkeit. Von ihm kann eine Entdeckung abhängen.

Das Institut hat drei Hauptverantwortlichkeiten: den Bau des gesamten globalen Triggers, des globalen Müontriggers und des zentralen regionalen Müontriggers des CMS-Detektors. Nach der Fertigstellung des Designs beider Triggerkomponenten und der dazugehörigen Prototypen spätestens im Jahr 2001 werden die endgültigen Elektronikmodule hergestellt. 2003 erfolgen Systemtests, 2004 ist die Fertigstellung aller Bestandteile geplant. Endgültige Erprobung und Installation in CMS erfolgen in den Jahren 2004 bis 2005. Die Softwareentwicklung und die Vorbereitung zur Datenanalyse erfolgen kontinuierlich.

2) Arbeiten für den CMS-Inner Tracker (Innerer Spurendetektor)

Der innere Spurendetektor von CMS beruht auf der Silizium-Technologie. Das Institut ist am Bau des Silizium-Streifen-Trackers durch die Herstellung von entsprechenden Modulen und eines elektronischen Auslesesystems beteiligt. Das Institut muss als eines von sechs Testzentren für die gleichbleibende Qualität der Silizium-Detektoren, die von industriellen Firmen angeliefert werden, in Bezug auf ihre volle Funktionsfähigkeit im Experiment garantieren.

Für die Integration dieser Detektoren in Module soll ungefähr vier Prozent der Gesamtanzahl solcher Einheiten am Institut gefertigt werden. Im Bereich der Elektronik hat die Projektgruppe Aufgaben zur Produktion von Kontrollelektronik, im speziellen für den *Front End Controller* für die Silizium-Streifen-Detektoren und den *Front End Driver* im Silizium-Pixel-System übernommen.

CP-Verletzungsexperiment NA48 und Messung seltener K_s^0 -Zerfälle

Das Hauptziel dieses Experiments ist die möglichst genaue Messung des CP-verletzenden Parameter ϵ'/ϵ im K^0 -System. Ein Ergebnis wurde bereits publiziert, das einen klaren Beweis für die „direkte“ CP-Verletzung darstellt. Eine größere Genauigkeit ist noch notwendig, um eventuell auf einen zusätzlichen CP-Verletzungsmechanismus, nicht nur jenen des Standardmodells, schließen zu können. Daher wird im Jahre 2001 noch eine Datennahme erfolgen.

Im Jahr 2002 ist geplant, seltene K_s^0 -Zerfälle in einem K_s^0 -Strahl extrem hoher Intensität zu messen. Solche Messungen sind im September 2000 vom SPS Komitee des CERN gutgeheißen worden. Im November 2000 wird das Research Board über die technische und finanzielle Durchführbarkeit entscheiden.

Aufgabe der Wiener Gruppe wird es sein, neben der physikalischen Analyse, die in Wien entwickelten und gebauten Systeme, nämlich den Trigger für neutrale Teilchen, Clock und Tagger wieder in Betrieb zu nehmen. Ab 2003 wird das Tagging-System nicht mehr benötigt werden, doch das in Wien entwickelte Auslesesystem wird mit anderen Detektoren zusammen eingesetzt werden.

Teilnahme am BELLE-Experiment beim KEK (Japan)

Das wissenschaftliche Ziel bei BELLE ist die vollständige Messung der CP-Verletzung in einem $B\bar{B}$ -System. Dieses Vorhaben stellt somit eine ideale Fortsetzung bzw. Kombination der beiden derzeitigen Forschungsrichtungen DELPHI (Physik am Z^0 mit der Erzeugung von 20% b-Quarks) und des CP-Verletzungs-Experiments NA48 dar. Der asymmetrische Beschleuniger KEK-B (e^- mit 8.0 GeV/c und e^+ mit 3.5 GeV/c) fungiert als „Fabrik“ für B-Mesonen bei der Schwerpunktsenergie von $[\Upsilon(4S) \rightarrow B^0\bar{B}^0]$, das heißt ca. 10.6 GeV Schwerpunktsenergie, mit einer an die Grenzen der Beschleunigerentwicklung gehenden Design-Luminosität von $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$. In einem Jahr wurden bei der bis jetzt erreichten geringeren Luminosität ($\sim 20\%$) ca. 6 Millionen $B\bar{B}$ -Ereignisse produziert. Allein diese Zahl zeigt, dass die Anzahl der verfügbaren Ereignisse weit über jener liegt, die am Z^0 -Pol bei LEP erreicht wurde (~ 0.6 Mio $b\bar{b}$ -Ereignisse).

Das Experiment BELLE ermöglicht somit eine äußerst genaue Messung der CP-Verletzung und ermöglicht speziell durch Kombination einer Viel-

zahl von Zerfällen des $B\bar{B}$ -Systems einen Test der CP-Verletzung des Standardmodells. Dieses Modell verknüpft mit Hilfe der CKM-Matrix die Flavor- und Masseneigenzustände der Quarks. Besonders interessant wäre natürlich die Feststellung eines Abweichens vom Standardmodell, weil dies „Neue Physik“ andeuten würde. KEK ist an einer Internationalisierung und der Hereinnahme von internationalem Know-how sehr interessiert. Aus diesem Grund wird auch – ganz im Gegensatz zu den üblichen Regeln bei anderen Beschleunigern (CERN, DESY, SLAC) kein Kollaborationsbeitrag – für den Betrieb des Experiments beziehungsweise Beschleunigers gefordert.

Der Zeitraum des BELLE-Experiments passt genau in die Zeit zwischen Ende von LEP und Beginn von LHC und ermöglicht es somit, das Standardmodell mit größter Präzision zu testen beziehungsweise die Grenzen aufzuzeigen, die auf neue Phänomene hinweisen.

Begleitende und ergänzende Forschungsaktivitäten

Diese Beteiligungen an den Hochenergiephysik-Experimenten werden entsprechend der Struktur des Instituts von folgenden Forschungsaktivitäten intensiv begleitet:

- Theoretisch-phänomenologische Studien, insbesondere auf dem Gebiet der Higgs-Teilchen und der Supersymmetrie,
- Entwicklung auf dem Gebiet der Halbleiterdetektoren für CMS, später im Hinblick auf einen e^+e^- Linear Collider,
- Entwicklung auf dem Gebiet der Elektronik (Globaler Müon Trigger und globaler Trigger, *Front-End-Driver* für den Pixel-Detektor und Auslesechip für den Si-Streifendetektor) für das CMS-Experiment, eventuell Auslesemodule für das BELLE-Experiment,
- Entwicklung von Algorithmen zur Spurrekonstruktion für das CMS-Experiment, später auch für einen e^+e^- Linear Collider.

Institut für Mittelenergiephysik

Im Bereich der subatomaren Physik stellen ausgewählte Themen der fundamentalen Symmetrien und der Wechselwirkungen, vor allem der Quantenchromodynamik (QCD) und der elektroschwachen Wechselwirkung im Nieder- und Mittelenergiebereich von Hadronen und Leptonen, den Schwerpunktsbereich der Institutsarbeit dar. Diese Generalinie wird seit Jahren verfolgt und soll auch im vorgelegten Mittelfristigen Forschungsprogramm 2001–2005 beibehalten werden. Selbstverständlich treten aus diversen Gründen Akzentverschiebungen ein, ohne aber die Generalinie zu verlassen. Diese ist durch hadronische Wenigteilchensysteme und durch „Exotische Atome“ (Atome, in welchen Standard-Orbital- oder Kernbausteine durch „exotische“ Bausteine ersetzt werden, z. B. Elektronen durch Myonen, Pionen oder Kaonen etc., aber auch

das Proton im Wasserstoffatom durch ein Antiproton, usw.) als Laboratorien für spezielle Fragestellungen vorgezeichnet.

Wesentliche Gründe für Akzentverschiebungen sind
1) *Neue Beschleuniger, die neue Möglichkeiten eröffnen:*

Zum Beispiel der Antiproton Decelerator (AD) des CERN, an dem das Experiment ATRAP zu Antiwasserstoff durchgeführt wird (siehe unten), die Mesonenfabrik DAFNE zur K-Mesonenerzeugung (LN Frascati des INFN).

2) *Fortschritte in der Lasertechnik:*

2 Photonen-Anregung von ($1s \rightarrow 2s$)-Übergängen, etwa in Wasserstoff (1 Photon-Übergänge verboten), neue methodische Entwicklungen (z. B. CCD-Detektoren zum Nachweis von Röntgenstrahlung, ortsauflösende Teilchendetektoren auf Halbleiterbasis, Miniaturisierung von Elektronik- und EDV-Bausteinen, etc.).

3) *Neue Erkenntnisse:*

Der erfolgreiche Einsatz gepulster elektrischer Felder zur Erzeugung von Atomen in Teilchenfallen zeigt einen effizienten Weg zur Bildung von Antiwasserstoff, einem atomaren Zustand aus dem Antiproton (Antiteilchen des Protons) und dem Orbitalteilchen Positron (Antiteilchen des Elektrons), dem einfachsten atomaren System zur Untersuchung von Antimaterie.

Zunächst werden drei Themen die Institutsarbeit dominieren:

- Antiwasserstoff am CERN (ATRAP)
- Pionischer Wasserstoff am PSI (R-98-01.1)
- Kaonischer Wasserstoff an DAΦNE

Das Experiment ATRAP zur erstmaligen Darstellung von Antiwasserstoffatomen in großer Anzahl am Antiproton-Decelerator (AD) des CERN strebt zum ersten Mal Präzisionsspektroskopie dieses Antimaterieatoms an, um letztlich durch Vergleich mit der Spektroskopie von Wasserstoff herkömmlicher Art erstmals CPT in der Welt der Atome zu testen (CPT = Teilchen-Antiteilchen-Konjugation C in Verbindung mit räumlicher Spiegelung P und Zeitumkehr T). Vom fundamentalen Interesse an der CPT-Symmetrie leiten sich die hohe internationale Einstufung und der Bau der speziell gewidmeten Antiprotonen-Anlage AD durch CERN ab. Dieses intellektuell und experimentiertechnisch herausfordernde Experiment weist in der Institutsarbeit höchste Priorität auf und findet wie alle Experimente des Instituts selbstverständlich in internationaler Kooperation statt. Diese Kooperation des Instituts, ebenso wie alle bisherigen, dokumentiert einerseits die internationale Kooperationsfähigkeit des Instituts, andererseits auch die Kooperationsnotwendigkeit. Zur Experimentiertechnik werden teils eigene Leistungen erbracht, teils werden die erforderlichen Leistungen durch Partner erbracht. ATRAP ist ein gutes Beispiel für die Vielfalt der Disziplinen und Fähigkeiten:

Beschleuniger (CERN): weltweit beste Anlage für niederenergetische Antiprotonen.

Atomphysik: Harvard University, verantwortlich für Speicherungsmechanismen von langsamen Antiprotonen und Positronen zur Bildung von Antiwasserstoff.

Quantenoptik: Max-Planck-Institut für Quantenoptik, München, verantwortlich für vergleichende Spektroskopie von Antiwasserstoff und Wasserstoff.

Subatomare Physik (Mittelenergiephysik, Teilchenphysik): Institut für Mittelenergiephysik der ÖAW, Forschungszentrum Jülich.

Teilchendetektoren sowie zugehörige Elektronik und Datenauslese: Forschungszentrum Jülich.

Die Kooperationen des Instituts waren immer durch eine sich über Europa, Amerika und Asien erstreckende Internationalität ausgezeichnet. Dies gilt auch für die weiteren Projekte des Instituts, welche spezielle Themen der niederenergetischen QCD, nämlich der „chiralen Symmetriebrechungen“ zu Pion-Nukleon und Kaon-Nukleon Wechselwirkungen bearbeiten. Der hohe internationale Stellenwert dieser Experimente ist jeweils ersichtlich:

- Pionischer Wasserstoff: besonders hohe Investitionen von PSI und Forschungszentrum Jülich,
- Kaonischer Wasserstoff: Das italienische INFN baut in Frascati einen speziell für Kaonproduktion gewidmeten Beschleuniger (DAΦNE).

Aufgrund des wissenschaftlichen Potentials kommt diesen Experimenten hohe Priorität im Arbeitsprogramm des Instituts zu.

Im Rahmen des mittelfristigen Programmschwerpunkts von Untersuchungen zur QCD im Niederenergiebereich wird die starke Wechselwirkung Pion-Nukleon in pionischem Wasserstoff am PSI studiert. Dieses wichtige Experiment hat die Bestimmung des Pion-Nukleon-Sigma-Terms als Test der chiralen Symmetriebrechung im Bereich der Valenzquarks „up“ und „down“ zum Ziel. Dazu dient die präzise Messung der Verschiebung und der Breite des Grundzustands von pionischem Wasserstoff aufgrund der starken Wechselwirkung (Messung der K_{α} -Röntgenlinie). Das Experiment wird in internationaler Kooperation durchgeführt:

Beschleuniger (PSI): Intensive Pion- und Myonstrahlen von hoher Phasenraumqualität (Fokussierung, Impulsschärfe).

Targetsystem: Institut für Mittelenergiephysik, verantwortlich für das kryogenische Wasserstofftargetsystem.

Zyklotronfalle für Pionen: PSI, verantwortlich für die Zyklotronfalle.

Kristallspektrometer: Forschungszentrum Jülich, verantwortlich für die hochauflösende Röntgenspektroskopie.

CCD-Röntgendetektorsystem: University Leicester, Institut für Mittelenergiephysik.

Dem selben Themenkreis der QCD im Niederenergiebereich (chirale Symmetriebrechung) gehört das Experiment DEAR (DAΦNE Exotic Atom Research) zur Kaon-Nukleon Wechselwirkung in Fras-

cati, Italien an. Die präzise Messung der durch die starke Wechselwirkung verursachten Linienverschiebung und Linienbreite der K_{α} -Linie von kaonischem Wasserstoff und Deuterium wird seit langem von der „Particle Data Group“ als besonders wichtiges Experiment der Kaonphysik gefordert.

Die Projektarbeit des Instituts wird im Rahmen des Programms „Transnational Access to Research Infrastructure“ im 5. Rahmenprogramm der EU gefördert. Die internationale Kooperation von DEAR verbindet komplementäre Expertisen der Partnerinstitutionen:

Beschleuniger (DAΦNE, LNF): Erzeugung von praktisch monoenergetischen Kaonen aus dem Zerfall von Phi-Mesonen.

Experimentiertechnik: Institut für Mittelenergiephysik, verantwortlich unter anderem für kryogenisches Wasserstofftarget.

CCD-Röntgendetektorsystem, Kaon-Monitor, Datenaufnahme und -analyse: Institut für Mittelenergiephysik gemeinsam mit LNF, Universität Neuchâtel, Tokyo Institute of Technology.

Theorie: Institut für Mittelenergiephysik, California State University.

Das experimentelle Programm von DEAR wird mit Untersuchungen zu kaonischem Stickstoff begonnen. Diese Messungen sollen einerseits die per se interessanten Röntgenübergänge von kaonischem Stickstoff untersuchen, andererseits wichtige Parameter für das Experiment zu kaonischem Wasserstoff abklären.

Eine neue Idee zu einer direkten Messung der Haftwahrscheinlichkeit des Myons am Fusionsprodukt Helium (Sticking-Faktor) wird geprüft. Ziele sind die Bestimmung des *Sticking* bei hoher Dichte sowie die direkte Untersuchung von Abstreifreaktionen. Zusammenarbeit mit TRIUMF, Canada und RIKEN, Japan, wird geprüft. Die Bestimmung des Verlustterms im Reaktionszyklus der Myon-katalysierten Fusion ist letztlich für Aussagen über die Effizienz und damit über allfällige energietechnische Anwendungen der Myon-katalysierten Fusion von großer Bedeutung.

Andere attraktive Ideen befinden sich im Stadium von Vorstudien. Dies betrifft den Themenkreis Myonphysik, wie z. B. Myon-katalysierte Fusion in Tripelmischungen von Wasserstoff, Deuterium und Tritium, Myon-katalysierte Fusion bei hohen Temperaturen bis hin zu einer Hochflussneutronenquelle auf der Basis von Myon-katalysierter Fusion.

Institut für Diskrete Mathematik

Folgende Themen sollen in den nächsten Jahren behandelt werden:

1) Quasi-Monte-Carlo-Methoden, Pseudozufallszahlen

Am Institut für Diskrete Mathematik wird das Teilprojekt „Quasizufallspunkte und Pseudozufallszahlen“ innerhalb des FWF-Forschungsschwerpunkts „Zahlentheoretische Algorithmen und deren

Anwendungen“ bearbeitet. An diesem Forschungsschwerpunkt beteiligen sich auch Forschungsgruppen an Universitäten in Graz, Leoben, Linz, Salzburg und Wien. Unter diesem Gesichtspunkt sind die in diesem Abschnitt dargelegten Forschungsvorhaben zu sehen.

(t,s)-Folgen und (t,m,s)-Netze: In der Theorie der Punktmengen niedriger Diskrepanz sollen vor allem die (t,s) -Folgen und (t,m,s) -Netze weiter starke Beachtung finden. Spezielles Gewicht der Forschung soll auf den sogenannten Fortpflanzungsregeln und der Ausnützung der Querverbindungen zur Codierungstheorie liegen.

Software-Entwicklung: Die Implementierung der Software für die Niederreiter-Xing-Folgen wird weiter vorangetrieben und optimiert (Projektdauer: bis 2002), die „Salzburger Tabellen“ werden auf den neuesten Stand gebracht.

Pseudozufallszahlen: Die erfolgreichen Studien nichtlinearer Generatoren, insbesondere Untersuchungen des Verteilungsverhaltens in Teilen der Periode und die Suche nach Gittertests, sollen fortgeführt werden. Neue Generatoren sollen implementiert und empirisch ausgewertet werden.

2) Codierungstheorie und Kryptographie

XNL-Codes: Durch die von Goppa eingeführte Konstruktion von Codes mit Hilfe algebraischer Kurven konnte auf dem Gebiet der Asymptotik eine Verbesserung der Gilbert-Varshamov-Schranke erzielt werden, wobei allerdings der für Anwendungen besonders wichtige Fall der binären Codes noch nicht mit eingeschlossen ist. Verallgemeinerungen auf diesen Fall liegen bereits vor, wobei die in jüngster Zeit von Xing, Niederreiter und Lam entwickelten Codes (XNL-Codes) zur expliziten Konstruktion binärer Codes mit verbesserten asymptotischen Eigenschaften führen.

Hyperelliptische Kurven: Für kryptographische Zwecke ist es von Interesse, Gruppen mit einer durch eine große Primzahl teilbaren Ordnung zu konstruieren. Dafür erscheinen die Jacobi'schen von hyperelliptischen Kurven besonders geeignet. Mit Hilfe explizit schnell berechenbarer Charaktersummen sollen „gute“ hyperelliptische Kurven gesucht werden. Kooperationen: University of Illinois at Urbana-Champaign, Universität Essen.

Lineare Komplexität: Bereits vorliegende Ergebnisse über die lineare Komplexität (mit Toleranz k) von periodischen Folgen sowie endlichen Folgen über endlichen Körpern sollen verallgemeinert beziehungsweise verfeinert werden. Auch weitere Fragen betreffend die Komplexität von Zufallsfolgen über endlichen Körpern sollen behandelt werden.

3) Algebra und Zahlentheorie

Theorie endlicher Körper: Für das Brechen gängiger kryptographischer Systeme ist es von Interesse, den diskreten Logarithmus in einem endlichen Körper durch eine einfache Funktion darzustellen. Es soll

gezeigt werden, dass dies bei bestimmten Klassen von Funktionen unmöglich ist. Werkzeuge sind Exponentialsummen. Auch sollen weitere Probleme aus der Theorie endlicher Körper behandelt werden.

Globale Körper: Die bereits beschriebenen codierungstheoretischen Forschungen führen auf Probleme der reinen algebraischen Zahlentheorie wie etwa die Untersuchung des Verhaltens von Stellen (insbesondere höheren Grades) in Türmen von Funktionenkörpern. Die für Codierungstheorie und Quasi-Monte-Carlo-Methoden wichtige Bestimmung von Riemann-Roch-Basen soll fortgesetzt werden.

Diophantische Approximation: Die klassischen $n\alpha$ -Folgen und ihre mehrdimensionale Verallgemeinerung, die Kroneckerfolgen, werden weiterhin Forschungsgegenstand am Institut sein. Im eindimensionalen Fall zeichnen sich Resultate im Sinne Bairescher Kategorien ab. Im mehrdimensionalen Fall ist man zunächst auf der Suche nach Analogien zur Kettenbruchentwicklung. Neueste Ergebnisse geben Hinweise, dass zumindest für eine qualitative Theorie Zusammenhänge mit gewissen Filtern auf der Menge der ganzen Zahlen bestehen. Kooperationen: TU Graz, TU Wien, FU Berlin, geplant: Universität Marseille/Luminy.

Vertauschbarkeit: Vorhandene Ergebnisse über Permutationen, Polynomfunktionen auf endlichen Körpern und gewisse reelle Funktionen sollen so weit wie möglich zu einem einheitlichen Gesichtspunkt verschmolzen und verallgemeinert werden. Die Vertauschbarkeit von Abbildungen ist insbesondere für die Verschlüsselung von Daten von Interesse.

Verbandstheorie: Untersuchungen orthomodularer Verbände und verallgemeinerter MV-Algebren werden fortgesetzt. Kooperationen: TU Wien, Universität Olmütz.

4) Maßtheoretische und topologische Methoden

Gruppenkompaktifizierungen: Über die erwähnten Filter bestehen Zusammenhänge zwischen klassischer Zahlentheorie und topologischen Gruppen. Damit ist eine Brücke zu den fastperiodischen Funktionen geschlagen.

Dynamische Systeme: Viele der angedeuteten zahlentheoretischen Forschungsvorhaben sind auch unter dem Gesichtspunkt dynamischer Systeme, insbesondere der symbolischen Dynamik zu sehen. Kooperationen: FU Berlin, TU Berlin, geplant: Universität Marseille/Luminy.

5) Graphentheorie, Komplexität und Logik

Graphentheoretische Grundlagenforschung: Bei der Abfassung des letzten Bandes der Monographie „Eulerian Graphs and Related Topics“ werden unter

anderem bisherige Forschungsschwerpunkte wie die „Cycle Double Cover Conjecture“ und die „Kompatibilitäts-Vermutung“ zentrale Themen sein (zu diesen bestehen langjährige Kooperationen). Anschließend daran soll ein graphentheoretisches Lehrbuch verfasst werden. Kooperationen: Universitäten in Pilsen und Montreal; Weißrussische Akademie der Wissenschaften (INTAS-Projekt; Laufzeit bis 2001).

Algorithmische Komplexität: Die im Rahmen des FWF-Projekts „Graphentheoretische Untersuchung von Beweisgraphen“ erarbeiteten Anwendungen graphentheoretischer Methoden auf das Erfüllbarkeitsproblem werden weiter ausgebaut, ebenso die Untersuchungen zur Erreichbarkeit in Formelgraphen sowie zu Autarkie-Systemen. Kooperation: University of Toronto.

Logik: Jüngste ordnungstheoretische Ergebnisse scheinen Anwendungen auf die Theorie mehrwertiger Logiken zu besitzen, doch ist die künftige Gewichtung dieser Forschungsrichtung noch nicht absehbar.

Schlussbemerkung

In der näheren Zukunft ist daran gedacht, einen der Institutsräume als Seminarraum zu adaptieren, um die interne Vernetzung des Instituts zu beschleunigen, aber auch um die Zusammenarbeit mit Gästen des Instituts zu verbessern. Die dazu benötigten Mittel sind vergleichsweise gering. Im mittelfristigen Forschungsprogramm des Instituts wurden folgende Forschungsschwerpunkte genannt: Quasi-Monte-Carlo-Methoden und Pseudozufallszahlen, Codierungstheorie und Kryptographie, Algebra und Zahlentheorie, Maßtheoretische und topologische Methoden, Graphentheorie, Komplexität und Logik. Die Verstärkung dieser beziehungsweise die Entwicklung neuer Forschungsrichtungen hängt entscheidend von der Finanzierung und somit von der Möglichkeit der personellen Erweiterung des Instituts ab. Als erster Schritt in diese Richtung ist an den Ausbau der Forschungsrichtung „Diskrete Algorithmen und Algorithmische Komplexität“ gedacht. Damit soll der rasanten Entwicklung auf diesem Gebiet während der letzten Jahrzehnte auch im Hinblick auf Anwendungen Rechnung getragen werden. Das beeinflusst auch die Grundlagenforschung des Instituts (Stichworte: algebraische Eigenschaften diskreter Strukturen oder Abzählung solcher Strukturen). Die Verstärkung der bereits bestehenden Forschungen auf dem Gebiet der symbolischen Dynamik ist ebenfalls wünschenswert. Schließlich wäre es in der weiteren Entwicklung des Instituts anzustreben, in der Grundlagenforschung auch neue Forschungsrichtungen der diskreten Mathematik einzuschlagen. Detailliertere Vorstellungen sollen in der nächsten Zeit in schriftlicher Form vorgelegt werden.