

# RWTHAACHEN

# TECHNISCHE ZEITUNG

BERICHTE  
AUS DER  
RHEINISCH-  
WESTFÄLISCHEN  
TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE  
AACHEN

AUSGABE 2/96

ISSN-NR.  
0179-079X



## Teilchenphysik – Grundlagenforschung und Technologie

Wofür eine humane Gesellschaft Raum haben muß	5
Faszination Teilchenphysik	6
Physik der Elementarteilchen	7
Zur Geschichte der Aachener Teilchenphysik	9
Präzision aus 15 Millionen Z-Zerfällen – Physik bei LEP	14
Ein Mikroskop für das Proton – HERA und H1	17
Verletzung von (fast) heiligen Erhaltungssätzen – Ein Experiment am PSI	20
Das Higgs-Boson – Lösung des Massenproblems oder Phantom der Teilchenphysik?	26
Die Quantentheorie des Gravitationsfeldes	29
World Wide Web – Vorreiter der universalen Kommunikation aus dem CERN	30
Das Standard-Modell auf dem Super-Computer – Monte Carlo-Simulation von Quantenfeldtheorien	34
Realität aus dem Bildschirm – Computersimulation	35
Blitzende Kristalle hoher Dichte: ideale Bausteine für elektromagnetische Kalorimeter	38
CMS – der "kleine" Detektor für den großen Hadron-Collider (LHC)	41
Galliumarsenid-Detektoren für die Hochenergiephysik	44
Mikrostreifen-Gasdetektoren	47
Myonkammern in der Aachener Instituts-Werkhalle, gestern, heute und morgen	50
Der gesellschaftliche Nutzen der Teilchenphysik – Ausbildung zwischen Grundlagenforschung und Hochtechnologie	56
Als Sommerstudentin am CERN	58
Auf Schicht – Ein Erfahrungsbericht	62
Aus persönlicher Sicht – Teilchenphysiker im Beruf	63
Internationale Organisation der Teilchenphysik	64
Wie geht es weiter? Linearbeschleuniger – Zukunftsplan für höchstenergetische ElektronPositron-Streuung	66
„Vive la Science“	70
Namen & Nachrichten	74
Bücher	75
Chronik	76



**Impressum**  
 Herausgeber  
 im Auftrag des Rektors:  
 Pressestelle der RWTH  
 Templergraben 55  
 52056 Aachen  
 Tel.: 02 41 / 80 - 43 27  
 Fax: 02 41 / 88 88 - 3 24  
 Pressestelle@zhv.rwth-aachen.de  
 http://www.rwth-aachen.de

**Redaktion:**  
 Angelika Hamacher  
 Renate Kinny  
 Thomas von Salzen  
 Christof Zierath  
 Toni Wimmer  
 (verantwortlich)

**Gestaltung/Layout:**  
 Klaus Endrikat

**Druck:**  
 Gatzert GmbH & Co. KG  
 Von-Humboldt-Straße 103  
 52511 Geilenkirchen

Gedruckt auf chlorfrei  
 gebleichtem Papier

**Titelfotos:**  
 Hintergrundaufnahme und Über-  
 tragsaufnahme CERN (kleines Bild)  
 CERN, Genf; Aufnahmen Teilchen-  
 physiker der RWTH Aachen – Peter  
 Winandy

Das Wissenschaftsmagazin „RWTH-  
 Themen“ erscheint einmal pro Se-  
 mester. Nachdruck einzelner Artikel  
 und Beiträge, auch auszugsweise,  
 nur nach Rücksprache mit der Re-  
 daktion und mit Quellenangabe.  
 Belegexemplare erbeten.

Einer Teilaufgabe ist die RWTH-  
 Zeitschrift „Keep in Touch“ beige-  
 legt.

Wintersemester 1996/97



# Teilchenphysik – Grundlagenforschung und Hochtechnologie

# Physik der Elementarteilchen – ein fundamentaler Teil der Physik!

Worum geht es?

In der Physik der Elementarteilchen geht es um die kleinsten Bausteine der Materie und die Kräfte zwischen ihnen: Man möchte die Teilchen identifizieren, experimentell finden und untersuchen, aus denen sich alle andere Materie zusammensetzt, und es sollen die Gesetze mathematisch formuliert werden, welche die Kräfte zwischen diesen kleinsten Teilchen beschreiben. Kennt man nämlich die mathematische Formulierung dieser Kräfte, so kann man quantitative Voraussagen über die Wechselwirkungen zwischen den Teilchen machen und – im Prinzip – alle Eigenschaften der beobachteten Materie um uns herum beschreiben beziehungsweise sogar voraussagen!

Dieses Ziel beschäftigt die Naturwissenschaften seit Jahrhunderten und wir haben faszinierende Fortschritte auf dem Wege zu dem genannten Ziel erlebt, ohne daß wir uns dort schon angekommen fühlen können!

Nach dem intensiven Bemühen von Generationen von Chemikern und Physikern war man um 1870 schließlich in der Lage, die – als nicht weiter zerlegbar angesehenen – knapp 100 „Elemente“ der uns umgebenden Materie im „Periodensystem“ systematisch zu ordnen. Anfang dieses Jahrhunderts stellte sich dann heraus, daß die den Elementen zugeordneten „Atome“ (das heißt die „Unteilbaren“)

sich selbst wieder zusammengesetzt sind, nämlich aus einem nahezu punktförmigen, positiv geladenen Kern und einer Hülle von negativ geladenen Elektronen, die um den Kern „kreisen“, ähnlich wie die Planeten um die Sonne. Anfang der dreißiger Jahre entdeckte man, daß die Atomkerne aus positiv geladenen „Protonen“ und elektrisch neutralen „Neutronen“ (mit etwas größerer Masse als die Protonen) bestehen, so daß es nun drei „Elementarteilchen“ (Proton, Neutron – gemeinsam „Nukleonen“, das heißt „Kernbausteine“, genannt – und Elektron) zu geben schien. Jedoch änderte sich dieses Bild sehr bald ganz drastisch: Um 1930 hatte der britische Theoretische Physiker Dirac aufgrund der von ihm gefundenen Gleichung zur Beschreibung der Eigenschaften von Elektronen und Protonen

geschlossen, daß es zu diesen Teilchen Antiteilchen mit der jeweils gleichen Masse aber entgegengesetzter Ladung geben müsse. 1932 wurde dann das Antiteilchen des Elektrons, das „Positron“ entdeckt, das Antiproton erst im Jahre 1955 und im Jahre darauf das Antineutron! Heute gehen wir davon aus, daß es zu jedem Teilchen ein Antiteilchen gibt. Im letzten Jahr ist es zum Beispiel gelungen, auch Antiwasserstoff, das heißt einen Bindungszustand aus Antiproton und Positron, herzustellen! Noch ungeklärt ist die Frage, warum es im für uns sichtbaren Teil des Kosmos im wesentlichen nur Materie aber keine Antimaterie gibt. Hierüber später mehr.

Die Untersuchung der Eigenschaften von Atomkernen führte in den dreißiger Jahren dazu, weitere elementare Teilchen zu postulieren: Im Zusammenhang mit den Energiebilanzen beim radioaktiven Zerfall von Kernen führte der Theoretiker Pauli ein masseloses elektrisch neutrales Teilchen, das „Neutrino“, ein, das erst 1956 nachgewiesen werden konnte. Um die Kräfte zwischen Nukleonen im Kern zu erklären, forderte der japanische Theoretiker Yukawa ein neues Teilchen, dessen Masse zwischen der des Elektrons und des Protons liegen sollte. Dieses „Meson“ wurde 1947 experimentell nachgewiesen. Schon 1937 hatte man ein weiteres Teilchen, das „Myon“, entdeckt, das gut 200-mal schwerer als das Elektron ist, in dieses zerfällt und sich auch sonst wie ein schweres Elektron verhält. Als es in den fünfziger Jahren gelang, Beschleuniger von Protonen mit hinreichend großen Energien zu bauen, konnte man wegen der Einsteinschen Äquivalenz von Energie und Masse viele neue „Elementarteilchen“ erzeugen, die zwar instabil sind, jedoch ansonsten ihre charakteristische Individualität wie Nukleonen, Elektronen und Positronen haben.

Die Fülle neuentdeckter Teilchen legte die Frage nahe, ob diese wirklich so elementar sind, wie sie zunächst zu sein schienen. Gell-Mann und Zweig stellten 1964 unabhängig voneinander die Hypothese auf, daß Nukleonen, Mesonen und viele der neu entdeckten Teilchen, gemeinsam „Hadronen“ genannt,

sich aus noch elementareren Teilchen zusammensetzen, die von Gell-Mann „Quarks“ genannt wurden. Proton und Neutron bestehen danach aus je drei Quarks, Mesonen aus Quark-Antiquark Paaren und so weiter. Insgesamt hat man inzwischen sechs verschiedene Quarksorten nachweisen können, die letzte, das „t-Quark“, erst 1995.

Neben der Klasse der Hadronen gibt es die der „Leptonen“, zu denen Elektron, Myon und „Tau“-Lepton (ein instabiles Teilchen, etwa 3500 mal schwerer als das Elektron, mit dem es ansonsten viele Ähnlichkeiten hat) sowie die drei zugehörigen Neutrinosorten gehören.

Zwischen den Teilchen gibt es eine Fülle beobachtbarer Kräfte, die darum auf möglichst wenige zu reduzieren sind. Einige historisch wichtige Beispiele: Erst Galilei und dann insbesondere Newton erkannten, daß die Kraft, die den Apfel vom Baum fallen läßt, die gleiche ist, die die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne zieht, nämlich die Gravitation. Newton fand für sie auch die mathematische Formulierung, mit deren Hilfe man die Bahnen aller bekannten Planeten genau berechnen und insbesondere auch die Existenz noch nicht beobachteter Planeten richtig voraussagen konnte. Im 19. Jahrhundert hat man die elektrischen und magnetischen Kräfte zunächst als unabhängig voneinander angesehen, bis Maxwell um 1870 dann schließlich die noch heute gültigen Gleichungen fand, durch die elektrische und magnetische Phänomene als „Elektromagnetismus“ gemeinsam beschrieben werden. Aus den Maxwellschen Gleichungen ließ sich mathematisch die Existenz elektromagnetischer Wellen voraussagen, die dann auch 1888 von Hertz experimentell nachgewiesen wurden.

Schwerkraft und elektromagnetische Kräfte sind die einzigen, die eine makroskopische Reichweite haben und die wir darum im täglichen Leben erfahren: Wenn ein Stein unter der Wirkung der Schwerkraft auf ein Auto fällt und dessen Blech verbaut, so ist Größe und Art der Beule natürlich einmal durch das Gewicht des Steines und dessen kinetische Energie beim Aufprall bedingt, aber auch durch die elektromagnetischen Kräfte, die

zwischen den Molekülen und Atomen des Bleches (wie auch des Steines!) wirksam sind, und die einer Verformung entgegenwirken!

Zu Beginn dieses Jahrhunderts hat man im Zusammenhang mit der Physik der Atomkerne zwei neue Arten von Kräften kennengelernt, deren mathematische Gesetzmäßigkeiten erst in den letzten 25 Jahren überzeugend formuliert werden konnten: Atomkerne bestehen aus Protonen und Neutronen. Die positiv geladenen Protonen stoßen sich elektrisch ab und es muß daher Kräfte geben, die stärker sind als die elektromagnetischen und die die Kerne zusammenhalten. Dies sind die sogenannten „Starken Kräfte (Wechselwirkungen)“, deren Reichweite in den Kernen von der Größenordnung  $10^{-15}$  m ist. Diese Kräfte binden drei Quarks zu einem Proton oder Neutron, beziehungsweise Quark und Antiquark zu einem Meson, Protonen und Neutronen zu Kernen und so weiter und sind von der Art, daß die Quarks nur in solchen gebundenen Systemen nie aber als freie einzelne Teilchen auftreten können, die man dann im Labor nachweisen könnte. Nur bei immens hohen Temperaturen von mindestens  $10^{12}$  Grad Celsius können nach unserem heutigen Verständnis die Quarks frei „gekocht“ werden! Eine solche Phase freier Quarks muß unmittelbar nach dem Urknall vorgelegen haben, als die Temperaturen noch höher waren (siehe weiter unten)! Als vierte hat man im Bereich der Kernphysik schließlich noch die Kraft gefunden, die für den radioaktiven Zerfall von Kernen und anderen Teilchen verantwortlich ist, zum Beispiel für den Zerfall des freien Neutrons in Proton, Elektron und Antineutrino des Elektrons. Diese Kraft ist schwächer als die elektromagnetische, deshalb wird sie auch als „Schwache Kraft (Wechselwirkung)“ bezeichnet und hat eine Reichweite, die kürzer als  $10^{-17}$  m ist. In den letzten 20 Jahren ist es nun gelungen, die Theorie der elektromagnetischen und schwachen Kräfte zu einer gemeinsamen Theorie der „Elektroschwachen“ Wechselwirkungen zusammenzufassen, ähnlich wie es Maxwell für die elektrischen und magnetischen Erscheinungen gelang.

Die Gravitation, die für Struktur und Entwicklung des Kosmos von so großer Bedeutung ist, scheint bei den Vorgängen im atomaren und subatomaren Bereich nach unserem heutigen Wissen keine Rolle zu spielen, da sie dort sehr viel schwächer als die Starken und Elektroschwachen Wechselwirkungen ist.

Hier ist noch eine Eigentümlichkeit der Kräfte zu erwähnen, die von ihren quantenphysikalischen Eigenschaften herrührt: Nach der Quantentheorie sind Wellenvorgängen beziehungsweise den zugehörigen Wellenfeldern Teilchen („Quanten“) zugeordnet und umgekehrt.

Mathematisch werden die erwähnten vier Kraftarten durch Felder (Größen, die Funktionen von Raum- und Zeitpunkten sind) beschrieben, denen quantentheoretisch elementare Quanten entsprechen: So ist dem elektromagnetischen Feld das Teilchen „Photon“ zugeordnet, dessen Teilcheneigenschaften (nahezu punktförmiger Träger von Energie, Impuls und Drehimpuls) in zahllosen Experimenten nachgewiesen wurden.

Den Kraftfeldern der Starken Wechselwirkungen entsprechen die „Gluonen“, die als „Klebstoff“ („glue“: engl. Klebstoff) zwischen den Quarks wirken und diese nicht freikommen lassen, aber auch selbst – im Gegensatz zum Photon, aber ganz ähnlich wie die Quarks – nicht als freie Teilchen existieren können. Die zugehörige mathematische Theorie wird als „Quantenchromodynamik“ (QCD), bezeichnet. Den elektroschwachen Kräften entsprechen außer dem Photon noch ein elektrisch neutrales „Z-Boson“ und zwei entgegengesetzt geladene „W-Bosonen“, die ungefähr 90-beziehungsweise 80-mal schwerer als das Proton sind und die erst vor gut zehn Jahren experimentell nachgewiesen wurden. Die Chromodynamik der Starken und die „Glashow-Salam-Weinberg“ Theorie der Elektroschwachen Kräfte werden gemeinsam als „Standardmodell der Elementarteilchenphysik“ bezeichnet. Es hat sich als ungewöhnlich erfolgreich erwiesen und nach vielen Jahren der theoretischen und experimentellen Versuche zu einer systematischen mathematischen Theorie der in atomaren Bereichen wirksamen Kräfte zwi-

schen Quarks und Leptonen geführt. Ein fundamentaler Baustein dieser Theorie ist allerdings experimentell noch nicht nachgewiesen, nämlich das sogenannte „Higgs-Boson“, das theoretisch eine besonders wichtige Rolle spielt, weil es für die Größe der Massen von Quarks und Leptonen sowie der Z- und W-Bosonen verantwortlich sein soll. Die Suche nach diesem Teilchen gehört derzeit zu den wichtigsten Zielen der experimentellen Elementarteilchenphysik. Ein wesentliches Ziel der Theorie der Elementarteilchen ist es, die drei zur Zeit unabhängig von einander beschriebenen Elektroschwachen und Starken Kräfte zusammen mit der Schwerkraft in einer einheitlichen Theorie ähnlich mathematisch gemeinsam zu beschreiben wie das im Elektromagnetismus für die magnetischen und elektrischen Kräfte gelungen ist.

Auf eine faszinierende Weise hängt die „Welt“ bei kleinsten subatomaren Abständen, die die Elementarteilchenphysik zu beschreiben versucht, mit der Physik der Welt im ganz Großen, nämlich der des Kosmos zusammen! Dies hat damit zu tun, daß nach unserem heutigen physikalischen Verständnis der Kosmos vor gut 10 Milliarden Jahren in einer gewaltigen Explosion entstanden ist und daß unmittelbar nach dem Urknall Temperaturen in der unvorstellbaren Höhe von  $10^{30}$  Grad Celsius vorlagen.

Bei diesen immensen Temperaturen haben Quarks und Leptonen solche Energien, daß die bekannten Kräfte zwischen ihnen bei weitem nicht ausreichen, um sie aneinander zu binden, sie sich also als freie Teilchen bewegen und erst bei wesentlich „tieferen“ Temperaturen, nämlich bei den schon früher erwähnten etwa  $10^{12}$  Grad Celsius zu Hadronen gebunden zu werden. Sollten die Quarks und Leptonen ihrerseits wieder zusammengesetzte Teilchen sein – was durchaus möglich ist – so würden die zugehörigen Bausteine sich unmittelbar nach dem Urknall als freie Teilchen bewegt haben.

Die physikalischen Vorgänge unmittelbar nach dem Urknall haben entscheidenden Einfluß auf die weitere Entwicklung des Kosmos gehabt, zum Beispiel auf die spätere Verteilung der Materie, die Entstehung der Galaxien

und der großen Leerräume zwischen diesen, auf das heute vorliegende starke Übergewicht von Materie gegenüber der Antimaterie und so weiter.

Mit anderen Worten: Jede neue Einsicht in der Physik der Elementarteilchen gibt uns gleichzeitig neue Einblicke in die Frühgeschichte des Kosmos und deren Einfluß auf den heutigen Zustand der uns umgebenden materiellen Welt!

Dies also ist das Ziel der Physik der Elementarteilchen: Die Grundstrukturen und Grundgesetze der Materie bei kleinsten Abständen zu finden und zu analysieren, um so die materiellen Vorgänge um uns herum quantitativ beschreiben und voraussagen zu können und um gleichzeitig wesentlich zum Verständnis der materiellen Herkunft und physikalischen Geschichte des Kosmos beizutragen.

**Autor:**

Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Hans A. Kastrup ist Inhaber des Lehrstuhls für Theoretische Physik E.

# Die Quantentheorie des Gravitationsfeldes

Zu den Kräften, die Teile der Materie auf andere Teile ausüben können, gehört auch die Gravitation. Während diese Kraft für die Struktur des Weltalls, der Galaxien, von denen unsere Milchstraße nur eine von unvorstellbar vielen ist, und unseres Planetensystems von ausschlaggebender Bedeutung ist, scheint sie in subatomaren Bereichen keine Rolle zu spielen, da sie dort um mehr als dreißig Größenordnungen schwächer als die der elektrischen Kräfte ist.

Man kann abschätzen, daß die Quantentheorie der Gravitation erst bei Abständen von  $10^{-35}$  m, beziehungsweise bei Energien von  $10^{19}$  GeV („Gigaelektronenvolt“ = 1 Milliarde Elektronenvolt) eine wesentliche Rolle spielen sollte. Dies sind Teilchenenergien, die man in absehbarer Zeit im Labor nicht erzeugen kann. Jedoch erwartet man solche Energien in mindestens zwei Zusammenhängen im Kosmos, nämlich beim Urknall und im Innern von Schwarzen Löchern.

Grundlage unseres heutigen Verständnisses der Gravitation sind die von Einstein im November 1915 aufgestellten Gleichungen. Sie stellen eine Verallgemeinerung der Newtonschen Theorie dar und haben mathematische Lösungen, die für die Entwicklung des Kosmos einen Urknall sowie für Sterne, die mindestens viermal schwerer als die Sonne sind, den Kollaps zu einem „Schwarzen Loch“ vorausagen. Beim Urknall treten derart große Energien auf, daß Quanteneffekte der Gravitation nicht vernachlässigt werden können, ja man ist heute in der Physik der Ansicht, daß der Urknall in erster Linie als ein Quanteneffekt der Gravitation interpretiert werden sollte! Schwarze Löcher können nach der Einsteinschen Theorie dann entstehen, wenn Sterne der erwähnten Größe am Ende ihrer Entwicklung unter dem Einfluß ihrer eigenen Schwerkraft zu einem Gebilde kollabieren, das kein Licht und keine Materie mehr aus seinem Inneren beziehungsweise seiner Oberfläche herausläßt, sondern nur noch „aufsaugt“! Handelt es sich um ein Schwarzes Loch, das nicht viel schwerer als die Sonne ist, so hat es einen Durchmesser von nur wenigen Kilometern. Seine Massendichte im Innern ist

also unglaublich hoch, und damit auch die Energie der Teilchen im Innern.

In astrophysikalischen Beobachtungen der letzten Jahre sind Objekte gefunden worden, die als Schwarze Löcher identifiziert werden können, und zwar einmal als Partner von Doppelsternen, zirka zehnmal schwerer als die Sonne, und ferner im Zentrum von fernen Galaxien, in deren „aktiven“ Zentren sie mit riesigen Massen von etwa einer Milliarde Sonnenmassen beobachtet wurden.

Auch für die Beschreibung der Physik von Schwarzen Löchern braucht man eine Quantentheorie der Gravitation!

Wegen der speziellen mathematischen Struktur der Einsteinschen Gleichungen der Gravitation steckt deren quantentheoretische Interpretation noch in den Anfängen und ist zur Zeit ein „heißes Eisen“ in der internationalen Forschung.

Im Institut für Theoretische Physik arbeitet eine Forschungsgruppe an diesen Problemen, unterstützt durch Forschungsmittel der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

## Autor:

Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Hans A. Kastrup ist Inhaber des Lehrstuhls für Theoretische Physik E.

## „PREIS DER STADT AACHEN FÜR INNOVATION UND TECHNOLOGIE“

Kaum eine andere Stadt ist in ihrer Entwicklung so nachdrücklich von ihren Hochschulen geprägt wie Aachen. Die Wissenschaftler in den Hochschulen, aber auch in Unternehmen und Behörden sind heute bereits Partner der Stadt Aachen bei der Bewältigung des strukturellen Wandels, bei der Modernisierung der Wirtschaft und der Infrastruktur, bei der Bestandspflege der hiesigen Firmen und bei den Bemühungen um die Ansiedlung technologieorientierter Unternehmen.

Mit dem **„Preis der Stadt Aachen für Innovation und Technologie“** werden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für eine wissenschaftliche Arbeit ausgezeichnet, die von besonderem Interesse für die Weiterentwicklung des Wirtschaftsstandortes Aachen und seiner Region sein kann. Von besonderem Interesse sind Arbeiten mit innovativem Ergebnis, Entwicklung neuer Technologien, Vorschläge zur Verbesserung des Umweltschutzes und der Energieversorgung, der Infrastruktur sowie Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu einzelnen Problemen der Stadtentwicklung.

Der Preis wird von der Stadt Aachen mit einem Geldbetrag in Höhe von **5.000,- DM** dotiert.

Wissenschaftliche Arbeiten, die sich auf die Weiterentwicklung des Wirtschaftsstandortes Aachen und seiner Region beziehen, können als Bewerbung unter Beifügung der Ausarbeitung bis zum **28. Februar 1997** eingereicht werden. Der Abschluß der eingereichten Arbeit sollte nicht länger als zwei Jahre zurückliegen.

Bewerbungsunterlagen und Statuten können beim **Amt für Wirtschaftsförderung und Europäische Angelegenheiten, Haus Löwenstein, Markt 39, 52058 Aachen** schriftlich oder telefonisch (02 41/4 32-76 00) angefordert werden.



# AACHEN

EUROPA IST HIER

# Das Standard-Modell auf dem Super-Computer

Monte Carlo-Simulation von Quantenfeldtheorien

**D**as in diesem Themenheft vielfach erwähnte Standardmodell der Elementarteilchen führt zu einer Reihe von Fragestellungen, die sich nicht analytisch sondern nur numerisch, das heißt mit Computern, lösen lassen. Hierzu gehören insbesondere Fragen der Berechnung der Massen von Elementarteilchen: zum Beispiel läßt sich mittels solcher Methoden die Masse des Protons und anderer Hadronen im Rahmen der Quantenchromodynamik näherungsweise bestimmen, obere Schranken für die Masse des experimentell noch nicht gefundenen Higgs-Bosons im Glashow-Salam-Weinberg Modell finden und die Dynamik der Massenerzeugung in diesem Modell studieren. Ferner kann man auch die quantitative Form der Kräfte zwischen Quarks beziehungsweise zwischen Quarks und Antiquarks und so weiter auf diese Weise berechnen, elastische Streuquerschnitte von Hadronen bestimmen, das Verhalten von inelastischen Streuamplituden studieren und so weiter.

Diese computerorientierte numerische Analyse der Eigenschaften des Standardmodelles der Elementarteilchen ist in den letzten Jahren zu einem größeren Gebiet von internationalen Forschungen geworden. Dabei versucht man die Möglichkeiten der leistungsstärksten Supercomputer mit den intelligentesten numerischen Methoden und Algorithmen zu kombinieren, um so zuverlässige Voraussagen des Standardmodelles der Elementarteilchen zu machen, die man auf andere Weise nicht bekommen kann. Die verwandten numerischen Methoden („Monte Carlo Simulationen“) haben viele Berührungspunkte mit denen, die in der Statistischen Physik verwandt werden. So ergibt sich ein fruchtbarer Austausch mit Forschungsgruppen aus diesem Bereich, deren physikalische Fragestellungen in der Regel von ganz anderer Art sind.

Im Institut für Theoretische Physik der RWTH Aachen arbeiten Forschungsgruppen an solchen Problemen. Dabei werden Superrechner des Rechenzentrums der RWTH Aachen sowie

des Höchstleistungsrechenzentrums (HLRZ) in der KFA Jülich eingesetzt. Diese Arbeiten werden im Rahmen eines überregionalen bundesweiten „Forschungsschwerpunktes“ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.



**HOTEL**

AQUIS-GRANA-CITYHOTEL

AQUIS—GRANA—CITYHOTEL

Büchel — 52062 Aachen

Telefon (02 41) 443-0

Telex 8 329 718 aqui d

Telefax (02 41) 443-137

**Ein Hotel der absoluten Spitzenklasse —  
gelegen im Zentrum der alten Kaiserstadt**

- 94 komfortable, ruhige Zimmer mit luxuriösem Bad, Fön, WC und Dusche. Direktwahl-Telefon, Radio, Farbfernseher, Safe und Mini-Bar.
- ausreichendes Parkplatzangebot
- mehrere Konferenz- und Veranstaltungsräume
- Hotelbar und Abendrestaurant
- direkter Zugang zu den berühmten heißen Thermalquellen des Römerbades

**AQUIS—GRANA—CITYHOTEL  
das Haus für den gehobenen Anspruch**