

Begleitwort

Mit seinen acht Forschungsgruppen deckt das Physik-Institut ein breites, national und international vernetztes Spektrum experimenteller Forschung ab, das von den Eigenschaften biologischer Makromoleküle bis zu jenen der elementaren Bestandteile des Universums in seiner Frühphase reicht. In den beiden etwa gleich starken Hauptbereichen, Physik der kondensierten Materie und Physik fundamentaler Systeme, finden sich Gruppen in der Bio-, der Oberflächen-, der Festkörper- und der Elementarteilchenphysik. Die Forschungsgruppen am Physik-Institut sind vom Nationalfonds durch 15 Forschungsprojekte und von Beiträgen aus der K. Alex Müller Stiftung und der Gebert-Rüf Stiftung unterstützt worden. Das Physik-Institut ist unter anderem an den Nationalen Forschungszentren (NCCR) MaNEP (Materials with Novel Electronic Properties, Profs. H. Keller, A. Schilling) und Nanoscale Science (Impact on life sciences, sustainability, information and communication technology, Prof. H.-W. Fink) beteiligt und gehört zu den Mitgründern des Swiss Institute of Particle Physics (CHIPP) (Profs. C. Amsler, U. Straumann, P. Truöl).

Einige wichtige Entwicklungen bei den Projekten der *Teilchenphysik* seien hier kurz erwähnt: Da sich die Inbetriebnahme des Large Hadron Colliders am CERN (2007) nähert, wird die Designphase für die Detektorteile, die die *Teilchenphysik-Gruppen* für die Experimente CMS und LHCb entwickeln, bald abgeschlossen sein. Die Konstruktions- und Testphase, die die zur Verfügung stehenden Ressourcen im technischen und personellen Bereich an ihre Grenzen stossen lässt, hat begonnen. Die laufenden Experimente, Antiwasserstoffherzeugung (Athena, CERN), Protonstruktur und Quantenchromodynamik im Bereich hoher Energien und Impulsüberträge (H1, Elektron-Proton-Speicherring HERA am DESY) und kleinere Experimente am PSI und in Brookhaven beschäftigen wie bis anhin sowohl mit Datennahme als auch mit Datenanalyse die Gruppen intensiv, wie die Publikationsstatistik ausweist.

Im Forschungsbereich *Physik der kondensierten Materie* sind unter anderem folgende Fortschritte erzielt worden: Die Gruppe *Oberflächenphysik* konnte zum ersten Mal die Impulsverteilung von Elektronen in einer Flüssigkeit bestimmen. Der Gruppe *Physik Biologischer Systeme* ist es gelungen, mit einer neuartigen Methode die Energetik einzelner DNA-Moleküle zu untersuchen. Ein elegantes Modell zur Analyse von Kernspinresonanz-Daten in Kuprat-Supraleitern, welches eine neue Interpretation der antiferromagnetischen Fluktuationen in diesen Systemen zulässt, wurde von der Gruppe *Computer Assistierte Physik* entwickelt.

Im September 2003 wurde das Physik-Institut von einem internationalen Team von Expertinnen und Experten bezüglich Forschung, Lehre und Infrastruktur evaluiert. Der Gesamtbericht der Evaluationsstelle wurde uns im Juli 2004 zur Stellungnahme übergeben und im Februar 2005 mit der Universitätsleitung besprochen. Die Leistungen in Lehre und Forschung wurden als sehr gut und im internationalen Vergleich als überdurchschnittlich gut beurteilt.

Alle Forschungsgruppen profitieren von der exzellenten Unterstützung der mechanischen und elektronischen Werkstätten, sowie des technischen Personals und des Sekretariats. Alle helfen mit, einen reibungslosen Ablauf in Forschung und Lehre auf hohem Niveau zu garantieren.

Nach über 30 Jahren erfolgreicher Tätigkeit ist unser geschätzter Mitarbeiter Bernhard Schmid im März 2005 in den Ruhestand getreten. Von 1974 bis 2002 war Herr Schmid Werkstattchef. Im Jahr 2003 hat er die Leitung seinem langjährigen engen Mitarbeiter Kurt Bösiger übertragen, hat aber weiterhin in der Werkstatt tatkräftig mitgewirkt. Mit seinem engagierten Team hat Herr Schmid über die Jahre unsere mechanische Werkstatt stets erneuert und auf

einen im internationalen Vergleich hohen Standard gebracht. Mit dem Umzug des Physik-Instituts auf den Irchel im Jahre 1993 wurde die Werkstatt unter seiner Leitung wesentlich ausgebaut und von Grund auf modernisiert. Die in der Werkstatt ausgeführten Projekte umfassen ein breites Spektrum: Realisation des neuen Medizinerpraktikums, Bau von komplizierten Kryostaten und komplexen Hochvakuum-Kammern für die Festkörperphysik und Planung und Bau von zentralen Detektorsystemen für Grossprojekte in der Teilchenphysik an den grossen nationalen und internationalen Beschleunigeranlagen, um nur einige Beispiele zu nennen. Die hervorragenden mechanischen Arbeiten unserer Werkstatt geniessen nicht nur bei den Forschenden am Physik-Institut, sondern auch in den grossen internationalen Kollaborationen in der Teilchenphysik grosse Anerkennung. Auch in der Ausbildung von jungen Leuten hat sich Herr Schmid sehr eingesetzt. Nicht nur 16 Lehrlinge haben über die Jahre in der Werkstatt eine solide Ausbildung genossen und vom fundierten Fachwissen von Herrn Schmid profitiert, sondern auch alle unsere Physik-Studierenden, welche den Werkstattkurs besucht haben. Herr Schmid hat die Werkstatt mit grossem Einsatz geführt und Dank seinem freundlichen Charakter ist es ihm gelungen seine Mitarbeiter immer wieder zu Höchstleistungen anzuspornen. Seine grosse Hilfsbereitschaft, seine Teamfähigkeit und seine zuvorkommende, bescheidene Art im Umgang mit Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen, Lehrlingen und Studierenden werden von uns allen sehr geschätzt. Wir wünschen Herrn Schmid alles Gute im wohl verdienten Ruhestand und danken ihm für seinen enormen Einsatz am Physik-Institut.

Die Forschungsprojekte des Physik-Instituts findet man auf den Websites der Forschungsdatenbank der Universität Zürich ¹. Der wissenschaftliche Jahresbericht des Physik-Instituts wurde wie schon in den letzten Jahren in englischer Sprache abgefasst, um unsere Forschungstätigkeit einem internationalen Publikum besser zugänglich zu machen. Der vollständige Jahresbericht wie auch die Jahresberichte früherer Jahre können auf der Website des Physik-Instituts (<http://www.physik.unizh.ch/reports.html>) eingesehen werden. Eine allgemein verständliche Zusammenfassung (auf Deutsch) der laufenden Forschungsprojekte folgt auf den nächsten Seiten.

Zürich, im Mai

Prof. Dr. Hugo Keller

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. Keller'.

¹<http://www.research-projects.unizh.ch/math/unit71600/index.htm>

Zusammenfassung der Forschungsprojekte

Teilchenphysik

- 1 ATHENA am CERN: Produktion und Spektroskopie von anti-Wasserstoff** 1
Gruppe Amsler
- Am CERN wurden 2002 erstmals kalte Antiwasserstoffatome in grossen Mengen hergestellt. Letztes Jahr hat die ATHENA Kollaboration die Produktionsrate auf etwa 100 Antiatome pro Sekunde erhöht und den Erzeugungsmechanismus studiert. Erste Versuche wurden unternommen, die Antiwasserstoffproduktion mit Hilfe eines CO₂ Lasers zu stimulieren.
- 2 H1 am DESY: Elektron-Proton Kollisionen bei 320 GeV** 7
Gruppe Straumann/Truöl
- Mit dem H1-Detektor werden Kollisionen von 27.4 GeV Elektronen oder Positronen mit 920 GeV Protonen studiert. Dabei sind die Struktur des Protons bis zu Distanzen unterhalb eines Attometers aufgeklärt und die durch die Quantenchromodynamik (QCD) beschriebene Wechselwirkung der Quarks (q) und Gluonen (g) erfolgreich untersucht worden. Folgenden Aspekte wurden studiert:
- qg-Dichteverteilungen,
 - diffraktiv erzeugte Endzustände,
 - Erzeugung schwerer Quarks (c,b: charm, beauty),
 - Abhängigkeit der QCD-Kopplungskonstante α_S von Distanz und Impulsübertrag,
 - Suche nach exotischen Zuständen ausserhalb des Standard-Modells,
 - Pentaquark-Zustände.
- Nach 2000 wurden Speicherring und Detektor für höhere Strahlströme aufgerüstet, wofür die Gruppe eine neue fünflagige Vieldrahtproportional-kammer und ein neues Triggersystem gebaut hat. Seit 2003 wird wieder gemessen, wobei jetzt auch polarisierte Elektronen- und Positronenstrahlen zur Verfügung stehen.
- 3 Seltene B_s^0 -Zerfälle mit DØ am Fermilab** 15
Gruppe Straumann
- Seit 2001 wird am $p\bar{p}$ Beschleuniger TEVATRON in den USA bei einer Schwerpunktsenergie von 2 TeV nach Abweichungen vom Standardmodell gesucht. Die Gruppe konzentriert sich auf die Suche nach dem Prozess $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$, wo ein neuer Grenzwert publiziert wurde. Dies stellt ein zentrales Resultat der DØ Kollaboration im Jahre 2004 dar und erlaubt es insbesondere den Parameterbereich von Theorien, die über das Standard Modell hinausgehen, einzuschränken.

4 Seltene K-Zerfälle am BNL 18

Gruppe Truöl

Die Untersuchung ausgewählter und meist seltener Zerfälle von Kaonen und Pionen hat auch ca. 60 Jahre nach der Entdeckung dieser Mesonen nicht an Bedeutung verloren. Insbesondere die semileptonischen (in π, e, μ, ν) und leptonischen (in e, μ, ν) Zerfälle erlauben es die Struktur der elektroschwachen Wechselwirkung der Quarks näher zu bestimmen. Aus den Daten des abgeschlossenen Experiments E865 am Brookhaven National Laboratory (BNL) sind u.a. das Matrixelement V_{us} der Quarkmischmatrix bestimmt ($K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu_e$), Grenzen für die Erhaltung der Leptonenzahl gesetzt ($K^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ e^-$) und die s-Wellen $\pi\pi$ -Streulänge gemessen worden ($K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ \nu_e$). Das KOPIO-Experiment ($K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$) wird für die Aufklärung der CP-Verletzung zentral sein.

5 Ultrakalte Neutronen (UCN) am PSI 24

Gruppe Straumann

Hauptziel ist die Messung des elektrischen Dipolmoments des Neutrons mit einer Genauigkeit von $5 \cdot 10^{-28} e \cdot \text{cm}$. Dies entspricht eine Verbesserung um zwei Grössenordnungen. Die Gruppe beteiligt sich im Moment am Bau der Neutronenquelle.

6 Seltene π -Zerfälle am PSI 28

Gruppe Straumann/Truöl

Nach Abschluss der Experimente zum Test der Leptonenzahlerhaltung im Myonen-Sektor ist auch am PSI das Forschungsprogramm wieder aufgenommen worden. Hier konzentriert sich die Arbeit auf den elektronischen Pion-Zerfall ($\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$) und dessen radiativen Partner ($\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e \gamma$).

7 CP Verletzung mit LHCb am CERN 32

Gruppe Straumann

Ab 2007 werden B-Mesonen im LHCb-Experiment in grosser Anzahl erzeugt und einen idealen Rahmen für die Erforschung der CP Verletzung darstellen. Die Gruppe ist federführend beteiligt an der Entwicklung und Konstruktion des Silizium Streifendetektors, der zur Rekonstruktion der Impulse geladener Zerfallsprodukten dient. Nachdem alle Details der Konstruktion feststanden, und das Projekt anfangs Dezember 2004 von internationalen Experten sehr positiv beurteilt wurde, wurde der Übergang von der Entwicklungs- zur Produktionsphase vollzogen. Die Konstruktion der Detektorelemente hat begonnen, ebenso die Arbeiten für die Station als Ganzes. Daneben wird die Datenanalyse des Experimentes vorbereitet. Dies beinhaltet auch eine Zusammenarbeit mit dem schweizerischen Hochleistungsrechenzentrum in Manno.

8 CMS am CERN

39

Gruppe Amsler

Am grössten Teilchenbeschleuniger der Welt - LHC am CERN - werden ab 2007 7 TeV Protonenstrahlen zur Kollision gebracht. Im CMS Experiment werden das Higgs-Boson und hypothetische supersymmetrische Teilchen, die u.a. für die unsichtbare dunkle Materie im Universum verantwortlich sein könnten, gesucht. Die Gruppe baut zusammen mit dem PSI und der ETHZ den Vertexdetektor nahe dem Kollisionspunkt. Wegen der hohen Spurdichte wurde dieser Detektor als Pixeldetektor konzipiert mit insgesamt 70 Millionen Siliziumpixeln. Im Jahre 2004 wurden Detektorprototypen mit hochenergetischen Pionen am CERN auf ihre räumliche Auflösung und ihre Strahlungsbeständigkeit getestet.

Physik der Kondensierten Materie**9 Supraleitung und Magnetismus**

49

Gruppe Keller

Das Team untersucht unkonventionelle Supraleiter und verwandte magnetischen Systeme mit dem Ziel den Mechanismus der Hochtemperatur-Supraleitung zu klären. Dazu werden verschiedene Techniken eingesetzt, wie diverse Magnetresonanz-Methoden (NMR, NQR, ESR, μ SR), Magnetisierungs- und Widerstandsmessungen. Diese Methoden wurden von der Gruppe massgeblich selbst entwickelt. Mit Hilfe von Untersuchungen des sogenannten Isotopen-Effektes ist es gelungen, einige wegweisende Entdeckungen zu machen. So konnte gezeigt werden, dass neben der Elektron-Elektron-Korrelation auch die Elektron-Phonon-Wechselwirkung wichtig ist für das Verständnis der Hochtemperatur-Supraleitung. Dieses wichtige Erkenntnis wurde bis anhin in den meisten Modellen nicht in Betracht gezogen.

10 Phasenübergänge, thermischer Transport und neue Materialien (PTM)

61

Gruppe Schilling

Die Gruppe studiert elektronische Phasenübergänge und den thermischen Transport in neuartigen Materialien. Mit Hilfe fortgeschrittener AC-Suszeptometrie im Megahertz-Bereich wird die Verbindung TlCuCl_3 , welche bei tiefen Temperaturen und hohen Magnetfeldern einen exotischen Zustand von Materie (sog. Superfluidität von Magnonen) aufweisen soll, untersucht. Seit August 2004 beschäftigt sich die Gruppe zudem mit der Herstellung und der Charakterisierung von speziellen supraleitenden nanostrukturierten Bauelementen, welche als ultraschnelle Einzel-Photonendetektoren (mit Zählraten bis zu 1 Gigahertz) dienen sollen. Hochauflösende kalorimetrische Messungen an Supraleitern haben ausserdem Aufschluss über ungewöhnliche elektronische Phasenübergänge des Flussliniengitters im supraleitenden Zustand ergeben.

11 Oberflächenphysik

68

Gruppe Osterwalder

Neuartige Nanostrukturen in Form von ultradünnen Schichten, Quantendrähten und Nanonetzen werden mit Methoden der Oberflächenphysik kontrolliert hergestellt und charakterisiert. Dabei stehen Methoden der "Self-Assembly" im Vordergrund, wo man Prozesse sucht, durch welche sich solche kleinsten Strukturen spontan ausbilden. Da auf dieser Längenskala Quanteneffekte dominieren, kann man mit Hilfe geeigneter Strukturierung gezielt die elektronischen, magnetischen und katalytischen Eigenschaften von Oberflächen beeinflussen. Im vergangenen Jahr wurde weiter an atomaren Monolagen von Bornitrid und Fullerenmolekülen geforscht. Das im letzten Jahr entdeckte Bornitrid-Nanonetz wurde weiter auf seine Stabilität untersucht, und ob es sich auch auf anderen Metalloberflächen als Rhodium ausbildet. Ein EU-Forschungsprojekt mit neun europäischen Forschungsgruppen wurde zu diesem Thema bewilligt. Leicht schräg geschnittene Kristalle mit regelmässigen atomaren Treppenstufen im Abstand von etwa einem Nanometer eignen sich hervorragend, um lineare Ketten von C_{60} Molekülen herzustellen. Photoemissionspektren von solchen Fullerenketten deuten an, dass diese Molekülketten den elektrischen Strom entlang der Ketten leiten, nicht aber quer dazu.

12 Physik Biologischer Systeme

83

Gruppe Fink

Zur Erforschung der physikalischen Eigenschaften einzelner biologischer Moleküle dienen die in vergangenen Jahren entwickelten Methoden, wie temperaturabhängige Fluoreszenzmikroskopie zur Untersuchung einzelner DNS Moleküle in Flüssigkeiten, und Holografie mit langsamen Elektronen als neue Methode in der Strukturbiologie und Feldionen-Mikroskopie.

Lithografie mit fokussierten Ionenstrahlen wird zur Strukturierung auf der Nanometer-Skala und zur Verbindung biologischer Systeme mit Silizium-Strukturen verwendet. Im vergangenen Jahr wurden Experimente zum quantitativen Verständnis der Energetik einzelner DNS Moleküle abgeschlossen. Ferner wurde die Entwicklung eines auf kohärenter Elektronenoptik basierenden Prinzips zur Vermeidung von Strahlenschäden bei der Strukturuntersuchung einzelner Bio-Moleküle abgeschlossen und eine neuartige Punkt-Ionenquelle aus einem Festkörper-Elektrolyten erfunden.

13 Computer Assistierte Physik (CAP)

95

Gruppe Meier

Die Gruppe beschäftigt sich mit der Theorie der Hochtemperatur-Supraleitung und macht dabei von zwei prinzipiell verschiedenen Konzepten Gebrauch. Einerseits versucht sie, basierend auf *ab initio* Berechnungen lokale elektronische Eigenschaften der Kuprate (Feldgradienten, Hyperfeinfelder und chemische Verschiebungen) unter massivem Computereinsatz numerisch zu bestimmen. Andererseits versucht sie auch, Modelle zu finden, welche experimentelle Resultate (insbesondere aus Magnetresonanz- und Neutronenstreu-Experimenten) erklären können. Neueste Erfolge waren unter anderem die Bestimmung der Feldgradienten und Hyperfeinfelder in Zink-dotierten Kupraten und damit die Erklärung der nuklearen Quadrupolspektren der Kupferkerne, die Auffindung eines Modells für die Erklärung der Spin-Gitter-Relaxationszeiten in optimal dotierten, unterdotierten und überdotierten Kupraten und die Erklärung der Inkommensurabilitäten in Neutronenstreuexperimenten.

Mitarbeiter

Wissenschaftliches Personal

Yves Allkofer	CMS
Prof. Claude Amsler	ATHENA, CMS
Ralf Patrick Bernhard	DØ, LHCb
Jan Becker	H1
Dr. Roland Bernet	LHCb
Christophe Bersier	CAP
Louis Brandenberger	Oberflächenphysik
Dr. Vincenzo Chiochia	CMS
Claudio Cirelli	Oberflächenphysik
Martina Corso	Oberflächenphysik
Raffaele Dell'Amore	PTM
Dr. Daniele Di Castro	Supraleitung & Magnetismus
Andrei Dolocan	Oberflächenphysik
Andrei Dorokhov	CMS
Dr. Andreas Engel	PTM
Conrad Escher	Bio-Physik
Dr. Dmitry Eshchenko	Supraleitung & Magnetismus
Peter Fierlinger	UCN
Prof. Hans-Werner Fink	Bio-Physik
Ilaria Foresti	H1
Dr. Johannes Gassner	LHCb
Prof. Thomas Greber	Oberflächenphysik
Dr. Matthias Hengsberger	Oberflächenphysik
Stefan Heule	UCN
Christoph Hörmann	CMS
Dr. Ian Johnson	ATHENA
Prof. Hugo Keller	Supraleitung & Magnetismus
Nicolas Keller	H1
Dr. Rustem Khasanov	Supraleitung & Magnetismus
Martin Klöckner	Oberflächenphysik
Stefan Kohout	Supraleitung & Magnetismus
Dr. Michael Krüger	Bio-Physik
Fabio La Mattina	Supraleitung & Magnetismus
Dr. Jorge Lobo-Checa	Oberflächenphysik
Christina Lois Gomez	LHCb
Dr. Tatiana Latychevskaia	Bio-Physik
Dr. Frank Lehner	DØ, LHCb
Linus Lindfeld	H1
Dr. Niels Madsen	ATHENA
Alexander Maisuradze	Supraleitung & Magnetismus
Dr. Mihael Mali	Supraleitung & Magnetismus
Tamas Mayer	CAP

Wissenschaftliches Personal (cont)

Prof. Peter F. Meier	CAP
Prof. K. Alex Müller	Supraleitung & Magnetismus
Dr. Katharina Müller	H1
Dr. Matthias Muntwiler	Oberflächenphysik
Dr. Matthew Needham	LHCb
Dr. Hiroshi Okamoto	Bio-Physik
Dr. Taichi Okuda	Oberflächenphysik
Prof. Jürg Osterwalder	Oberflächenphysik
Kirill Prokofiev	CMS
Prof. Henk Pruys	ATHENA, CMS
Dr. Christian Regenfus	ATHENA, CMS
Mark Reibelt	PTM
Dr. Samuel Renold	CAP
Dr. Peter Robmann	CMS, H1, $\pi \rightarrow e\nu$, KOPIO
Armand Rochat	ATHENA
Dr. Josef Roos	Supraleitung & Magnetismus
Rosmarie Rössel	Studienberatung
Dr. Tariel Sakhelashvili	LHCb, $\pi \rightarrow e\nu$
Prof. Andreas Schilling	PTM
Dr. Richard Schillinger	Oberflächenphysik
Dr. Stefan Schmitt	H1
Carsten Schmitz	H1
Prof. Toni Schneider	Supraleitung & Magnetismus
Dr. Alexander Shengelaya	Supraleitung & Magnetismus
Matthew Siegler	LHCb
Dr. Thomas Speer	CMS
Dr. Olaf Steinkamp	LHCb
Dr. Erich Stoll	CAP
Simon Strässle	Supraleitung & Magnetismus
Prof. Ulrich Straumann	H1, LHCb, $\pi \rightarrow e\nu$, UCN
Anna Tamai	Oberflächenphysik
Sandra Pascale Thomann	Bio-Physik
Prof. Peter Truöl	H1, $\pi \rightarrow e\nu$, KOPIO
Dr. Anne-Christine Uldry	CAP
Max Urban	H1
Dr. Andries van der Schaaf	$\pi \rightarrow e\nu$, KOPIO
Simon Scheu	$\pi \rightarrow e\nu$, KOPIO
Achim Vollhardt	LHCb
Dimitro Volyanskyy	LHCb
Andreas Wenger	LHCb
Nicole Werner	H1
Dr. Stefania Xella Hansen	H1

Technisches und administratives Personal

Cornel Andreoli	Bio-Physik
Eva Baby	Sekretariat
Kurt Bösiger	Werkstatt
Tiziano Crudeli	Dokumentation
Walter Fässler	Dokumentation, Elektronik
Ruth Halter	Sekretariat
Martin Klöckner	Supraleitung & Magnetismus, Oberflächenphysik, PTM
Bruno Lussi	Werkstatt
Reto Meier	Werkstatt
Hanspeter Meyer	Elektronik
Lucien Pauli	Vorlesungsbetrieb
Rolf Reichen	Werkstatt
Jacky Rochet	ATHENA, CMS
Marcel Schaffner	Werkstatt
Jacqueline Schenk	Sekretariat
Silvio Scherr	Werkstatt
Bernhard Schmid	Werkstatt
Jürg Seiler	Vorlesungsbetrieb
Peter Soland	Elektronik
Stefan Steiner	CAD, CMS, LHCb
Karoly Szeker	Elektronik
Peter Treier	Werkstatt
Ursula Wolf	Sekretariat