

# Experimentieren im 21. Jahrhundert

Das aktuelle Forschungsprogramm des Heidelberger Kirchhoff-Instituts für Physik – Beitrag zum Large-Hadron-Collider

Von Karlheinz Meier

Wer heute das Neuenheimer Feld von der Berliner Straße her betritt, sieht zur Linken zwei große, quadratische Gebäude: das vordere noch im Rohbau befindlich, das hintere mit einer charakteristischen schwarzen Fassade. Nach der Hauptstraße im 19. Jahrhundert und dem Philosophenweg im 20. Jahrhundert wird die Heidelberger Experimentalphysik an dieser Stelle mindestens für das 21. Jahrhundert eine neue Heimat finden. Bereits seit 2002 ist das Kirchhoff-Institut für Physik als jüngstes Mitglied der physikalischen Institutsfamilie hier untergebracht. Das Physikalische Institut wird 2012 vom Philosophenweg kommend in das neue Klaus-Tschira-Gebäude einziehen. Am Philosophenweg wird die Heidelberger Fakultät für Physik und Astronomie ihre vielfältigen Aktivitäten in der theoretischen Physik und der Astrophysik bündeln.



Karlheinz Meier.  
Foto: Friederike Hentschel

Die experimentelle Physik hat seit Gustav Robert Kirchhoff einen enormen Wandel erfahren. Die Apparaturen des 19. Jahrhunderts waren noch auf einfachen Holzstützen zu platzieren, und die freundliche Heidelberger Sonne diente den Spektroskopikern sowohl als Forschungsobjekt als auch als willkommene Lichtquelle.

Heutige Anforderungen sind erheblich anspruchsvoller. Temperaturstabile Laboratorien, hochwertige Reinräume, schwingungsgedämpfte Böden, Kältetechnik, Labors für Mikroelektronik, extrem schnelle Datenetze, hochtechnisierte Werkstätten und eine große Experimentierhalle bilden die technische Basis für den Erfolg Heidelberger Experimentalphysiker im internationalen Wettbewerb. Ebenso wichtig: Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die mit dieser Technik kompetent umgehen und Hand in Hand mit den Wissenschaftlern für eine effiziente und wissensnahe Verwaltung von Menschen und Mitteln sorgen.

Welche Herausforderungen verfolgt die moderne Physik heute? Weiße Flecken auf der physikalischen Landkarte tun sich auf,

wenn neue apparative Methoden Zugang zu extremen Bedingungen gestatten. Am Beispiel der Forschungsgruppen des Kirchhoff-Instituts für Physik (KIP) sei dieser Ansatz mit Beispielen demonstriert, die einen Überblick über das Forschungsprogramm des Instituts liefern.

Beginnen wir bei extrem kleinen Abständen. Nach einer experimentell erwiehenen Hypothese des französischen Physikers de Broglie haben alle Dinge unserer Welt eine Wellenlänge. Wenn diese sehr klein sein soll, müssen die Objekte eine große Bewegungsenergie mitbringen. Dieser Ansatz wird von der Elementarteilchenphysik an Hochenergiebeschleunigern verfolgt. Der Large-Hadron-Collider (LHC) am Europäischen CERN Laboratorium ist das wohl bekannteste physikalische Großforschungsprojekt unserer Zeit. Bei extremen Abständen – kleiner als ein zehntausendstel eines Atomkerns – birgt unsere Welt möglicherweise viele Überraschungen.

## Einer der kältesten Orte

Am aufregendsten ist dabei die Reproduktion von Prozessen, die vor etwa 13 Milliarden Jahren bei der Entwicklung unserer Welt von formender Bedeutung waren. Fundamentale Parameter wie die Anzahl der Raumdimensionen oder die Erklärung der von den Astronomen im Weltall bereits nachgewiesenen dunklen Materie durch eine neue, supersymmetrische Teilchenwelt stehen auf dem Forschungsprogramm des LHC. Doch wie so häufig haben die Götter vor solche umwälzenden Erkenntnisse den Schweiß gesetzt. Ar-

beitsgruppen des KIP haben ganz entscheidend dazu beigetragen, das globale Unternehmen LHC auf die Beine zu stellen.

Wenn es um die Entwicklung raffinierter Mikroelektronik für die Teilchenphysik geht, sind die Spezialisten des KIP international gefragte Leute. Und die Zukunft? Physiker denken in strategischen Zeiträumen. Das FAIR Projekt an der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt ist in der Vorbereitung, und für ein mögliches Nachfolgeprojekt des LHC, den International Linear Collider (ILC) sind KIP Wissenschaftler dabei, die Entwicklungen in die richtige Richtung zu lenken.

Aber es geht auch anders. Extrem langweilige Materiewellen sind ein weiteres blühendes Arbeitsgebiet aktueller Physik. Die Hypothese von de Broglie weist auch hier den Weg. Lange Wellen erfordern aber nicht viel, sondern wenig Bewegung. Wenig Bewegung ist in der Physik gleichbedeutend mit extremer Kälte. Der unheimliche absolute Nullpunkt bei ungefähr mi-

nus 273 Grad kann zwar auch am KIP nicht erreicht werden, gerade die letzten Gradbruchteile über dieser magischen Temperatur bergen aber unglaublich spannende Physik. Mit Experimenten bei wenigen tausendstel oder gar milliardenstel Grad über dem absoluten Nullpunkt ist das Institut einer der kältesten Orte im Universum.

## Noch fundamentale Rätsel

Wenn die Materiewellen so lang werden wie der Abstand von Atomen, regieren die mysteriösen Gesetze der Quantenmechanik. Quantenmechanische Kondensate oder die Verschränkung von Teilchen als spukhafte Fernwirkung sind das tägliche Geschäft von Wissenschaftlern und Studenten in den Laboratorien des KIP, die dafür wie selbstverständlich mit flüssigem Helium oder Laserkühlung hantieren.

Auch die klassische Welt birgt noch fundamentale Rätsel, gerade wenn es um

die Schnittstelle zum Leben geht. Der extreme Ansatz liegt hier in einer noch nicht vollständig verstandenen Erscheinung, die als Komplexität bezeichnet wird. Offensichtlich funktioniert beispielsweise die Informationsverarbeitung im Gehirn völlig anders als unsere modernen leistungsfähigen Computer. Bemerkenswerte Unterschiede liegen im geringen Energieverbrauch, in der Fähigkeit Fehlfunktionen zu tolerieren, im Zusammenspiel von 100 Milliarden Netzwerkknoten und 1000 Billionen Verbindungen sowie ganz besonders in der Fähigkeit zur Selbstorganisation durch Lernprozesse.

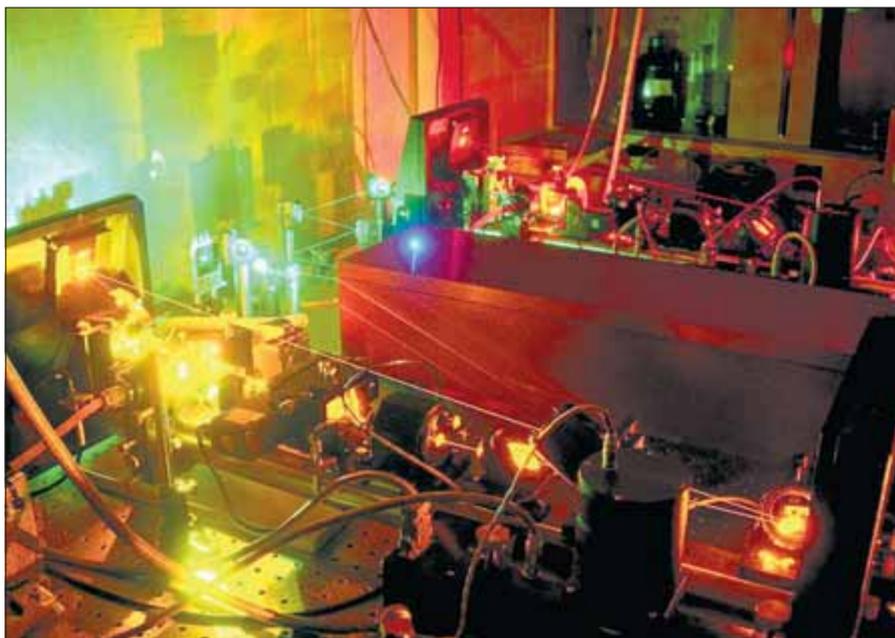
## Kreative Menschen

Es ist wohl eine ganz große Herausforderung naturwissenschaftlicher Forschung, diesen so völlig anderen Prinzipien auf die Spur zu kommen und sie für neuartige, synthetische Systeme auf elektronischer Basis zu nutzen. Dies könnte mittelfristig zu einer radikalen Umwälzung der Informationstechnologie führen. Auch diesem innovativen Forschungsgebiet gehen Wissenschaftler des KIP im Rahmen vieler internationaler Projekte nach.

Experimente bei extremen Bedingungen, heiß, kalt oder viel, so lässt sich moderne Physik in einem Satz zusammenfassen. Wie steht es dabei um die Bedeutung für die Gesellschaft? Wissen als Grundlage für die Kultur ist hier an allererster Stelle zu nennen. Dieses Argument allein rechtfertigt Ausgaben von knapp 3 Prozent des deutschen Bruttoinlandsproduktes für die Forschung. Aber da ist natürlich mehr.

Das World-Wide-Web, der Laser, der Transistor, der Kernspintomograph oder die Schwerionentherapie sind nicht an den grünen Tischen so genannter Wissenschaftsstrategen entstanden, sondern dort, wo kreative Menschen mit Lötkolben, Messinstrumenten und Magneten hantieren. Dass es dabei bleibt, ist zentrales Anliegen der Physik, insbesondere auch der Heidelberger Fakultät für Physik und Astronomie. Grundlage für eine gute Zukunft sind unsere Studenten.

Info: Prof. Karlheinz Meier ist Direktor des Kirchhoff-Instituts für Physik.



Laserfalle für Experimente mit kalten Atomen im Heidelberger Kirchhoff-Institut für Physik. Foto: privat

# Wissen, was die UmWelt bewegt

Die Umweltwissenschaften geben Antworten auf die zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts – Neues Zentrum in Heidelberg

Von Ulrich Platt und Nicole Vollweiler

Unsere Umwelt ist in stetem Wandel. Themen wie Globalisierung, Klimawandel, Ressourcenverknappung, Ausstieg aus der Atomenergie und Wechsel zu erneuerbaren Energien beschäftigen die Öffentlichkeit und jeden Einzelnen. Bei den zahllosen Medienberichten verliert man nicht selten den Überblick. Hier kommen die Umweltwissenschaften ins Spiel. Sie geben Antworten auf die zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts.



Ulrich Platt. Foto: Uni

An der Universität Heidelberg sind diese Disziplinen lebendig und in der ganzen Breite vertreten – von der Umweltpolitik über die Geo- und Biowissenschaften bis hin zur Umweltökonomie und den Sozial- und Rechtswissenschaften. Dabei spielen die Atmosphäre, der Wasserkreislauf, Gesteine und Böden sowie die tierische und pflanzliche Lebewelt eine ebenso große Rolle wie die Gesellschaft, Wirtschaft und Politik. Das Konzept der Ruprecht-Karls-Universität, den kompletten Fächerkanon abzudecken, ist eine besondere Stärke und sichert ihr auch im Umweltbereich eine Führungsrolle innerhalb der deutschen Hochschullandschaft.

## Gemeinsam sind wir stark!

Hochspezialisiert an detaillierten Problemen zu arbeiten, ist die Grundlage aller Wissenschaft. Doch die Herausforderungen im Umweltbereich sind so vielschichtig, dass sie nicht von einzelnen Fachbereichen im Alleingang bewältigt werden können. Daher geht der in Heidelberg eingeschlagene Weg deutlich weiter. Fächergrenzen werden überwunden, Natur-, Geistes- und Gesellschaftswissenschaftler erarbeiten von Grund auf gemeinsam Antworten. Veränderungen sowohl im globalen als auch im regionalen Maßstab werden erfasst, die Relevanz bewertet, Prognosen für die Zukunft erstellt und Strategien zur Milderung und Anpassung erarbeitet.



Erdöl und -gas gehören zu den Schlüsselressourcen einer globalisierten Wirtschaft. Das Bild aus der Karakum-Wüste in Turkmenistan zeigt einen brennenden Gaskrater mit großen LKW im Vordergrund, welche Röhren für eine neue transkontinentale Gaspipeline transportieren. Foto: Prof. Hans Gebhardt

All dies wird in Heidelberg gebündelt in einem neuen Zentrum für Umweltwissenschaften, welches die institutionelle Plattform der Einzelprojekte ist, den Austausch und die Kooperation vorantreibt und neue Forschungsinitiativen anregt. Es steht allen Fächern und Wissenschaftlern der Universität offen, fasst Forschungsergebnisse zusammen und macht sie für den Dialog mit der Öffentlichkeit nutzbar. Diese Kommunikation und Wissensvermittlung sind für eine demokratische Zivilgesellschaft unverzichtbare Aufgaben der Wissenschaft.

Auf Seiten der Naturwissenschaften nimmt das Institut für Umweltpolitik eine wichtige Position ein. Hier stehen die Erforschung der physikalischen Grundlagen von Umweltprozessen in Atmosphäre, Boden, Wasser und Eis, die Auswirkungen des globalen Wandels auf wichtige Kreisläufe (Wasser, Spurenstoffe, Kohlenstoff) und die Rekonstruktion des Klimas der

Vergangenheit auf Grundlage verschiedener Klima-Archive im Mittelpunkt.

Eng damit verzahnt untersuchen die Geowissenschaften Stoffkreisläufe hinsichtlich von Schad- und Nährstoffen zum Schutz und zur Sicherung von Lebensressourcen. Sie arbeiten im Wechselwirkungsbereich zwischen belebter und unbelebter Natur. Die Biowissenschaften widmen sich unter anderem der Ökologie und Ökotoxikologie, der Gewässergüte, der Entwicklung von Testmethoden und -strategien zur Umweltüberwachung und dem bedeutsamen Faktor der Artenvielfalt von Tieren und Pflanzen.

Es hat sich gezeigt, dass bei einer Beschränkung auf naturwissenschaftliche Ansätze viele Umweltprozesse und Zusammenhänge nicht berücksichtigt werden. Aus diesem Grund bilden die Geistes-, Sozial- und Gesellschaftswissenschaften die unverzichtbare zweite Säule, auf der die Heidelber-

ger Umweltwissenschaften gründen. Die Geographie als Brückenfach zwischen den Natur- und Gesellschaftswissenschaften nimmt dabei eine Schlüsselposition ein, wobei Fragestellungen wie die Verknappung von Rohstoffen, das Wassermanagement und die Trockengebietforschung eine zentrale Rolle spielen.

Die Umweltökonomie nimmt die wirtschaftlichen Prozesse in den Blick, die in vielerlei Hinsicht wichtige Steuergrößen im System Umwelt/Gesellschaft beinhalten. Ähnlich verhält es sich mit der Gesetzgebung im Umweltbereich. Aus dem Verfassungs-, Europa- und Völkerrecht ergeben sich wichtige Wertmaßstäbe (Gesundheitsschutz, Naturschutz, Nachhaltigkeit) für die zu treffenden Entscheidungen und deren Umsetzung. Aus psychologischer Perspektive sind das naive Verständnis komplexer Umweltpänomene und die daraus resultierenden Bewertungen interessant.

Darüber hinaus kommen Erkenntnisse und Methoden aus der Soziologie und den Geisteswissenschaften, wie beispielsweise aus den Altertumswissenschaften, zum Einsatz und runden das Gesamtprofil ab.

## Themenfeld „Globaler Wandel“

In Heidelberg existiert eine lange Tradition der Zusammenarbeit über Fächergrenzen hinweg. Diese nimmt momentan weiteren deutlichen Aufschwung durch zahlreiche neue, disziplinübergreifende Projekte im Themenfeld „Globaler Wandel und Globalisierung“. In einem dieser Projekte beschäftigen sich Umweltpophysiker, Geographen, Biologen, Juristen und Umweltökonominnen mit der Wasserknappheit und dem Wassermanagement im Nahen Osten. Im Rahmen des Marsilius-Kollegs betätigen sich Heidelberger Forscher auf dem spannenden Terrain des so genannten Climate Engineering.

Dabei geht es um die Bewertung der noch schwer abschätzbaren Möglichkeiten und Grenzen von Technologien, mit deren Hilfe der Temperaturanstieg auf der Erde vermindert werden könnte. Hierzu zählen unter anderem das Einbringen von Schwefel in die Atmosphäre und das Düngen von Meeresalgen mit dem Ziel, Kohlendioxid zu binden. Es liegt auf der Hand, dass die Zusammenarbeit von Naturwissenschaftlern, Juristen und Ökonomen Voraussetzung für das ganzheitliche Erfassen und Bearbeiten dieser Probleme ist. Im Bereich der Umweltökonomie wird zusammen mit Kollegen der Psychologie außerdem untersucht, mit welchen besonderen Herausforderungen sich alternde Gesellschaften in Bezug auf den Umweltwandel konfrontiert sehen.

Dies ist nur eine kleine Auswahl aus dem Spektrum der interdisziplinären Umweltforschung. Die Universität Heidelberg macht sich damit fit für die Zukunft und stellt sich den Herausforderungen, die eine sich wandelnde und globalisierte Welt an die moderne Wissenschaft heranträgt – und dies nicht nur im innerfachlichen Dialog, sondern gerade auch als verlässlicher Ratgeber für Öffentlichkeit und politische Entscheidungsträger.