

BUW OUTPUT

Forschungsmagazin *Research bulletin* der Bergischen Universität Wuppertal · I / 2009 · buw-output.de



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Auf der Suche nach den
kosmischen Beschleunigern

*Ultra high energy particles –
Searching for their cosmic source*

von / by Karl-Heinz Kampert

Neutrinojagd am Südpol

Hunting neutrinos at the South Pole

von / by Anna Franckowiak

Nach 100 Trillionen Rechenoperationen
beim historischen Ergebnis

Quarks, gluons and QCD

von / by Zoltan Fodor und Christian Hoelbling

Empirie und Mathematik in den Naturwissen-
schaften – historisch und philosophisch

*Empiricism and Mathematics in the Natural
Sciences – an Historical and Philosophical View*

von / by Friedrich Steinle

Gesundheit der Zukunft –
Zukunft der Gesundheit

Health of the future – future of health

von / by Rainer Wieland und Kerstin Schneider



Ehrlich, fair, solide: Unsere Sparkasse



Profitieren Sie von unserer Beratung nach dem Sparkassen-Finanzkonzept, ganz auf Ihre Bedürfnisse zugeschnitten:
Ehrlich, fair, solide.

Unsere Kundenberater sind für Sie da: in 9 Vermögenscentern, in 34 Geschäftsstellen und telefonisch unter der Telefonnummer
0202 488-2424, montags bis freitags, von 8.00 Uhr bis 22.00 Uhr. Bitte sprechen Sie uns an. www.sparkasse-wuppertal.de.

Wenn's um Geld geht – Sparkasse.

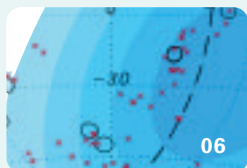
BUW OUTPUT

Forschungsmagazin *Research bulletin* der Bergischen Universität Wuppertal · I / 2009 · buw-output.de

INHALT / CONTENTS

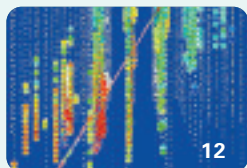
04

Editorial von / by Michael Scheffel



06

Die höchstenergetischen Teilchen des Universums
Auf der Suche nach den kosmischen Beschleunigern
Ultra high energy particles – searching for their cosmic source
von / by Karl-Heinz Kampert



12

Über die Geheimnisse hochenergetischer Teilchen aus astrophysikalischen Quellen
Neutrinojagd am Südpol
Hunting neutrinos at the South Pole
von / by Anna Franckowiak



16

Quarks, Gluonen und die QCD –
Nach 100 Trillionen Rechenoperationen beim historischen Ergebnis
Quarks, gluons and QCD
von / by Zoltan Fodor und Christian Hoelbling



22

Das interdisziplinäre Zentrum für Wissenschafts- und Technikforschung
Empirie und Mathematik in den Naturwissenschaften – historisch und philosophisch
Empiricism and Mathematics in the Natural Sciences – an Historical and Philosophical View
von / by Friedrich Steinle



30

Das Bergische Kompetenzzentrum für Gesundheitsmanagement und Public Health
Gesundheit der Zukunft – Zukunft der Gesundheit
Health of the future – future of health
von / by Rainer Wieland und Kerstin Schneider

36

Research News

40

Forschungseinrichtungen / Research Centers

42

Forschungsförderung / Kontakt / Research Funding Management / Contact

42

Impressum / About this Publication

In der Tradition Humboldts



von / by

Prof. Dr. Michael Scheffel

Prorektor für Forschung, Drittmittel
und Graduiertenförderung

Forschung gehört neben der Lehre zu den originären Aufgaben einer Universität in der humboldtschen Tradition. Im Sinne dieser Tradition ist die Universität der genuine Ort von Forschung und Innovation in einer demokratischen Gesellschaft – sie allein, daran hat der Präsident des Deutschen Hochschulverbandes, Bernhard Kempen, aus gegebenem Anlass vor kurzem noch einmal nachdrücklich erinnert, vermag einen Raum zu schaffen, in dem sich Forschung und Lehre durchdringen und in einem dialogischen Prozess auch wechselseitig befruchten können. Aber was genau bedeutet Forschung an einer zeitgenössischen Universität, womit beschäftigen sich hier die Forscherinnen und Forscher? In unserer hoch spezialisierten modernen Welt wissen sogar viele, die selbst an einer Universität forschen, lehren und studieren, wenig von den Zielen, Gegenständen und Methoden der aktuellen Forschung außerhalb des eigenen Fachs.

BUW.OUTPUT, das neue Forschungsmagazin unserer, der Bergischen Universität, will nicht zuletzt dazu beitragen, die Sichtbarkeit von Forschung über die Fachgrenzen hinaus zu erhöhen und ein wenig mehr öffentliche Transparenz zu schaffen. In diesem Geiste wollen die Beiträge dieses, ab dem Sommersemester 2009 halbjährlich erscheinenden Magazins einen Einblick in die ebenso lebendige wie vielfältige Forschungslandschaft an der Bergischen Universität geben. Welche Entdeckungen wurden gemacht, welche Einsichten ermöglicht, was für Brücken zur praktischen Anwendung von Erkenntnissen der Wissenschaft wurden und werden zum allgemeinen Nutzen geschlagen? Die Ergebnisse, Fragen und Absichten, die sich mit einzelnen Projekten oder größeren Forschungsgruppen verbinden, aber auch die Institute

und Zentren der Forschung an unserer Universität sollen im Rahmen dieses Magazins vorgestellt werden.

Die zahlreichen Forschungsaktivitäten an unserer Universität kann das vorliegende erste Heft von BUW.OUTPUT naturgemäß nicht vollständig, ja nicht einmal in repräsentativer Weise darstellen. Notgedrungen musste hier eine schmale Auswahl getroffen werden – aber Heft für Heft wird sich dann ein immer vollständigeres und „runderes“ Bild ergeben. Neben kurzen Neuigkeiten aus der Welt der Forschung präsentiert das erste Heft ausführlicher laufende Projekte, die teils von Nachwuchswissenschaftler(inne)n, teils von längst etablierten Wissenschaftler(inne)n verantwortet werden. Dass Erkenntnisse im Rahmen von zwei dieser Projekte in der renommierten Zeitschrift „Science“ publiziert und jeweils zu einer von zehn Durchbruchsarbeiten der letzten beiden Jahre weltweit erklärt worden sind, spricht für das hohe Niveau, auf dem man Forschung an unserer Universität betreibt. Den Auftakt in der Reihe der vorgestellten wissenschaftlichen Zentren und Institute macht – als erstes der für die Ausbildung eines transdisziplinären Forschungsprofils der Bergischen Universität so wichtigen interdisziplinären Zentren – das Zentrum für Wissenschafts- und Technikforschung (IZWT). Aus aktuellem Anlass wird außerdem noch das soeben gegründete „Bergische Kompetenzzentrum für Gesundheitsmanagement und Public Health“ (BKG) porträtiert.

Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern eine anregende Lektüre!

{ In the tradition of Humboldt }

Stemming from Wilhelm von Humboldt (1767 – 1835), German university tradition sees research and teaching as two radically inseparable tasks of higher education. In a democratic society the university is the genuine seat of research and innovation: only there, as the President of the Association of German Universities, Bernhard Kempen, recently reminded us, is there a space where research and teaching can come together in fruitful, interactive dialogue. But what does research actually mean in a modern university? What problems do scientists and academics face, what tasks do they concretely perform? In the complex, highly specialized world in which we live many people who themselves teach, learn and pursue research at university know little about the aims, subject matter and methods of disciplines other than their own.

BUW.OUTPUT, the new research bulletin of the University of Wuppertal (UW), seeks to fill this gap, making research more visible across specialist frontiers and enhancing its public accessibility and transparency. Appearing twice yearly from summer semester 2009, BUW.OUTPUT will provide a view of the bustling, many-sided research landscape at UW. What discoveries have been made, what insights gained, what bridges built to transfer and apply knowledge for the benefit of society? Asking these questions, the bulletin will focus on the goals, problems and results of individual projects and larger research groups, as well as presenting the work of UW's various Institutes, and of the Interdisciplinary Centers that play a key role in the development of the university's cross-disciplinary research profile.

Far from covering the research activities of our university in full (or even in adequate cross-section), the first issue of BUW.OUTPUT can offer only a small selection of articles, with the promise that, over time, the view will widen. As well as brief notes on topical innovations, the bulletin carries longer articles on current projects of both young and established scientists and scholars. Two of the projects described in these pages have been published in the leading US journal *Science*, which ranked them among the ten most significant scientific breakthroughs of the past two years – an indication of the high level at which UW research is conducted. The first of our Institutes and Interdisciplinary Centers to be presented is the Interdisciplinary Center for Science and Technology Studies (IZWT) and, because of its topicality, the recently founded Regional Competence Center for Health Management and Public Health also earns a place in this opening issue.

Enjoy your reading!



PS: For the English version visit www.buw-output.de

Die höchstenergetischen Teilchen des Universums



von / by

Prof. Dr. Karl-Heinz Kampert

kampert@uni-wuppertal.de

Abb. 1: Eine der 1.600 Detektorstationen des Pierre Auger Observatoriums zum Nachweis der Teilchen am Erdboden und eines der 24 Teleskope zum Nachweis des Fluoreszenzlichtes in der Atmosphäre


Fig. 1: One of 1600 detector stations at the Pierre Auger Observatory in Argentina measuring cosmic particle impact on the earth's surface, and one of 24 telescopes for observation of atmospheric fluorescent light.

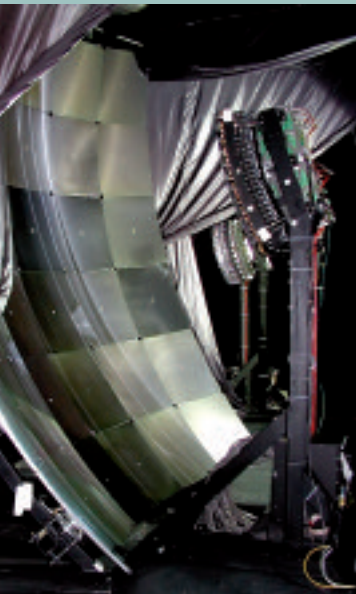


Moderne astronomische Teleskope versorgen uns mit einer Vielzahl brillanter Himmelsaufnahmen, die immer wieder überraschende neue Einblicke in kosmische Prozesse gewähren. Die verschiedenartigen Teleskope vermessen hierbei das elektromagnetische Spektrum vom Radiobereich bis zur hochenergetischen Gamma-Strahlung und ihre Bilder üben eine starke Faszination aus. Vergleichsweise unmerklich geblieben ist hingegen der Schwarm hochenergetischer Teilchen, der unablässig auf die Atmosphäre trifft. Auch wenn diese so genannte kosmische Strahlung nicht direkt sichtbar ist, so beeinflusst sie uns Menschen doch in vielerlei Hinsicht. Die energiereichen Protonen, Alpha-Teilchen und schweren Atomkerne können zum Beispiel DNS-Stränge des Erbguts aufbrechen und zu Mutationen führen und somit letztlich zur Entwicklung des Lebens beigetragen haben. Neuen Modellrechnungen zufolge fördert die kosmische Strahlung auch die Wolkenbildung und ist damit für unser Klima mit verantwortlich.

{ Ultra high energy particles – searching for their cosmic source }

High energy cosmic radiation, responsible for some basic biological and meteorological processes, has been known for 100 years, but where does it come from? The 3,000 sq km Pierre Auger Observatory in Argentina catches these rare particles, more than 100 million times more powerful than those produced in CERN's Large Hadron Collider. Its combined array of particle detectors and electronic telescopes records air showers released by the impact of the particles in the atmosphere, generating data that indicates the distance and situation of their source.

Some are thought to originate within our galaxy, but the highest energy particles must come from deeper in the universe. Confirmation of the 1964 GZK prediction on the filter-effect of background cosmic microwaves was singled out as one of 2007's three leading scientific breakthroughs, and the discovery of a so-called "ankle" in high energy particle trajectories, suggesting a transition from galactic to extragalactic origin, was ranked among the top ten scientific events of 2008. 



Trotz nahezu 100-jähriger Forschung blieben die Quellen der Strahlung bislang im Dunklen verborgen. Erst seit wenigen Jahren ist die Wissenschaft nun in der Lage, den Bereich der höchstenergetischen Teilchen systematisch zu erschließen. Es ist sehr bemerkenswert, dass die Energien der höchstenergetischen kosmischen Teilchen die Teilchenenergien des in Kürze in Betrieb gehenden größten irdischen Teilchenbeschleunigers (Large Hadron Collider (LHC) am europäischen Forschungszentrum in Genf) mehr als 100-millionenfach übertreffen! Wo im Kosmos befinden sich diese enormen Teilchenbeschleuniger, wie funktionieren sie, was verraten sie uns über bislang unbekannte Prozesse im Universum und über Teilchenphysik bei höchsten Energien? Dies sind die Fragen, die mit Hilfe des Pierre Auger Observatoriums in Argentinien beantwortet werden sollen. Der österreichische Physiker Victor Hess entdeckte 1912 die kosmische Strahlung auf Freiballonflügen bis in 5.000 m Höhe. Er konnte nachweisen, dass die elektrische Leitfähigkeit der Luft, hervorgerufen durch energiereiche geladene Teilchen, in Höhen oberhalb von etwa 1.000 m sehr stark zunimmt. Da dieses Phänomen nicht durch die Radioaktivität der Erde erklärt werden konnte, schloss Victor Hess folgerichtig auf einen außerirdischen Ursprung der energiereichen Teilchen. Heute ist bekannt,

dass die kosmische Strahlung überwiegend aus Protonen und Atomkernen unterschiedlicher Energie besteht und sie aus verschiedenen Quellen innerhalb und außerhalb der Milchstraße stammen müssen.

Im Gegensatz zur elektromagnetischen Strahlung, die mit den bereits erwähnten Teleskopen nachgewiesen wird, ist die kosmische Strahlung auf ihrem Weg von der Quelle zur Erde Ablenkungen in Magnetfeldern ausgesetzt. Ihre Ankunftsrichtung enthält daher keinerlei Informationen über den Standort ihrer Quellen im Universum. Es ist vor allem dieses Problem, welches die Suche nach den Quellen der kosmischen Strahlung so schwierig gestaltet und seit fast 100 Jahren auch verhindert hat. Als sicher gilt nur, dass die niederenergetische Strahlung ($E < 10^9$ eV) überwiegend von der Sonne stammt. Der Ursprung der höherenergetischen Teilchen liegt nach bisherigen Erkenntnissen in fernen Regionen unserer Heimatgalaxie, vermutlich in den Überresten von Supernova-Explosionen. Die Teilchen mit Energien oberhalb von einigen 10^{16} eV können aber selbst durch diese spektakulären Prozesse nicht mehr erklärt werden. Auch reicht die magnetische Bindungskraft unserer Milchstraße nicht aus, geladene Teilchen oberhalb dieser Energie einzuschließen. Die Quellen der höchstenergetischen Teilchen werden daher außerhalb unserer Milchstraße vermutet. Vielversprechende Kandidaten »

Auf der Suche nach den kosmischen Beschleunigern

» sind so genannte aktive Galaxien (AGN), d.h. Galaxien in deren Zentren ein äußerst massereiches schwarzes Loch ($M > 10^9$ Sonnenmassen) größere Materiemengen verschlingt. Auch so genannte Gamma-Ray Bursts (siehe den Artikel von Anna Franckowiak in dieser Ausgabe), vermutlich verschmelzende Neutronensterne oder schwarze Löcher, werden diskutiert. Niemand kann bisher jedoch sicher sagen, wie es diese oder auch andere Objekte schaffen, Teilchen auf über 100-millionenfache LHC-Energie zu beschleunigen. Eine andere Gruppe von Theoretikern vermutet daher, dass die höchstenergetischen kosmischen Teilchen vielmehr aus dem Zerfall schwerer Reliktteilchen des frühen Universums stammen, d.h. aus Teilchen die ca. 10^{-35} Sekunden nach dem Urknall entstanden sind und vielleicht einen wichtigen Beitrag zur dunklen Materie des Universums liefern.

Der Grad der Ungewissheit über den Ursprung der kosmischen Strahlung und damit das Ausmaß der Spekulationen steigt also mit der Energie der kosmischen Strahlung an. Ironischerweise besteht aber gerade bei höchsten Energien eine berechtigte Hoffnung, den Rätseln auf die Spur zu kommen. Bei Energien oberhalb von einigen 10^{19} eV ändern sich die Bedingungen in entscheidender Weise: Zum einen erleiden Protonen oberhalb einer Schwellenenergie von $5 \cdot 10^{19}$ eV Wechselwirkungen mit der Mikrowellenhintergrundstrahlung des Universums, einem Relikt aus Zeiten kurz nach dem Urknall. Dieser so genannte GZK-Effekt wurde schon in den 60er Jahren vorhergesagt. Werden also Teilchen oberhalb dieser Schwelle beobachtet, muss sich ihr Ursprungsort in unserer unmittelbaren kosmologischen Nachbarschaft (Entfernung unter ~ 300 Millionen Lichtjahre) befinden. Dies schränkt die möglichen Vieldeutigkeiten bei der Quellsuche entscheidend ein. Der zweite Grund, warum das

Rätsel der kosmischen Strahlung gerade bei höchsten Energien gelöst werden könnte, liegt darin, dass die magnetische Steifigkeit (d.h. das Verhältnis aus Impuls und Ladung) der geladenen Teilchen bei hohen Energien so groß wird, dass galaktische und intergalaktische Magnetfelder kaum imstande sind, sie von ihrer Bahn abzulenken. Anders als bei niedrigeren Energien verrät uns die Ankunftsrichtung der höchst-energetischen kosmischen Teilchen somit doch etwas über die Position der Quelle am Himmel. Beide Prozesse zusammengenommen schaffen daher ideale Bedingungen, den Quellen der Strahlung auf die Spur zu kommen und damit ein neues Fenster zum Universum zu öffnen.

Wie so oft, verlangen Idealbedingungen ihren Preis: der Fluss der Teilchen oberhalb von einigen 10^{19} eV sinkt auf lediglich ein Teilchen pro Quadratkilometer und Jahrhundert! Um mindestens eines der extrem hochenergetischen Teilchen pro Woche in einem Observatorium nachzuweisen, ist daher eine Messfläche von ca. 3.000 km² erforderlich (z.Vgl.: das Saarland hat eine Fläche von ca. 2.570 km²). Ein geeigneter Standort wurde in der argentinischen Hochebene Pampa Amarilla in der Provinz Mendoza am Rande der Anden gefunden. Die Region ist nur sehr dünn besiedelt, nahezu flach mit Erhöhungen nur am Rande und sie bietet sehr gute atmosphärische Bedingungen für optische Beobachtungen.

Nach einer mehrjährigen Designstudie und etwa 6-jähriger Bauzeit wurde das Pierre Auger Observatorium im Juni 2008 fertig gestellt. Die Bergische Universität Wuppertal hat mit Unterstützung des Bundesministeriums hierzu wesentliche Beiträge geleistet. Da die Wechselwirkung der Teilchen in der Atmosphäre nur sehr unzureichend bekannt ist, wurde ein Konzept entwickelt, bei dem der Teilchennachweis gleichzeitig über zwei ver-

{ Ultra high energy particles – searching for their cosmic source }

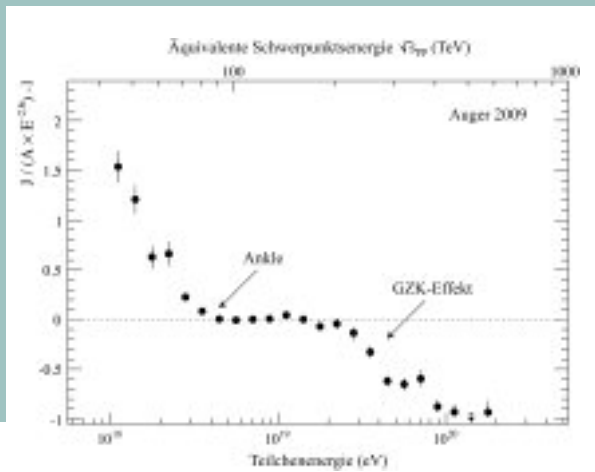


Abb. 2: Das obere Ende des Energiespektrums der kosmischen Strahlung [1]. Der erstmalige zweifelsfreie Nachweis der GZK-Signatur wurde als Top-Ten Ergebnis der Physik im Jahre 2008 gewertet.

Fig. 2: Top end of the cosmic ray energy spectrum [1]. The first firm evidence for the observation of the GZK-effect was ranked one of 2008's ten leading scientific breakthroughs.

schiedene und weitgehend unabhängige Methoden erfolgt: Einer Art Fangnetz aus 1.600 Teilchendetektoren am Boden zum Nachweis der in der Atmosphäre erzeugten Luftschauer (d.h. Teilchenlawinen, die durch die, in die Atmosphäre eindringenden, hochenergetischen kosmischen Teilchen ausgelöst werden) und einem System aus insgesamt 24 großflächigen elektronischen Spiegelteleskopen, die die Leuchtspur der Luftschauer in der Atmosphäre oberhalb der Bodendetektoren aufzeichnen. Die Leuchterscheinung wird durch die geladenen Schauerpartikel hervorgerufen, welche die Stickstoffmoleküle zur Emission von Fluoreszenzlicht anregen. Abbildung 1 zeigt eine der 1.600 Detektorstationen und eins der 24 Teleskope.

Die optischen Beobachtungen der Luftschauer sind nur in klaren mondlosen Nächten möglich. Dies reduziert die Messzeit auf ca. 15 % der Gesamtdauer. Mit den Bodendetektoren wird dagegen 24 Stunden am Tag gemessen. Die reduzierte Messzeit der Teleskopsysteme wird aber kompensiert durch die einzigartige Qualität der Messdaten: Die Leuchtspuren geben ein vollständiges geometrisches Abbild der Luftschauerentwicklung und erlauben u.a. eine kalorimetrische Bestimmung der Energie des Primärteilchens, basierend auf ausschließlich im Labor bestimmten Messgrößen. Annahmen über Wechselwirkungsprozesse der Teilchenphysik bei höchsten Energien erübrigen sich somit. Die gleichzeitig mit den Teleskopen und den Bodenstationen aufgezeichneten Ereignisse erlauben eine Kalibration der Bodendetektoren, die dann auf die gesamten 100% der Messdaten angewendet werden kann. Dieses erstmals im Pierre Auger Observatorium entwickelte Hybrid-Messprinzip ergänzt in idealer Weise die Vor- und Nachteile verschiedener experimenteller Nachweismethoden und wird

inzwischen von anderen kleineren Experimenten kopiert.

Die Daten des Pierre Auger Observatoriums erfüllen alle gesteckten Ziele und übertreffen diese z.T. sogar. Schon nach dem Aufbau von 100 der 1.600 Bodendetektoren und einem der 24 Teleskope wurde mit dem routinemäßigen Messbetrieb und der Datenanalyse begonnen, um Erfahrungen zu sammeln und Verbesserungen direkt umsetzen zu können.

Neueste Ergebnisse zur Energieverteilung der kosmischen Strahlung sind in Abbildung 2 gezeigt. Man beobachtet zwei markante Strukturen: die so genannte Ferse (Ankle), die vermutlich den Übergang von der galaktischen zur extragalaktischen Strahlung markiert, und einen Abbruch des Spektrums bei einigen 10^{19} eV. Die Position und Form dieser Struktur legt nahe, dass es sich um den o.g. GZK-Effekt handelt, d.h. um die Beobachtung der Wechselwirkung von kosmischer Strahlung und dem Mikrowellenhintergrund des Universums. Dieser erstmals zweifelsfreie Nachweis der Signatur [1] wurde im vergangenen Jahr zu den Top-Ten Ergebnissen der Physik gezählt. Er erlaubt – quasi als Nebenprodukt – die bisher genaueste Bestätigung der Lorentz-Invarianz, einem Grundpfeiler der Physik.

Eine weitere zentrale Beobachtungsgröße liegt in der Richtungsverteilung der höchstenergetischen Teilchen. Bei niedrigeren Energien konnten von anderen Experimenten bislang keine Abweichungen von der Isotropie der Strahlung nachgewiesen werden. Die Pierre Auger Kollaboration hat daher verschiedene einschlägige Untersuchungen durchgeführt. Insbesondere wurde der Frage nachgegangen, ob die Richtungsverteilung der höchstenergetischen Teilchen eine Korrelation zu den Himmelspositionen bekannter naher aktiver Galaxien aufweist. Dies konnte in der Tat nachgewiesen werden. »

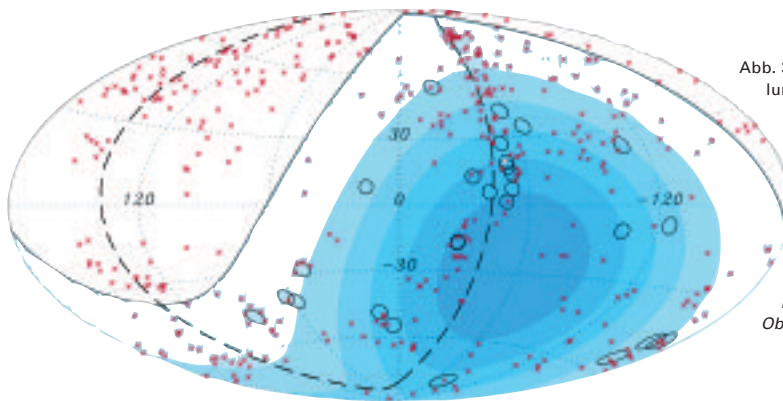


Abb. 3: Himmelskugel in galaktischen Koordinaten mit Darstellung der Ankunftsrichtungen der 27 höchstenergetischen Ereignisse des Pierre Auger Observatoriums und der Positionen aktiver Galaxien im Umkreis von 250 Millionen Lichtjahren. Der farbige Bereich zeigt die Himmelsabdeckung des Observatoriums und die Sterne die Positionen der nahen AGNs.

Fig. 3: Sky-plot in galactic coordinates showing trajectories of 27 highest energy events at the Pierre Auger Observatory and the position of active galaxies within a range of 250 million light years. Colored area shows the Observatory's coverage; stars show position of nearby AGNs.

» Die stärkste Korrelation der Ereignisse fand sich für Energien oberhalb $5 \cdot 10^{19}$ eV mit den AGNs in einem Umkreis von 250 Millionen Lichtjahren [2]. Von den 27 höchstenergetischen Ereignissen weisen 20 eine Richtungskorrelation innerhalb einer Winkelöffnung von 3.1° auf. Unterhalb dieser Energieschwelle sind die Ereignisse dagegen nahezu isotrop am Himmel verteilt. Das außerordentlich überraschende Ergebnis legt den Schluss nahe, dass der GZK-Effekt als Filter auf nahe AGNs wirkt und die Ablenkung der Strahlung durch kosmische Magnetfelder hinreichend gering wird. Eine Himmelsverteilung der Ereignisse und der AGNs innerhalb eines Umkreises von 250 Mio. Lichtjahren ist in Abbildung 3 gezeigt. Ob die AGNs nun die eigentlichen Quellen der höchstenergetischen Ereignisse sind, lässt sich derzeit noch nicht abschließend beurteilen, denn die AGNs folgen ihrerseits der großräumigen Struktur des Universums, so dass sie nur „Spurengerber“ sein könnten. Dies zu untersuchen, ist Gegenstand verschiedener Analysen mit immer besser werdender Datenstatistik. Das im Science Magazin veröffentlichte Ergebnis hat jedoch schon ein enormes Echo ausgelöst und wurde nach der Gen- und Stammzellenforschung auf Platz drei der größten wissenschaftlichen Durchbrüche des Jahres 2007 gezählt.

Neben der Bestimmung des Energiespektrums und der Richtungsverteilung werden eine Vielzahl weiterer Analysen durchgeführt, so u.a. die Bestimmung der Massenzusammensetzung der Strahlung, die Suche nach hochenergetischen Neutrinos und Photonen, oder auch die Untersuchung der Eigenschaften hochenergetischer Teilchenwechselwirkungen. Die Wuppertaler Arbeitsgruppe ist an mehreren Analysen z.T. sogar federführend beteiligt und hat umfangreiche Verantwortungen im Betrieb des Observatoriums und im Management übernommen. Die nächsten Jahre werden zweifellos spannend, da die Statistik der Daten rasch ansteigt und bereits verschiedene Erweiterungen des Südobservatoriums aufgebaut und in Betrieb genommen werden und die Vorbereitungen für ein noch größeres Nord-Observatorium in Colorado (USA) begonnen haben. ☉

Literaturhinweise

- [1] J. Abraham et al., [Pierre Auger Collaboration], Phys. Rev. Lett. 101 (2008) 061101
- [2] J. Abraham et al., [Pierre Auger Collaboration], Science 318 (2007) 938



Advanced Intercom and Radio Solutions. Made in Wuppertal.

Ob Formel-1-Weltmeister Lewis Hamilton mit seiner Boxen-Crew spricht,

Whether Formula 1 World Champion Lewis Hamilton talks to his pit crew,

Johannes B. Kerner Anweisungen aus der Regie erhält oder bei Olympischen

famous TV host Johannes B. Kerner gets instructions from the director

Spielen Schiedsrichter mit Zeitnehmern Rücksprache halten – stets ermögli-

or referees confer with time-keepers at the Olympic Games – it's always

chen Produkte und Dienstleistungen von Riedel die Kommunikation. Das Un-

Riedel's products and services enabling the communications. The company is

ternehmen gehört zu den Entwicklungspionieren digitaler Audiomatrix-Systeme

renowned for pioneering digital audio matrix systems. Its Artist platform is the

und ist mit seiner Artist Intercom-Plattform weltweit technologisch führend.

worldwide leader in fibre-network intercom systems.

Riedel hat seinen Hauptsitz in Wuppertal und beschäftigt an acht Standorten

Riedel is headquartered in Wuppertal, Germany and employs over 190 people

in Europa, Australien, Asien und Nordamerika über 190 Mitarbeiter.

in eight locations throughout Europe, Australia, Asia and North America.

Neugierig? Besuchen Sie uns im Internet: www.riedel.net

Curious? Please visit our website: www.riedel.net

Riedel Communications GmbH & Co. KG • Uellendahler Str. 353 • 42109 Wuppertal • Germany

Phone +49 (0) 202 292 - 90 • Fax +49 (0) 202 292 - 99 99 • www.riedel.net

Neutrinojagd am Südpol



von / by

Anna Franckowiak

2007 Diplom in Physik an der BUW, jetzt
Doktorandin an der Humboldt-Universität Berlin.
anna.franckowiak@physik.hu-berlin.de



Abb. 1: Tief verschneit: Das IceCube Experiment
Fig. 1: The IceCube experiment

Um dem Wuppertaler Winter zu entfliehen und einen Blick über den Tellerrand zu werfen, entschloss ich mich Anfang 2006, mein Physikstudium für ein halbes Jahr im sonnigen Kalifornien fortzusetzen. An der University of California Irvine besuchte ich nicht nur Vorlesungen, sondern schnupperte auch in den Forschungsalltag hinein.

Prof. Dr. Karl-Heinz Kampert hatte mir geholfen, einen Kontakt zu seinem amerikanischen Kollegen Prof. Steve Barwick in Irvine herzustellen, der mich mit dem spannenden Forschungsgebiet der Neutrinoastronomie vertraut machte. Zurück an der Bergischen Universität, vertiefte ich dieses Thema im Rahmen meiner Diplomarbeit bei Prof. Kampert.

{ Hunting neutrinos at the South Pole }

Trillions of neutrinos pass through the universe every second. Produced in cosmic radioactive processes, they carry information about the inner life of stars and planets, but, being uncharged, they interact weakly with matter and hence can be detected, if at all, only in a transparent medium like ice or water. This takes us to the South Pole, where my diploma project was to verify theoretical models connecting Gamma Ray Bursts (GRBs) – 20 second long high energy pulses from deep in the universe – with neutrinos, using data from the AMANDA detector.


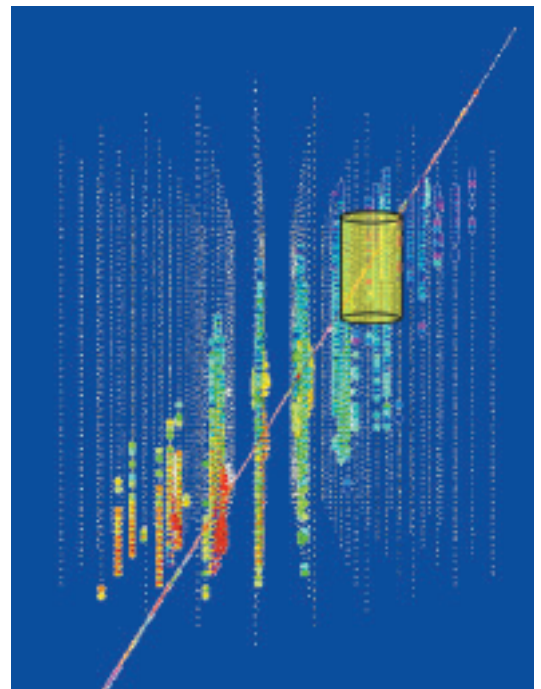
In the 64 GRBs observed between 2000-2004 no neutrino traces were found, so further work must wait for the completion of the 100 times bigger (1km²) IceCube experiment, currently under construction. The analytic methods developed at AMANDA can then be used on far higher data volumes. My current doctoral project is connected with neutrinos at another level: conveying information about neutrino “events” to optical astronomy centers worldwide, which then search the skies for GRBs or other likely sources. 

Abb. 2: Simuliertes Neutrinoereignis im IceCube Detektor

Fig. 2: Simulated neutrino event in the IceCube detector



Neutrinos sind ungeladene, fast masselose Elementarteilchen, die nur schwach mit anderer Materie wechselwirken. 70 Milliarden Neutrinos aus der Sonne passieren pro Sekunde die Fläche unseres Daummennagels. In unserem Leben wechselwirkt jedoch im Mittel nur eins dieser Sonnenneutrinos mit einem Atomkern in unserem Körper. Sie entstehen in radioaktiven Prozessen auf der Erde, in der Sonne und höchstwahrscheinlich anderen Objekten im Universum.

Neutrinos können große Mengen von Materie ungehindert durchdringen und auf diese Weise Informationen aus dem Inneren von Sternen und von weit entfernten Objekten im Universum liefern. Aus dem gleichen Grund sind die Neutrinos allerdings sehr schwer nachzuweisen. Dies gelingt nur mit Hilfe eines sehr großen Detektorvolumens. Findet eine seltene Wechselwirkung statt, dann entsteht ein anderes, geladenes Teilchen, das eine Lichtspur im Detektor hinterlässt. In einem transparenten Medium (Eis oder Wasser) kann diese Teilchenspur mit Lichtsensoren beobachtet werden.

Der Bau eines solchen Neutrinodetektors, des AMANDA Detektors am geographischen Südpol, begann 1995 und wurde 2000 abgeschlossen. Seine Aufgabe ist die Detektion von hochenergetischen Neutrinos aus astrophysikalischen Quellen.

Von besonderem Interesse ist der Nachweis von Neutrinos in Koinzidenz mit Photonen (Licht) von Gamma Ray Bursts (GRBs). Diese Gamma Ausbrüche sind während ihrer kurzen Dauer von ca. 20 Sekunden die hellsten Objekte im Universum. Ihr Energieausstoß in wenigen Sekunden ist vergleichbar mit dem der Milchstraße in mehreren Jahren oder dem der Sonne in 10 Milliarden Jahren. Ihre enorme Helligkeit erlaubt es, GRBs in kosmologischen Abständen zu beobachten. Der Nachweis »

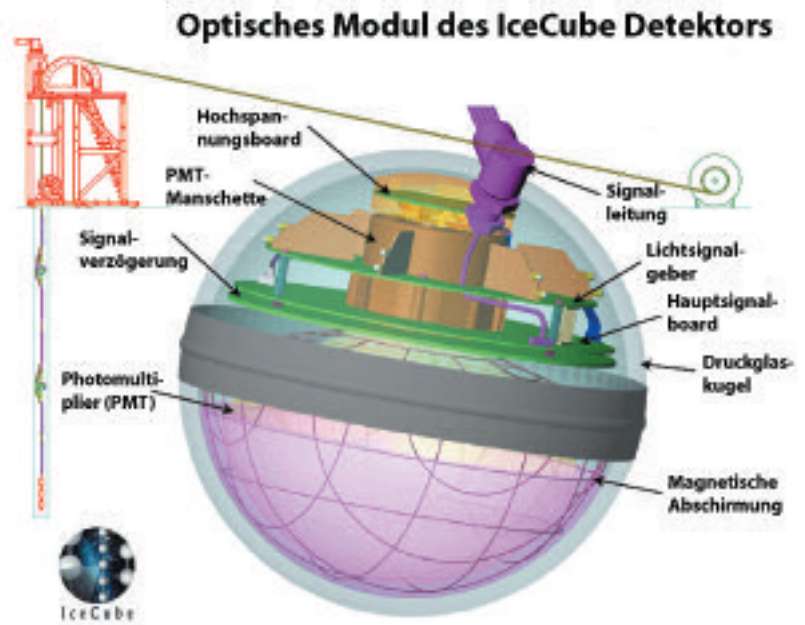
» von Neutrinos würde maßgeblich zum Verständnis der physikalischen Prozesse bei der Entstehung der GRBs beitragen. Darüber hinaus würde der Nachweis solch einer Koinzidenz die GRBs als mögliche Quelle für die höchst-energetische kosmische Strahlung identifizieren.

In meiner Diplomarbeit habe ich die Daten des Neutrino-Detektors AMANDA in den Jahren 2000 – 2004 auf Koinzidenz mit 64 bekannten GRBs untersucht. Die GRBs wurden von Satelliten gemessen, die mit Gamma und Röntgeninstrumenten ausgestattet sind. Die untersuchte Gruppe von GRBs zeichnete sich dadurch aus, dass die Position der GRBs durch die Satelliten nicht exakt bestimmt, sondern nur auf eine bananen-förmige Region am Himmel eingeschränkt werden konnte.

Ergebnis der Arbeit ist, dass in den Daten kein Neutrino in Koinzidenz mit einem der GRBs gefunden werden konnte. Die von AMANDA gesammelte Datenmenge reicht nicht aus, um die gängigen theoretischen Modelle zu widerlegen. Daher erlaubt uns das Ergebnis lediglich eine obere Schranke auf den von theoretischen Modellen vorausgesagten Neutrinofluss von GRBs anzugeben.

Um die theoretischen Modelle bestätigen oder widerlegen zu können, wird derzeit der größere Neutrinodetektor IceCube am Südpol aufgebaut, der mit einem Volumen von 1 km^2 ca. 100-mal größer als AMANDA ist und viele theoretische Modelle in wenigen Jahren überprüfen wird. Die bisher durchgeführten Analysen von AMANDA Daten legen einen Grundstein für die zukünftigen IceCube Arbeiten. So kann auch die in dieser Arbeit entwickelte Analysemethode auf IceCube Daten angewendet werden.

Seit Abschluss meines Studiums an der Bergischen Universität 2007 arbeite ich als Doktorandin an der Humboldt-Universität zu Berlin an der Entwicklung eines optischen Nachfolgeprogramms für den Neutrinodetektor



IceCube. Interessante Neutrinoseignisse werden online selektiert und ihre Herkunftsrichtung gemessen. Finden wir so ein Ereignis, so alarmieren wir unmittelbar ein Netzwerk von optischen Teleskopen, damit diese die entsprechende Region am Himmel beobachten können. Die astrophysikalischen Quellen dieser Neutrinos, z.B. GRBs, könnten so von den Teleskopen identifiziert werden.

Im Rahmen meiner Promotion bekam ich die Gelegenheit, Anfang diesen Jahres beim Aufbau von IceCube vor Ort am Südpol mitzuwirken.

Mein Doktorvater, Dr. Marek Kowalski, hat einen Ruf an die Universität Bonn erhalten, der Ende des Jahres auch mich zurück ins Rheinland führen wird. ☉

Abb. 3: Ein Photosensor des IceCube Experiments

Fig. 3: Photosensor of the IceCube experiment



Technologiezentrum
Wuppertal

w-tec

EXISTENZGRÜNDUNG IN WUPPERTAL

Das TECHNOLOGIEZENTRUM WUPPERTAL bietet jungen Unternehmen aus allen Technologie- und Dienstleistungsbereichen ideale Bedingungen für Gründung und Wachstum.

Hierzu steht ein umfassendes Raum- und Leistungsangebot bereit:

- gezielte Gründungsberatung
- flexible räumliche Möglichkeiten
- enge Kontakte zu Unternehmen und Banken
- vielfältige Kooperationen zur Bergischen Universität Wuppertal

Im Technologiezentrum arbeiten Gründungs- und Wachstumsunternehmen Tür an Tür. Neue Berührungspunkte und Ideen ergeben sich da wie von selbst. Seminare und Workshops bringen neue Geschäftspartner und aktuelle Themen ins Haus. Kontakte zwischen traditionellem Fachwissen und neuester Technologie werden geknüpft. Das W-tec ist ein Knotenpunkt im Netz der regionalen Wirtschaft!

Nach 100 Trillionen Rechenoperationen beim historischen Ergebnis

von / by

Prof. Dr. Zoltan Fodor und Dr. Christian Hoelbling

fodor@physik.uni-wuppertal.de
hoelbling@physik.uni-wuppertal.de

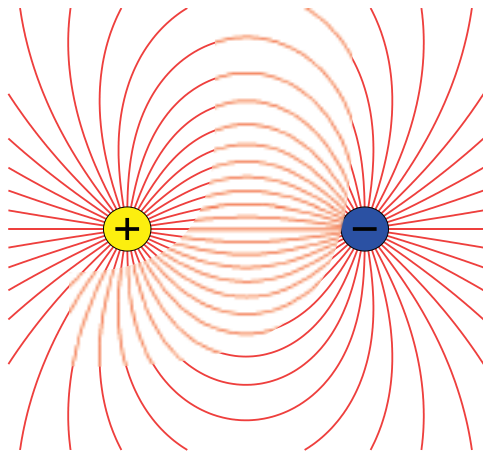


Abb. 1: Das Feld zweier entgegengesetzter elektrischer Ladungen dehnt sich über den gesamten Raum aus.

Fig. 1: The field of two opposing electrical charges extends across the whole space.

Wenn dieser Tage oft die Rede vom Large Hadron Collider am CERN ist und von seiner Mission, den vermuteten Ursprung der Masse, den Higgs-Mechanismus, zu enthüllen, dann wird dabei leicht vergessen, dass der Großteil unserer eigenen Masse, der Masse unserer Erde und des gesamten für uns sichtbaren Universums einen ganz anderen Ursprung hat. Es ist nicht das vermutete Higgs-Teilchen, das gewöhnliche Materie so schwer sein lässt, wie sie es ist. Es ist vielmehr etwas vergleichsweise Profanes, weil seit einiger Zeit Bekanntes, nämlich die Bewegungs- und Bindungsenergie der kleinsten uns bekannten Teilchen, aus denen Atomkerne zusammengesetzt sind. Gemäß der Einsteinschen Formel $E=mc^2$, die besagt, dass Masse und Energie äquivalent sind, bemerken wir diese Energie als Masse, was zu der etwas kuriosen Situation führt, dass die Trägheit und Schwere aller uns umgebenden Dinge ihren Ursprung in der extrem schnellen Bewegung ihrer vielen, ganz leichten Bestandteile hat.

Einstein taught us the equivalence of energy and mass, but it was only with the discovery of quarks in the 1960s and the subsequent development of the theory of quantum chromodynamics (QCD) and its mathematical lattice formulation that a consistent picture of the structure of matter was established. One postulate of QCD, “quark confinement”, stated that the action of gluons, particles responsible for carrying the so-called strong force, prevented quarks from existing in a “free” state and hence from being

experimentally traced. Proof of the theory could only be obtained by solving the QCD equations and predicting values that matched other empirically established data such as proton mass. Working with colleagues from Budapest, Jülich and Marseilles, UW scientists performed 10^{20} calculations on supercomputers before they were finally able to derive the proton mass from the QCD equations and thus to establish that the overwhelming mass of the visible universe has its origins in the energies of quarks and gluons. ©

Aber was sind nun diese leichten Bausteine der Atomkerne? Seit mittlerweile über 30 Jahren sind sich Physiker einig, dass Protonen und Neutronen, aus denen die Atomkerne zusammengesetzt sind, selbst aus wiederum jeweils drei so genannten Quarks bestehen. Der Vorschlag, dass dies so sei, ist allerdings wesentlich älter, nämlich aus dem Jahre 1964. Damals erkannte Murray Gell-Mann, dass sich mit dieser Annahme Ordnung in den damals schon unübersichtlich großen Zoo an beobachteten „elementaren“ Teilchen bringen lässt. Wenn man davon ausgeht, dass sich eine gewisse Familie von Teilchen, die so genannten Baryonen (zu denen beispielsweise Protonen und Neutronen zählen), aus drei und eine andere Familie, die so genannten Mesonen, aus nur zwei dieser Quarks zusammensetzt, so benötigt man nur drei Quarks, um alle damals bekannten Baryonen und Mesonen daraus aufzubauen. Für diese fundamentale Entdeckung erhielt Gell-Mann 1969 den Nobelpreis, doch hatte das Modell zunächst noch einen großen Haken: Niemandem war es bis dahin gelungen, ein einzelnes Quark zu beobachten, und daran hat sich bis heute nichts geändert. Es musste daher erst eine Theorie gefunden werden, die dieser Tatsache Rechnung trägt, die zwar Quarks als fundamentale Objekte enthält, die aber gleichzeitig verbietet, je ein einzelnes, freies Quark zu beobachten. Und noch etwas Wesentliches sollte eine solche Theorie leisten: sie sollte erklären, wieso der Atomkern, der aus elektrisch neutralen Neutronen und positiv geladenen Protonen besteht, überhaupt zusammenhalten kann. Mit anderen Worten, die Theorie musste eine Kraft enthalten, die den Atomkern zusammenhält. Da diese

Kraft stärker sein muss als die elektrische Abstoßung zweier positiv geladener Protonen im Atomkern, wird sie auch die „starke Kernkraft“ oder einfach „starke Kraft“ genannt.

1973 schlugen Gell-Mann, Fritzsche und Leutwyler eine solche Theorie vor, die Quantenchromodynamik, oder kurz QCD. Ihren farbenfrohen Namen verdankt diese Theorie der Tatsache, dass jedes der drei Quarks nun zusätzlich eine Ladung besitzt, die drei verschiedene Komponenten hat. Wie die Grundfarben rot, grün und blau lassen sich die Werte dieser Ladungen zusammensetzen. Will man also zum Beispiel ein farbneutrales „weißes“ Teilchen aus den Quarks zusammensetzen, so benötigt man dazu zumindest drei Quarks, ein rotes, ein grünes und ein blaues. Da es zu jedem Teilchen aber auch immer ein Antiteilchen mit genau umgekehrter Ladung gibt, zu blau zum Beispiel anti-blau (das heißt gelb), ist es auch möglich ein farbneutrales Teilchen aus einem Quark und einem entsprechenden Antiquark zusammenzustellen. Interessanterweise würden die farbneutralen Kombinationen aus drei Quarks genau den oben erwähnten Baryonen, also z.B. Protonen oder Neutronen, entsprechen und die ebenso farbneutralen Kombinationen aus je einem Quark und einem Antiquark den oben erwähnten Mesonen. Gäbe es in der Theorie also einen Mechanismus, der erklärt, warum nur farbneutrale Objekte beobachtet werden können, so wären viele Rätsel des Quarkmodells gelöst.

Tatsächlich glaubt man heute diesen Mechanismus, den sogenannten Quarkeinschluss, zu kennen. Er beruht auf einer Eigenschaft der zweiten Teilchenart, die in der QCD neben den Quarks vorkommt, den so genannten »

» Gluonen. Im Gegensatz zu den Quarks, die die „Materieteilchen“ der QCD darstellen, sind die Gluonen die „Austauschteilchen“, die Teilchen, die die starke Kernkraft zwischen den Materieteilchen vermitteln. Sie sind also das Gegenstück der elektrischen und magnetischen Felder, die die elektromagnetische Kraft zwischen Ladungen vermitteln, oder, genauer gesagt, sie sind das exakte Gegenstück der Teilchen, aus denen elektrische und magnetische Felder bestehen, der Lichtteilchen oder Photonen.

Und genauso wie zwei elektrische Ladungen einander gegenseitig abstoßen oder anziehen, indem sie Photonen austauschen, tun dies auch Quarks, indem sie Gluonen austauschen.

Es gibt allerdings einen gravierenden Unterschied: Während elektromagnetische

Felder nur eine Komponente besitzen und damit die Photonen selbst keine Ladung tragen können, hat die Farbladung in der QCD drei Komponenten – rot, grün und blau. Es gibt daher acht verschiedene Gluonen, die jeweils die Kraft zwischen zwei Farbkomponenten vermitteln, ohne dabei die Summe der Ladungskomponenten zu verändern. Nun muss ein Gluon, das die Kraft zwischen zwei verschiedenen Farbkomponenten vermittelt, z.B. zwischen blau und rot, ein blaues Quark in ein rotes verwandeln und damit selbst eine Farbe, in diesem Fall z.B. „orange“=gelb (anti-blau)+rot, besitzen. Folglich

gibt es in der QCD sechs geladene „farbige“ und zwei ungeladene „weiße“ Gluonen.

Elektrische Felder können sich daher ungehindert im gesamten Raum ausdehnen (siehe Fig. 1), während sich bei Farbladungen ein seltsames Phänomen ergibt. Nimmt man ein farbneutrales Objekt (Meson), das aus zwei Quarks mit jeweils entgegengesetzter Farbladung besteht, wird sich das aus Gluonen bestehende Farb-Feld um die zwei Quarks herum einschnüren (siehe Fig. 2a). Da die Gluonen des Feldes selbst wiederum Ladung tragen können und daher von den Quarks und auch den anderen Gluonen des Feldes wiederum angezogen werden, wird sich das Gluonenfeld nicht ausbreiten, sondern einschnüren. Versucht man nun die Quarks wie elektrische Ladungen zu trennen (Fig. 2b), so wird das Einschnüren des Feldes dazu führen, dass sich zwischen den Quarks ein Schlauch des Gluonenfeldes ausbildet, in dem bei zunehmender Entfernung der Quarks voneinander mehr und mehr Energie steckt. Schließlich, wenn genügend Energie in diesem Schlauch steckt, wird sich die überschüssige Energie in Masse verwandeln, konkret in zwei weitere, wiederum entgegengesetzt geladene Quarks, die den einen langen Schlauch nun in zwei kleinere spalten. Als Endresultat des Versuchs, zwei geladene Quarks aus ihrem Gefängnis zu befreien, stehen also nicht zwei freie Quarks, sondern zwei farbneutrale Objekte (Mesonen).

Dies ist ein recht anschauliches Bild dessen, welcher Mechanismus in der QCD steckt, um Farbladungen zu verbergen. Doch um zu beweisen, dass die Theorie korrekt ist, und um gleichzeitig nützliche Vorhersagen aus ihr ableiten zu können, ist es notwendig, die Gleichungen

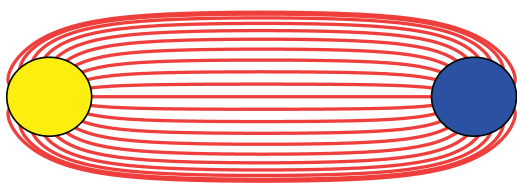


Abb. 2a: Zwei entgegengesetzte Farbladungen (Quarks) sind durch ihr Feld aneinander gebunden.

Fig. 2a: The field of two opposing color charges bonds quarks together.

der QCD tatsächlich zu lösen. Zunächst konnten Politzer, Gross und Wilczek schon 1973 zeigen, dass Quarks in der QCD „asymptotisch frei“ sind, das heißt, dass sie sich bei hohen Energien wie freie Teilchen verhalten und dass daher die QCD eine mathematisch wohldefinierte Theorie ist. Für diese Entdeckung erhielten sie 2004 (und 't Hooft und Veltman, die dafür wesentliche Vorarbeiten geleistet hatten, 1999) den Nobelpreis. So grundlegend diese Voraussetzung erscheinen mag, ist die QCD bis heute die einzige uns bekannte und in der

Natur realisierte fundamentale Theorie, die mathematisch konsistent ist – nicht einmal die klassische Elektrodynamik erfüllt dieses Kriterium.

Mit diesem Schritt war theoretisch bewiesen, dass alle Eigenschaften der QCD, und damit – sollte diese Theorie stimmen – der starken Kernkraft, im

Prinzip durch Lösung der Gleichungen der QCD berechnet werden können. Dies ist deshalb ein sehr großer Schritt, weil sich damit abertausende von Phänomenen, von der Masse und dem Verhalten eines Protons bis zu den Eigenschaften der Neutronensternmaterie oder des Universums Sekundenbruchteile nach dem Urknall, im Prinzip auf nur wenige Parameter der Theorie, das heißt Zahlen, die wir in die Gleichungen hineinstecken müssen, zurückführen lassen. Konkret sind diese Parameter die

Stärke der starken Kraft, die so genannte Kopplungskonstante der QCD, sowie die Massen der einzelnen Quarks. Da man damals nur drei Quarks kannte, waren dies also vier Parameter. Heute kennen wir insgesamt sechs Quarks, womit die Zahl der Parameter sich auf sieben erhöht hat. Die drei neu entdeckten Quarks sind allerdings so schwer, dass sie für gewöhnliche Materie irrelevant sind.

Mit diesen Methoden ausgestattet konnten Physiker in den vergangenen fast vier Jahrzehnten eine Unzahl von nützlichen Vorhersagen treffen, die, soweit bekannt, alle mit Experimenten übereinstimmen. Ein großes Problem blieb allerdings bestehen: All diese Vorhersagen betrafen ausschließlich das Verhalten der Quarks bei hohen Energien, wo diese „asymptotisch frei“ sind. Eine Beschreibung der farbneutralen Bindungszustände der Quarks, wie zum Beispiel des Protons, war mit diesen Methoden unmöglich.

Als Folge davon entwickelten sich in den darauffolgenden Jahren viele Modelle, die mehr oder weniger angelehnt an die QCD die Phänomene „effektiv“ beschrieben, das heißt, die nicht den Anspruch hatten fundamental korrekt zu sein, sondern annähernd richtige Resultate mit einfachen Mitteln zu erhalten. Fundamentale Dinge wie der Quarkeinschluss oder die Existenz und Masse des Protons wurden in diesen Modellen einfach als gegeben vorausgesetzt.

Einen ersten Schritt in Richtung einer allgemeineren Lösung der QCD-Gleichungen und eines quantitativen Verständnisses des Quarkeinschlusses unternahm im Jahr 1974 Gell-Manns Schüler Kenneth Wilson (Nobelpreis 1982). Er schlug vor, die Gleichungen der QCD nicht »

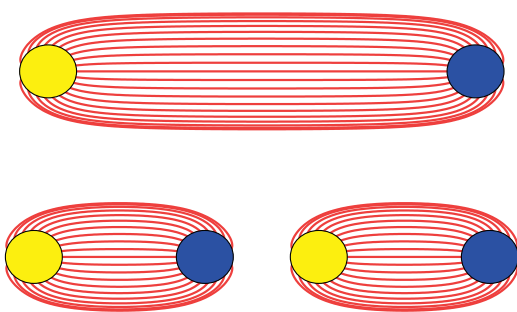


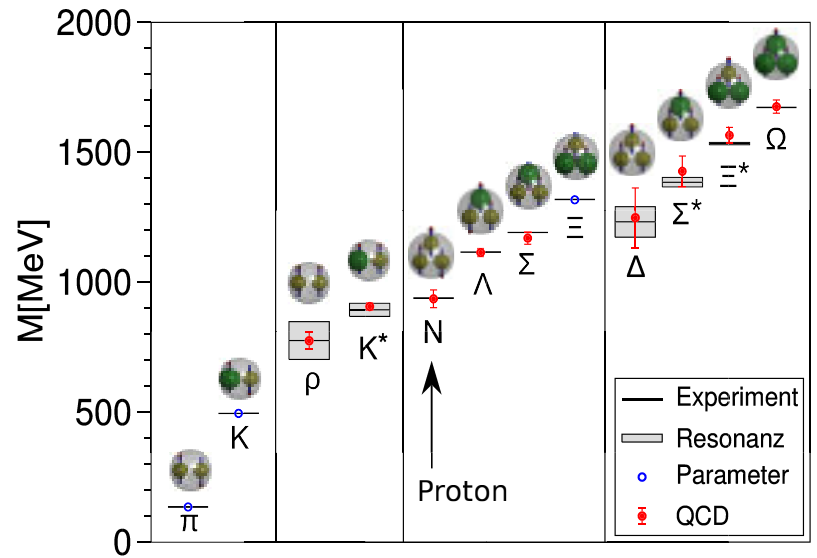
Abb. 2b: Versucht man die Ladungen zu trennen, entsteht stattdessen ein neues Quarkpaar und es bilden sich zwei gebundene Ladungspaare.

Fig. 2b: If the charges are separated, a new pair of quarks is produced, resulting in two pairs of bonded charges.

» im gesamten Raum (und für jede Zeit), sondern nur auf den Punkten und Verbindungsstäben eines Gitters zu lösen. Da man es nun nur mehr mit endlich vielen Punkten zu tun hat, kann man diese Gleichungen im Prinzip auf einem Computer lösen. Dies erwies sich im Allgemeinen jedoch bald als ein äußerst schwieriges Unterfangen.

Die Probleme, die sich dabei ergeben, sind vielfältiger Natur. Zum einen ist es notwendig, das Gitter groß genug zu wählen, sodass alle darin enthaltenen Teilchen nichts davon „spüren“, dass sie nicht im gesamten Raum, sondern nur in einem kleinen Ausschnitt davon „leben“. Zum anderen müssen aber die Gitterpunkte einen relativ kleinen Abstand zueinander haben, damit die Gleichungen, wenn man sie auf das Gitter setzt, nicht allzu stark verzerrt werden. Weiter muss berücksichtigt werden, dass die Lösung der QCD-Gleichungen auf jedem noch so kleinen Gitterabstand immer von der tatsächlichen Lösung abweicht. Es ist daher notwendig, die Gleichungen auf Gittern mit verschieden großem Abstand zu lösen und schließlich zur ursprünglichen Theorie zu extrapolieren, in der der Abstand zwischen zwei Punkten verschwindet. Ebenso muss mit dem Volumen verfahren werden, das in der QCD unendlich ist.

Ein weiterer subtiler Punkt ergibt sich aus der Tatsache, dass keine freien Quarks beobachtet werden können. Folglich kennen wir die Masse eines freien Quarks auch nicht a priori und können sie deshalb auch nicht von Beginn an in die Gleichungen der QCD hineinstecken. Dasselbe gilt auch für den anderen Parameter der QCD, die Stärke der Kraft oder Kopplungskonstante. Da wir keine freien Quarks beobachten können, können wir



auch nicht direkt messen, wie stark sie sich gegenseitig anziehen. Um die korrekten Werte für diese Parameter zu finden, müssen wir zunächst ihre Auswirkungen auf die Eigenschaften beobachtbarer Objekte studieren und dann die Parameter so verändern, dass diese Eigenschaften mit den in der Natur beobachteten übereinstimmen. Hinzu kommt noch, dass die tatsächliche Masse der Quarks sehr klein, also nahe 0 ist, was in der mathematischen Behandlung der Gleichungen besondere Schwierigkeiten verursacht.

Aufgrund solcher Probleme ist es nicht verwunderlich, dass die ersten Rechnungen, die auf dieser Gittermethode beruhten, beinahe ein Jahrzehnt auf sich warten ließen. Zunächst waren dies sehr grobe Näherungen, die nicht den Anspruch erheben konnten, Lösungen der Gleichungen der QCD zu sein. Im Laufe der Jahre allerdings führte unser fortschreitendes Verständnis der Theorie zu immer effizienteren Methoden, die Gleichungen der QCD auf ein Gitter abzubilden. Fortschritte in der numerischen Mathematik und nicht zuletzt das rasante Wachstum in der Computertechnologie taten ein Übriges, um die zunächst sehr groben Näherungen Schritt für Schritt zu

Abb. 3: Die Masse des Protons (Pfeil) und anderer Hadronen. Schwarze Linien sind die experimentell gemessenen Werte, rote Punkte stellen das Resultat unserer Rechnung dar, rote Balken geben die Genauigkeit unserer Resultate wieder. Die drei blaue Kreise stellen Teilchenmassen dar, die wir verwendet haben, um die Parameter der Theorie zu setzen. Für sehr kurzlebige Teilchen, deren Masse nicht eindeutig definierbar ist, ist diese Breite als grauer Balken dargestellt.

Fig. 3: Mass of protons and other hadrons. Black lines mark the values measured experimentally. Red dots represent the result of our calculations. Red bars indicate the accuracy of our results. The three blue circles represent particle masses used to set the parameters of our theory. Very short-lived particles whose mass is not clearly definable are indicated with gray bars.


verfeinern. Bald schon konnte man den Quarkeinschluss qualitativ nachvollziehen und auch sehr bald schon wurde klar, dass die Masse des Protons wesentlich größer sein musste als die Summe der Massen der Quarks, aus denen es besteht. In der Folge wurde die Gittermethode verwendet, um viele andere nützliche Vorhersagen zu machen – so wurden z.B. die Eigenschaften des frühen Universums Sekundenbruchteile nach dem Urknall bestimmt. Doch trotz all dieser Fortschritte war es bis vor einem Jahr nicht gelungen, die Masse des Protons aus den Gleichungen der QCD tatsächlich zu berechnen und so, im Vergleich mit der aus dem Experiment bekannten Masse, die Korrektheit der QCD als Theorie der starken Kernkraft zu überprüfen.

In Zusammenarbeit mit Kollegen aus Budapest, Jülich und Marseille und unter Inanspruchnahme der Supercomputer des Forschungszentrums Jülich und der Bergischen Universität ist es uns nun gelungen, genau diese Rechnung durchzuführen. Die Herausforderung bei dieser Rechnung bestand vor allem darin, bei jedem Schritt eine genaue Bilanz der möglichen auftretenden Fehler zu erstellen und all diese Fehlerquellen so gegeneinander abzuwägen, dass ein präzises Endresultat mit einem Gesamtfehler im Prozentbereich möglich wurde.

Um sicherzustellen, dass das Endergebnis unabhängig von den Details unserer Analysemethode ist, haben wir die gesamte Analyse 432 mal auf leicht verschiedene Weisen wiederholt und aus der sich so ergebenden Streuung den systematischen Fehler berechnet.

Das Endresultat ist in Fig.3 zu sehen und zeigt die Übereinstimmung der QCD-Vorhersage der Masse des Protons und anderer Teilchen mit den im Experiment gemessenen Massen. Damit ist nach über 30 Jahren endgültig geklärt, dass der überwiegende Teil der Masse des sichtbaren Universums tatsächlich in der Bewegungs- und Bindungsenergie von Quarks und Gluonen seinen Ursprung hat.

Dieses Resultat sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass wir erst am Anfang eines langen Weges stehen. Trotz aller Optimierungen war zur Durchführung unseres Projekts eine Gesamtrechenleistung von ungefähr 100 Trillionen oder ausgeschrieben 100.000.000.000.000.000.000 Rechenoperationen notwendig. Im Prinzip sollte es möglich sein, die gesamte Kernphysik auf die fundamentale QCD zurückzuführen. Weiterhin ist die genaue Kenntnis aller aus Quarks zusammengesetzten Teilchen essenziell, um mit diesen Teilchen nach neuen, bisher unbekanntem Phänomenen zu suchen und damit unser Verständnis vom Aufbau der Materie zu vertiefen. Versuche in diese Richtungen werden seit Jahrzehnten von verschiedensten Gruppen in aller Welt unternommen, mit teilweise herausragenden Ergebnissen.

Trotzdem sind viele dieser Rechnungen wesentlich schwieriger als die hier präsentierte Bestimmung der Protonmasse. Es bleibt also noch viel zu tun, um der QCD, der fundamentalen Theorie mit ihren wenigen Parametern, die volle Vorhersagekraft zu entlocken, die in ihr steckt. 

Das Interdisziplinäre Zentrum für
Wissenschafts- und Technikforschung

Empirie und Mathematik in den Naturwissenschaften – historisch und philosophisch



von / by

Prof. Dr. Friedrich Steinle
steinle@uni-wuppertal.de

Für die moderne Wissenschaft zählen die Verweise auf empirische Fundierung und die mathematisierte Form ihres Wissens zu den wichtigsten Argumenten, mit denen sie Erkenntnisansprüche begründet und auch der Öffentlichkeit gegenüber ihre hohen Aufwendungen rechtfertigt.

Dies gilt gleichermaßen für die Naturwissenschaften und viele Bereiche der Wirtschafts-, Sozial-, Kultur- und Geisteswissenschaften. Mit dem Bezug auf Empirie verbindet sich die Erwartung eines soliden Realitätsbezuges wissenschaftlicher Aussagen; an die mathematisch-formale Gestalt knüpft sich meist die Hoffnung auf hohe Strenge und Sicherheit.

Mit diesen beiden zentralen Aspekten moderner Wissenschaft befasst sich das Interdisziplinäre Zentrum für Wissenschafts- und Technikforschung. Normative und historische Grundlagen (IZWT) in unterschiedlichen Formen.

*Empiricism and Mathematics in the Natural Sciences –
an Historical and Philosophical View*

Tasked with exploring the origins and underlying conditions of scientific knowledge, UW's Interdisciplinary Center for Science and Technology Studies (IZWT) is focused on the relation between the empirical basis of knowledge and its mathematical expression in science and technology. Whether reconstructing the clash between theory and experiment in 18th century inquiries into the working of waterwheels, or investigating the mutual impact of problems of theory, data selection and data collection in CERN's Large Hadron Collider or in recent advances in cosmology, IZWT is pushing at the boundaries of the "new physics". Here, at the interface »

Dass der Umgang mit Empirie und Mathematisierung immer wieder grundlegende Probleme aufwirft, ist in den Sozial-, Wirtschafts- und Kulturwissenschaften ein wohl vertrauter Umstand. In welchem Maße das aber auch in den „harten“ Fächern der Natur- und Ingenieurwissenschaften gilt, mag das historische Beispiel einer zentralen Technologie illustrieren. Wasserräder (und nicht, wie oft geglaubt, die Dampfmaschine) stellten die Schlüsseltechnologie der industriellen Revolution dar, und dies gelang nur, weil sie seit dem Mittelalter kontinuierlich in Bauformen und Potential verbessert worden waren. Welche Wege aber haben die Ingenieure des 18. Jahrhunderts beschritten, um eine Verbesserung der Maschinen zu erreichen? Welches Wissen lag der Konstruktion von Wasserrädern zu Grunde? Wo wurde es bewahrt und weiterentwickelt? In welcher Weise haben naturwissenschaftliche Erkenntnisse dazu beigetragen? Schon über die sozialen Gruppen, die hier zentral sind, wissen wir eher wenig. Noch weniger ist allerdings über das jeweils verhandelte, verwendete und weiterentwickelte Wissen bekannt.

Besonders illustrativ ist der Fall des Leipziger Mechanicus und Instrumentenbauers Jacob Leupold (1674 – 1727). In seinem an frühneuzeitliche Traditionen anknüpfenden enzyklopädischen *Theatrum machinarum* (1724 – 1739) unternahm er den Versuch, alle Maschinen seiner Zeit nicht bloß zu beschreiben, sondern auch eine theoretische Erfassung bereitzustellen, auf deren Grundlage er dann Verbesserungen vorhandener Maschinen vorschlug – und neue erfand. Für Wasserräder diskutiert

er die Vorzüge und Nachteile der verschiedenen Bau-typen: ober-, mittel- und unterschlächtige sowie verschiedene horizontale Wasserräder.

Für seine Analyse war der damals noch unscharfe Begriff der „Kraft“ zentral: Im damaligen Verständnis war es eine Kraft, die im Wasser steckte und an das Rad weitergegeben wurde. Sie konnte entweder in Form des Wassergewichtes (oberschlächtiges Rad) wirken oder durch die Geschwindigkeit des auf die Schaufeln aufprallenden Wassers (unterschlächtiges Rad). Und um optimale Ausnutzung in jedem der Fälle ging es. Leupold war der Auffassung, dass beide Wirkungen gleichwertig seien. Jedoch gab es keinen theoretischen Ansatz, der dies hätte untermauern können. Um sich einen solchen zu erarbeiten, unternahm er Experimente an Wasserrädern, in denen er Parameter wie Fallhöhe, Wasserdurchfluss und Gefälle der Wasserzuleitung variierte. Aus den so gewonnenen Daten versuchte er, mathematische Formeln abzuleiten. Solche mathematischen Zusammenhänge sollten, so die Hoffnung, eine theoretische Einsicht in die Funktionsweise der Maschine eröffnen, auf deren Grundlage wiederum eine Dimensionierung neuer Maschinen und eine Optimierung existierender Maschinen hätte vorgenommen werden können. Doch seine experimentellen Daten waren zu sprunghaft, unregelmäßig und ungenau, sodass sich keine Gleichungen formulieren ließen und es nicht zur Aufstellung einer Theorie kam. Die geplante Verbesserung der Experimente wurde durch Leupolds frühen Tod (im Alter von 53) verhindert. Ob weitere Experimentalreihen allerdings den gewünschten Erfolg gebracht hätten, ist zweifelhaft. »

RäderUmlauf	in 45. Minute	40.	3.4.
Wasserhöhe	$1\frac{6}{8}$ 3. Zoll	$1\frac{4}{8}$	$1\frac{1}{8}$
Stärke	24 Loth	29.	35.

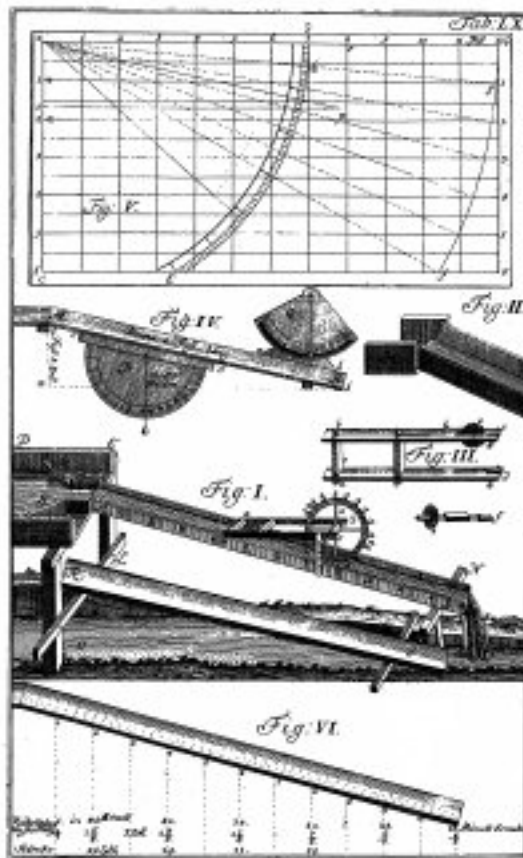


Abb. 1: Leupolds Versuchsanordnung zur Messung der Kraft, die das Wasser auf das Wasserrad ausübt. Unterhalb der Rinne in Fig. VI sind Messdaten in grafischer Zuordnung zu den entsprechenden Messpunkten eingetragen.


Fig. 1: Leupold's diagram of his experiment to measure the force exerted by water on a waterwheel. At the bottom of the diagram data are related graphically to various points on the chute (Fig. VI).

» In Schweden hatte der Mechanicus Christopher Polhem (1661 – 1751) nur wenige Jahre zuvor umfangreiche, mehrere Jahre dauernde explorative Experimentalsreihen mit Wasserradmodellen durchgeführt und in über 20.000 Versuchen eine riesige Datenmenge produziert. Ihre Zusammenfassung in einer einheitlichen Theorie aber scheiterte ebenfalls – letztlich an der Komplexität des Falls, der gegenüber sich die verwendeten Strukturbegriffe als untauglich erwiesen.

Die Fälle machen deutlich, dass der Umgang mit Empirie selbst schon starke Voraussetzungen hat. Keinesfalls sind solche Konstellationen nur historische und längst überwundene Episoden: Ähnlich gelagerte Probleme traten immer wieder auf, heute etwa im Umgang mit der „Datenflut“ in Feldern wie Genetik oder Biomedizin.

Vor diesem Hintergrund richtet sich ein Schwerpunkt der Forschung am Wuppertaler IZWT auf ein besseres Verständnis der Voraussetzungen von empirischem Arbeiten und seiner (häufig mathematischen) Theoretisierung. Besonders fruchtbar lassen sich solche Fragen im Zusammenbringen von historischen Studien, philosophischen Analysen und fachwissenschaftlicher Kompetenz bearbeiten, wie sie am IZWT gelebt wird und institutionell verankert ist. Besonders wichtig ist ein größerer, in Wuppertal zentrierter Forschungsverbund, in dem in Kooperation mit Partnern aus den Universitäten Bochum und Frankfurt/Main und mit CNRS-Forschungsgruppen in Paris Konstellationen ins Zentrum gerückt werden, in denen das empirische Erschließen neuer Felder und deren Formalisierung so eng verschränkt sind, dass die beiden Prozesse schwer zu trennen sind.

{ Empiricism and Mathematics in the Natural Sciences – an Historical and Philosophical View }

» of science, philosophy and history, the relation between experiment and hypothesis is undergoing a shift from classical verification theory to the active production of knowledge. And the role of scientific knowledge itself in our global culture is open to question. Can pure knowledge meet the goals of an increasingly utilitarian world? On all these topics IZWT has held popular lecture series and issued key publications. 

Neben dem genannten Beispiel der Wasserräder und der Hydraulik und Hydrodynamik im Allgemeinen stehen Fälle wie die Erforschung des Erdmagnetismus im 18. und 19. Jh. oder die derzeit stattfindende, durchaus publikumswirksame „Empirisierung“ der Kosmologie im Zentrum. Systematisch-philosophische Analysen zur Frage der Unterbestimmtheit von wissenschaftlichen Theorien durch empirische Daten entwickeln analytische Gesichtspunkte, die gerade durch die Zusammenarbeit mit den historischen Studien Anregung und Anschauungsmaterial erhalten. Im Zusammenhang mit diesem Themenschwerpunkt hat das IZWT nicht nur eine internationale Tagung („The empirical and the formal – Tensions in scientific knowledge. State of research and perspectives.“ Mai/ Juni 2007) durchgeführt (Veröffentlichung ausgewählter Vorträge in: Gregor Schiemann und Friedrich Steinle: The Empirical and the Formal-Tensions in Scientific Knowledge, Special Issue der Zeitschrift Centaurus 50, 2008, 211-304), sondern auch thematische Ringvorlesungen an der Bergischen Universität organisiert, so etwa zu den Themen „Technoscience“: Perspektiven der Schnittstellen von Wissenschaft und Technik (SS 05), „Wissen aus Erfahrung? Empirie in Wissenschaft und Technik“ (WS 05/06) oder „Mathematisierung des Wissens – Voraussetzungen und Grenzen“ (WS 06/07). In diesen Vortragsreihen kamen internationale Experten ebenso zu Wort wie Wuppertaler Fachwissenschaftler, die aus der Praxis über diese Themen berichteten.

Mit aktuellem Bezug läuft derzeit zu solchen Fragen ein gemeinsames Forschungsprojekt des IZWT und der Wuppertaler Hochenergiephysik an. Mit seinen zu erwar-

tenden Daten stößt der demnächst (wieder) in Betrieb gehende Großbeschleuniger LHC (Large Hadron Collider) am Europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf gleichermaßen hinsichtlich Umfang und Qualität in neue Dimensionen vor. Dabei werden Fragen nach der Verzahnung von Empirie und Theorie in neuer Weise wichtig. So ist etwa das Datenaufkommen des ATLAS-Detektors (an dem die Wuppertaler Physik zentral beteiligt ist) so hoch, dass aus speicher- und verarbeitungstechnischen Gründen und trotz Bereitstellung von Höchstkapazitäten nur ca. ein Millionstel der anfallenden Daten überhaupt verarbeitet werden kann. Umgekehrt heißt das, dass mit automatischen Routinen innerhalb weniger Millisekunden nahezu alle Daten für irrelevant befunden und endgültig gelöscht werden müssen. Ein Teil des Forschungsvorhabens richtet sich auf diese Selektionsroutinen, ihre Verzahnung mit der Theorie und auch darauf, wie und auf Grund welcher Ergebnisse sie im Laufe der Datennahmen möglicherweise verändert werden. Ein anderer Teil geht, gewissermaßen komplementär und ausgehend von einer Bestandsaufnahme der vorliegenden Theoriesituation (speziell zu sog. Massegenerationsmechanismen, für die derzeit der Higgs-Mechanismus favorisiert wird), der Frage nach, wie sich beim Eintreffen neuer Daten die Präferenzen für bestimmte Theorietypen entwickeln und ggf. verschieben, und wie solche Entwicklungen ihrerseits auf die Datennahme und -auswahl zurückwirken.

Die Projekte werden vor dem Hintergrund der von vielen Physikern geäußerten Erwartung besonders relevant, mit dem LHC nicht nur die Voraussage eines »



Fig: I.

» Teilchens (des sog. Higgs-Bosons) zu testen, sondern Fenster für „Neue Physik“ jenseits des Standardmodells zu eröffnen. Dass hier eine länger währende Zusammenarbeit zwischen Natur- und Geisteswissenschaften zu einem interdisziplinären, für beide Bereiche interessanten und durch DFG-Förderung anerkannten Forschungsprojekt geführt hat, ist eine Besonderheit, die nicht häufig zu finden ist, und in der sich die wissenschaftliche Brückenfunktion des IZWT besonders deutlich manifestiert.

Ein weiterer Aspekt der Arbeit am Schwerpunktthema richtet sich auf die besondere Rolle des Experimentes in der Wissensgenerierung. Während in der Wissenschaftstheorie des 20. Jhs. das Experiment meist als ein nachträglicher Test von Erwartungen verstanden wurde, die ihrerseits aus – auf welche Weise auch immer – generierten Theorien oder Hypothesen entwickelt werden, haben Studien zur experimentellen Praxis der letzten zwei Jahrzehnte deutlich die Beschränktheit dieser Auffassung gezeigt und deutlich gemacht, dass das Experiment auch auf andere Weise als in der Rolle als nachträgliche Prüfinstanz zur Wissensgenerierung beiträgt. Wie diese Verfahren allerdings im Einzelnen aussehen, wo ihre theoretischen und begrifflichen Voraussetzungen liegen, wie die entsprechende Arbeitspraxis aussieht: solche Fragen sind noch lange nicht umfassend verstanden. Am IZWT wird diesen Fragen wiederum in einer Verbindung von historischen Fallstudien und systematischen Analysen nachgegangen. Überdies hat das IZWT im Rahmen einer langjährigen Zusammenarbeit zwischen deutschen und israelischen Institutionen eine sehr erfolgreiche Tagung „Generating Experimental Knowledge“ (Mai

2007) durchgeführt (Veröffentlichung der Vorträge: U. Feest, G. Hon, H.-J. Rheinberger, J. Schickore, F. Steinle (Ed.), *Generating Experimental Knowledge. Preprints of the Max Planck Institute for the History of Science Berlin*. Berlin 2008).

In den Naturwissenschaften kommt der hypothetischen Aussageform eine seit dem Beginn der Neuzeit zunehmende, mittlerweile zentrale, aber dennoch nicht hinreichend verstandene Relevanz zu. Einige Aspekte der Hypothesizität der naturwissenschaftlichen Wahrheit wurden bereits unter wissenschaftstheoretischen oder -historischen Gesichtspunkten analysiert. Doch die dabei vorherrschende Disziplinentrennung ist dem Gegenstand keineswegs angemessen. Am IZWT wird deshalb eine der zentralen Fragestellungen untersucht, die Geschichte und Philosophie gleichermaßen betrifft: Wie lässt es sich verstehen, dass die theoretisch behauptete Hypothesizität ein historisch weit zurückreichendes Phänomen ist, das erst für die moderne Wissenschaftsauffassung kennzeichnend wird, zugleich aber am Material der Wissenschaftsgeschichte Bestätigung zu finden vermag? (Veröffentlichung der Ergebnisse in: M. Heidelberger und G. Schieman (Hg.): *The Significance of the Hypothetical in the Natural Sciences*. Berlin/New York: de Gruyter (voraussichtlich) 2009).

Wie komplex der Zusammenhang von Datengewinnung und mathematischer Theorie auch in hochaktuellen Forschungsfeldern ist, macht der Fall der neueren Kosmologie deutlich, die sich nach langem Auskommen mit nur sehr wenigen Daten in den letzten zwei Jahrzehnten durch Beobachtungen zum kosmischen Mikrowellenhintergrund, zu Galaxienclustern, Supernovae und Qua-

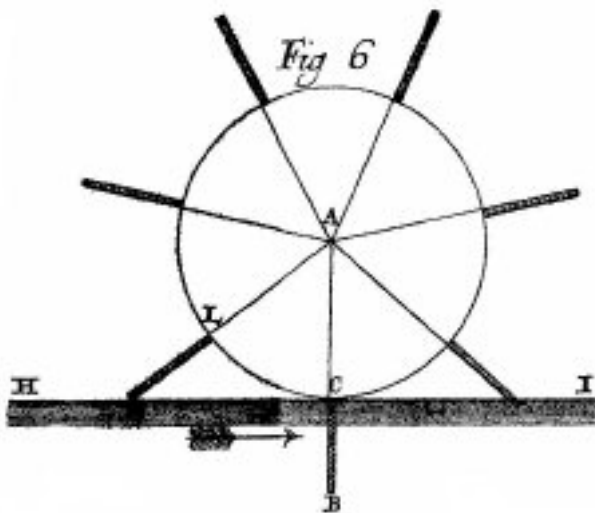


Abb. 2: An einem stark schematisierten Wasserrad veranschaulichte Béliidor die Wirkung der Strömung auf die Radschaufel.

Fig. 2: Béliidor's highly schematic illustration of the impact of water-flow on the paddles of a waterwheel.

saren in einem wahren „Empirisierungsschub“ befindet. Dabei rückt deutlicher als sonst auch die Frage in den Vordergrund, wie viel Theorie die reine Datengewinnung schon erfordert, ob schon in der Datengewinnung implizite Präferenzen für bestimmte Theorien eingebaut sind, und welche Spielräume damit für die durchaus vorgeschlagenen Alternativen zum derzeit präferierten „Standardmodell“ der Kosmologie bleiben. Wie stark die Größe dieser Spielräume von der Einschätzung der genannten Fragen abhängt, wie kontrovers diese Einschätzungen aber durchaus sind, und in welchem Ausmaß gerade dadurch auch soziale Faktoren eine wichtige Rolle spielen, wurde nicht zuletzt auf einem vom IZWT veranstalteten Tagung „Intertwining Theory and Observational Evidence in Contemporary Cosmology“ (Februar 2009) sehr deutlich (Dokumentation der Vorträge auf <http://www.izwt.uni-wuppertal.de/?q=de/node/163>).

Wissenschaft und Technik sind stets Teil einer in Raum und Zeit lokalisierten Kultur, und ein Verständnis der Generierung wissenschaftlich-technischen Wissens ist nicht denkbar ohne ein Verständnis der Einbettung in ebendieser Kultur. In einer Zeit, in der unser Wissenschafts- und Bildungssystem durch politischen Willen in grundlegender Wandlung begriffen ist, hat sich das IZWT diesen Fragen verstärkt zugewandt, etwa in einer Untersuchung zur Frage, ob wir derzeit Zeugen einer zweiten „Wissenschaftlichen Revolution“ sind, in der ähnlich wie in der ersten (in der Frühen Neuzeit liegenden), das Verständnis von Wissenschaft insgesamt sich grundlegend verschiebt, weg vom Ziel der Erkenntnisgewinnung und hin zu einem rein utilitaristischen »

Fig: V.

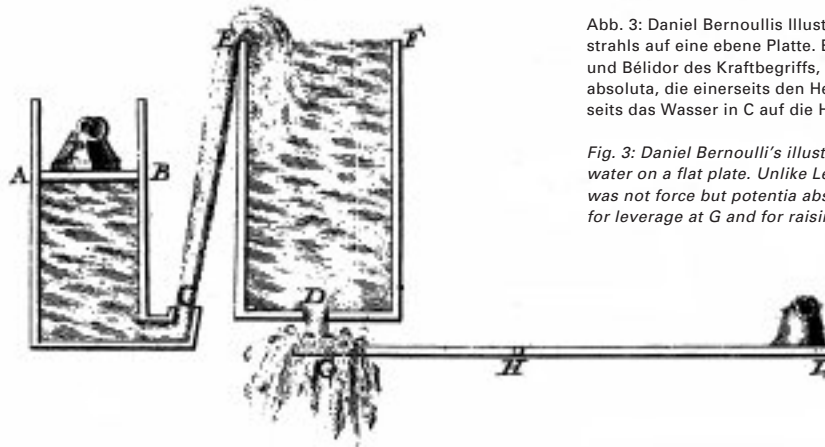


Abb. 3: Daniel Bernoullis Illustration der Wirkung eines Wasserstrahls auf eine ebene Platte. Er bediente sich nicht wie Leupold und Bélidor des Kraftbegriffs, sondern sprach von einer *potentia absoluta*, die einerseits den Hebelarm in G dreht und die andererseits das Wasser in C auf die Höhe E hebt.

*Fig. 3: Daniel Bernoulli's illustration of the impact of a stream of water on a flat plate. Unlike Leupold and Bélidor his key concept was not force but *potentia absoluta*. This was responsible both for leverage at G and for raising the water from C to E.*

» Verständnis von Wissenschaft, in dem Wissenschaft und Technik in eins verschmelzen, wie es für Bio- und Nano-Technologie (oder -Wissenschaft?) ja der Fall zu sein scheint. Wiederum auf breiterer Basis und unter starker Einbeziehung von an der Bergischen Universität vorhandenen Kompetenzen, hat das IZWT Ringvorlesungen zu diesem Themenbereich veranstaltet – „Käufliches Wissen? Zur Ökonomisierung von Wissenschaft und Bildung“ (WS 07/08) und „Ent-Bildung des Wissens: Wissenschaft ohne Bildung?“ (WS 08/09) – die letztere in höchst erfolgreicher Kooperation mit dem Zentrum für Bildungsforschung und Lehrerbildung ZBL (Dokumentation der Vorträge auf <http://www.izwt.uni-wuppertal.de/?q=de/node/164>).

Die Reflexion auf Wissenschaft und Technik ist in den letzten Jahren aus gutem Grund vielerorts stärker in den

Vordergrund getreten. Noch nicht sehr prominent dagegen ist immer noch die Fokussierung auf die Entstehung wissenschaftlichen und technischen Wissens, die Fragen seiner empirischen Fundierung, die Bedingungen und Implikationen seiner Mathematisierung und – höchst herausfordernd – die Zusammenhänge zwischen der immer lokalen Generierung und der zugleich eingeforderten globalen Geltung. Mit dem Schwerpunkt auf solchen Fragen – den „normativen und historischen Grundlagen“ – stellt das IZWT nicht nur innerhalb der Bergischen Universität, sondern auch innerhalb der neueren Wissenschaftsforschung eine Besonderheit dar. ◉

Mehr Raum für Entfaltung?



*Mir bieten
Ihnen mehr
Service nach
Maß für Ihr
Unternehmen!*

Mehr STANDORT MIT ZUKUNFT

Das ideale Umfeld für langfristigen Erfolg
Maximale Flexibilität und Wirtschaftlichkeit
Umfassende Business-Netzwerke

Mehr BERATUNG

Standort STARTERCENTER NRW – Impulsgeber für Existenzgründer
Kompetente Unterstützung auch nach der Startphase
Mehrere best-practice Beispiele des Bundeswirtschaftsministeriums

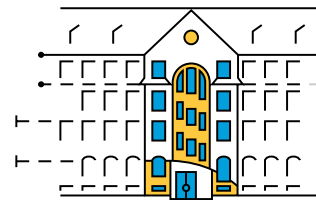
Mehr WISSENSTRANSFER

Synergiegewinnung durch Netzwerke
Initiator für innovative Projekte

Mehr Infos unter:
www.gut-sg.de

Gründer- und Technologiezentrum
Solingen GmbH

Grünwalder Str. 29-31 • 42657 Solingen • Tel.: 0 212 – 24 94 - 0



Gesundheit der Zukunft – Zukunft der Gesundheit



von / by

Prof. Dr. Rainer Wieland und Prof. Dr. Kerstin Schneider

wieland@uni-wuppertal.de
schneider@uni-wuppertal.de

Gesundheit als zentrales Thema des 21. Jahrhunderts

Gesundheit ist alles – ohne Gesundheit ist alles Nichts.


Gegenwärtig beobachten wir gravierende Veränderungen struktureller, finanzieller und auch kultureller Art im Gesundheitswesen. Eindrucksvoll zeigt sich dies in den Diskussionen zu den aktuellen Reformen im Gesundheitssystem und hier insbesondere zum umstrittenen Gesundheitsfonds. Dass der Gesundheit in der gegenwärtigen Phase der technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen weltweit eine Schlüsselrolle zukommt, wurde von Nefiodow in Fortführung der „Theorie der langen Zyklen“ der Konjunktur des russischen Ökonomen Kondratieff (1892 – 1938) eindrucksvoll beschrieben.

UW's Regional Competence Center for Health Management and Public Health

{ Health of the future – future of health }

Health is one of the leading concerns of our age: from the viewpoint of industry, politics and the health sector itself it is not only a medical, social and demographic challenge but also a key value-added factor, and in NRW by far the largest employer. The Regional Competence Center for Health Management and Public Health, an institute of UW's Schumpeter School of Business and Economics is embedded within a regional network of clinics, health authorities and insurance organizations that focus jointly on

this complex interface. Seeking sustained solutions for current and future problems, the Institute engages in interdisciplinary research, teaching and consultation.

New degree programs include a twin-track BSc and an MBA (to be followed by an MSc) in Health Economics and Management, and the Institute's mission extends to raising health awareness across UW faculties, the development of consultation facilities, and the enhancing of communications in the regional health sector. 

Eine wesentliche Eigenschaft von Kondratieff-Zyklen ist, dass bereits vorhandene, aber bisher noch zu wenig beachtete bzw. genutzte Ressourcen ins allgemeine gesellschaftspolitische Bewusstsein treten und breite Bedeutung für wirtschaftliche und politische Entscheidungen bekommen. Im ersten bis vierten Zyklus waren diese Ressourcen (materielle) Energie, im fünften Kondratieff ist es die Informations- und Kommunikationstechnologie. Im Zeitalter des sechsten Kondratieff-Zyklus werden, so die Prognose, die Biotechnologie und die psychosoziale Gesundheit die vorherrschenden Themen sein. Damit werden gravierende Veränderungen struktureller, finanzieller und kultureller Art im Gesundheitswesen einhergehen. In einer der sechs interdisziplinären Profillinien der Bergischen Universität greift die Bergische Universität dieses wichtige Thema mit der Profillinie „Gesundheit, Prävention und Bewegung“ auf.

Unternehmen, Krankenkassen und Politik nehmen längst die Bedeutung des wertschöpfenden Faktors „Gesundheit“ in verstärktem Maße wahr und investieren entsprechende finanzielle und personelle Mittel. Ausdruck dafür sind zahlreiche Initiativen zur betrieblichen Gesundheitsförderung, deren Ziel darin besteht, durch Prävention und gesundheitsförderliche Maßnahmen im Betrieb sowie durch Stärkung der Eigenverantwortung die Gesundheit zu erhalten und zu fördern.

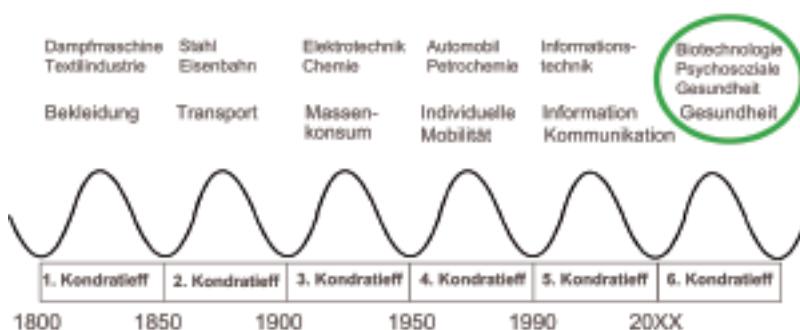
Beispiele dafür sind die Luxemburger Deklaration zur betrieblichen Gesundheitsförderung (1997); das Teilziel 25 der WHO-Deklaration „Gesundheit für alle bis zum Jahr 2000“ (WHO, 1991) oder das Deutsche Netzwerk für betriebliche Gesundheitsförderung (DNBGF). Auch die Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA) hat im Jahre 2001 einen Arbeitsbericht „Betriebliche Gesundheitsförderung“ veröffentlicht, um dem „wachsenden Stellenwert des unternehmerischen Interesses an gesunden, arbeits- und leistungsfähigen Mitarbeitern“ gerecht zu werden.

In Nordrhein-Westfalen ist die Gesundheitswirtschaft mit mehr als einer Millionen Beschäftigten mit Abstand die größte Branche. Aufgrund ihrer hohen Wachstumsdynamik ist in den nächsten Jahren mit einem Zuwachs von rund 200.000 Arbeitsplätzen in Nordrhein-Westfalen zu rechnen. Einer der Gründe dafür ist die demographische Entwicklung. Im Jahr 2008 lebten in Nordrhein-Westfalen über 18 Millionen Menschen, von denen etwa 20 Prozent über 65 Jahre alt waren. Der Anteil der über 65-Jährigen wird bereits in den nächsten Jahren rapide steigen, so dass der Gesundheitswirtschaft und der Versorgung der alternden Bevölkerung in Zukunft eine zentrale Rolle zukommen wird.

In den letzten Monaten vergeht kaum ein Tag, an dem in der regionalen Presse nicht auch das Thema Gesund- »

Gesundheit der Zukunft – Zukunft der Gesundheit

Kondratieff-Zyklen: Schlüsselinnovationen generieren neue industrielle und gesellschaftliche Entwicklungsphasen



Lange Wellen der Konjunktur
nach Kondratieff (nach Nefiodow, 2001, S. 133).

Kondratieff wave pattern (Nefiodow 2001, 133)

» heit eine Rolle spielt. Dabei geht es häufig darum, wie die Bergische Gesundheitswirtschaft mit innovativen und wirtschaftlich machbaren Konzepten den künftigen Herausforderungen an die Gesundheitsversorgung begegnen und ihre Wettbewerbsfähigkeit sichern kann.

Gesundheit als gesellschaftliche und unternehmerische Ressource soll auch an der Bergischen Universität Wuppertal ein innovatives, zukunftsweisendes Forschungs- und Handlungsfeld werden. Die Bergische Universität stellt sich den Herausforderungen, indem sie in enger Kooperation mit der Bergischen Gesundheitswirtschaft daran arbeitet, ein „Bergisches Kompetenzzentrum für Gesundheitsmanagement und Public Health“ (BKG) an der Bergischen Universität Wuppertal aufzubauen. Das BKG wird als Institut der Bergischen Universität Wuppertal an der Schumpeter School of Business and Economics des Fachbereichs B – Wirtschaftswissenschaft angesiedelt sein. Es ist zudem wichtiger Bestandteil der oben bereits genannten Profillinie „Gesundheit, Prävention und Bewegung“ der Bergischen Universität.

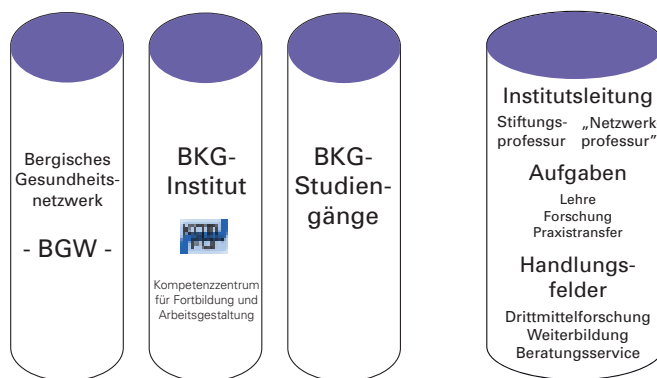
Die Bergische Gesundheitswirtschaft bietet mit ihrer Infrastruktur und ihren Kompetenzfeldern hervorragende Voraussetzungen, um ein solches Vorhaben zu realisieren. Über die enge Vernetzung des BKG mit der Bergischen Gesundheitswirtschaft wird dabei für alle Beteiligten ein erheblicher Mehrwert geschaffen.

Das Bergische Kompetenzzentrum für Gesundheitsmanagement und Public Health besteht aus drei Säulen: Dem Bergischen Gesundheitsnetzwerk, dem BKG-Institut der BUW sowie den BKG-Studiengängen.

Bergisches Gesundheitsnetzwerk: Beteiligte des Bergischen Gesundheitsnetzwerk sind Kliniken, die Versicherungswirtschaft, öffentlicher Gesundheitsdienst, Verbände und Kammern, Gesundheitsinitiativen in der Region, Aus- und Weiterbildungsinstitutionen (Universität, Fortbildungsakademien, Institute), Gesundheitsdienstleister, Medizin- und Gesundheitstechnik, Pharmaindustrie, Gesundheitshandwerk, Handel mit Gesundheitsprodukten sowie Biotechnologie.

Durch die enge Kooperation von regionaler Gesundheitswirtschaft (BGW) und dem BKG-Institut sollen zukunftsfähige und nachhaltige Konzepte für die Handlungsfelder Gesundheitsökonomie, Gesundheitsmanagement und Public Health entwickelt, erprobt und evaluiert werden. Zudem sollen neue Wege gesucht werden, wie durch innovative, zukunftsweisende Konzepte einerseits Kosten reduziert (z.B. durch Umgestaltung traditioneller Versorgungsketten), und andererseits neue Bedürfnisse (z.B. nach Gesundheitsdienstleistungen) und Absatzmärkte befriedigt werden können. Die institutionelle bzw. strukturelle Verankerung des Netzwerkes wird durch die Gründung eines „BKG-Fördervereins“ unterstützt.

BKG-Institut: Das BKG-Institut der Bergischen Universität Wuppertal wird als IN-Institut der Bergischen Universität vor allem durch Sponsorengelder von Unternehmen der Bergischen Region finanziert. Die Institutsleitung des BKG-Instituts wird aus der/dem künftigen Inhaber/in der Barmenia-Stiftungsprofessur für Gesundheitsökonomie und Gesundheitsmanagement und der



Die drei Säulen des BKG

3 pillars of the Regional Competence Center

Aufbau des Institutes

Structures of the institute

Professur für Arbeits- und Organisationspsychologie des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft bestehen.

Zentrale Aufgaben sind der Aufbau und die Organisation der Lehre in den „BKG-Studiengängen“, die Initiierung und Durchführung interdisziplinär ausgerichteter Forschung sowie der Praxistransfer, d. h. die Sicherung des Austauschs zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Der interdisziplinäre Forschungsansatz umfasst Forschungsfelder der Wirtschaftswissenschaft wie Gesundheitsökonomie, Controlling, Personal und Organisation, Arbeit, Bildung und Gesundheit, betriebliches Gesundheitsmanagement sowie Bewegungswissenschaft, Sportmedizin, Rehabilitation und Gesundheitspädagogik. Durch die interdisziplinär angelegte Forschung leistet das BKG-Institut damit zugleich einen Beitrag zur Integration der sieben Fachbereiche in die an der BUW neu installierte Profillinie „Gesundheit, Prävention und Bewegung“. Ziel sind exzellente, national und international angesehene Forschungen bzw. Publikationen im Bereich der Gesundheitswissenschaften. Ein besonderer Akzent liegt dabei auf interdisziplinären Forschungsprojekten,

die sich mit den Herausforderungen der Gesundheitswirtschaft von morgen (z.B. Integration von Medizin und Wirtschaft, neue, integrierte Versorgungs- und Finanzierungsmodelle, Expertisen zu Fragen der Gesundheitsökonomie, altersgerechte Versorgung, Spannungsfeld (Medizin-)Ethik und Ökonomie bzw. Humanität und Wirtschaftlichkeit) befassen.

Zentrale Handlungsfelder des BKG sind die Akquise von Drittmitteln, die Entwicklung innovativer und praxisnaher Weiterbildungsangebote für verschiedene Berufsgruppen aus dem Gesundheitswesen sowie wissenschaftsgestützte und qualitätsgesicherte Beratungsdienstleistungen (BeratungsServices) für die Gesundheitswirtschaft.

Unterstützt wird das BKG-Institut in der Gestaltung dieser Handlungsfelder durch das bereits bestehende Kompetenzzentrum für Fortbildung und Arbeitsgestaltung (KomFor) der Bergischen Universität Wuppertal. Besonderes Merkmal der Arbeit von KomFor ist die Verbindung von wissenschaftlicher Forschung und Expertise mit praktischen Erfahrungen in Unternehmen. Zwei seit vielen Jahren erfolgreiche Forschungs- und Beratungsschwerpunkte bilden dabei das Betriebliche Gesundheitsmanagement und die Gesundheitsberichterstattung.

Die Studiengänge: Geplant sind in der ersten Ausbaustufe: Ein Bachelor of Science (B.Sc.) in Gesundheitsökonomie und Gesundheitsmanagement als regulärer und dualer Studiengang; sowie ein Master of Business Administration (MBA) in Gesundheitsökonomie und Gesundheitsmanagement. Für die zweite Ausbaustufe »

Die vier Fächergruppen des Bachelor-Studiengangs:

Gesundheit des Menschen
Gesundheitsmanagement
Gesundheitssystem
Schlüsselkompetenzen

» ist ein Master of Science (M.Sc.) in Gesundheitsökonomie und Gesundheitsmanagement vorgesehen.

Der Bachelor bietet als berufsbegleitender (dualer) Studiengang den Studierenden aus verschiedenen Gesundheitsberufen die Möglichkeit, neben ihrer beruflichen Tätigkeit einen ersten Hochschulabschluss zu erwerben. Durch die Verbindung von Berufsausübung und Studium können berufsspezifische Fachkenntnisse um Inhalte aus den Gesundheitswissenschaften (Medizin, Gesundheitsökonomie und -management), der Volks- und Betriebswirtschaftslehre und der Rechtswissenschaft vertieft und erweitert und zugleich während der beruflichen Tätigkeit im Unternehmen erprobt werden.

Der Studiengang, der zusammen mit den Gründungsmitgliedern des BKG bzw. den Beteiligten der Bergischen Gesundheitswirtschaft entwickelt wird, gliedert sich in vier Fächergruppen: Gesundheit des Menschen, Gesundheitssysteme, Gesundheitsmanagement und Schlüsselkompetenzen. Hinzu kommt ein Studienmodul „Professionalisierung“, das aus zwei berufsbezogenen Praktika/Projektstudien und der Bachelor-Thesis besteht.

Das BKG soll für die Bergische Gesundheitswirtschaft und die interessierte Öffentlichkeit eine Plattform schaffen, die dringliche und zukunftsweisende Fragen und

Problemstellungen der Gesundheitswirtschaft und der Gesundheitsversorgungssysteme aufgreift, erforscht und in entsprechende Ausbildungs- und Weiterbildungskonzepte umsetzt.

Darüber hinaus sollen Themen wie Bildung und Gesundheit oder Gesundheit als gesellschaftliche und unternehmerische Ressource integraler Bestandteil der Ausbildung in vielen Fächern an der BUW werden. Die AbsolventInnen der Universitäten sind die künftigen Leistungsträger unserer Gesellschaft, die in Zukunft mehr denn je einen Bedarf an „Gesundheit“ haben wird.

Die Bergische Universität und die Bergische Gesundheitswirtschaft werden in vielfältiger Weise von der geplanten Konzeption des BKG profitieren.

Im Einzelnen resultiert dies daraus, dass:

- (a) dem BKG ein interdisziplinäres Forschungskonzept zugrunde liegt, das gegenwärtig schon vorhandene gesundheitsrelevante Forschungsfelder verschiedener Disziplinen der Bergischen Universität umfasst;
- (b) Forschungsfragen, Expertisen oder wissenschaftsgestützte Beratungen unter langfristigen Perspektiven mit der Gesundheitswirtschaft entwickelt und bearbeitet werden können. Effizienz, Wertschöpfungspotenzial und Nachhaltigkeit von Maßnahmen in Praxisfeldern werden so überprüfbar;
- (c) Problemstellungen der Bergischen Gesundheitswirtschaft durch die enge Kooperation mit der Forschung bzw. Wissenschaft auf kurzem Wege, mit bekannten Ansprech- und ProjektpartnerInnen des Bergischen Gesundheitsnetzwerkes diskutiert und in anwendungsbezogene Forschungsprojekte umgesetzt

Initiatoren des **Bergischen Kompetenzzentrums für Gesundheitsmanagement und Public Health** sind Rektor Prof. Dr. Lambert Koch, Prof. Dr. Rainer Wieland und Prof. Dr. Kerstin Schneider, beide Fachbereich B – Wirtschaftswissenschaft, Schumpeter School of Business and Economics, unterstützt von dessen Dekan Prof. Dr. Michael Fallgatter, dem Rektorat sowie dem Hochschulrat der Bergischen Universität.

- werden können. Die häufig auftretenden Vermittlungsprobleme (jede Disziplin spricht ihre Sprache) können so reduziert und eine lebendige und vertrauensvolle Kommunikation aufgebaut werden;
- (d) in regelmäßigen Abständen Gesundheitskonferenzen/-tagungen stattfinden werden, auf denen sich Wissenschaft, Praxis und (Gesundheits-)Politik treffen;
- (e) die Aktivitäten des BKG Gesundheitsnetzwerkes zur Profilierung der Bergischen Gesundheitswirtschaft und der BUW auf regionaler und überregionaler Ebene beitragen können.

Gründungsmitglieder bzw. Sponsoren des BKG sind:

- ⊙ Akademie für Gesundheitsberufe, Wuppertal,
- ⊙ Barmenia Versicherungen, Wuppertal,
- ⊙ Barmer Ersatzkasse, Wuppertal,
- ⊙ Bethesda Krankenhaus, Wuppertal,
- ⊙ GHD Gesundheits GmbH Deutschland,
- ⊙ Helios Klinikum Wuppertal GmbH,
- ⊙ Kliniken St. Antonius,
- ⊙ Klinikum Solingen,
- ⊙ Radprax, Wuppertal,
- ⊙ Sana Klinikum Remscheid GmbH,
- ⊙ Stiftung Krankenhaus St. Josef, Wuppertal.

Dem Unterstützerkreis gehören gegenwärtig neben den Gründungsmitgliedern an:

- ⊙ AiCuris, Wuppertal,
- ⊙ Bayer Health Care, Wuppertal,
- ⊙ IHK Wuppertal,
- ⊙ Medifit Wuppertal,

- ⊙ KSB-Klinikberatung GmbH, Sprockhövel,
- ⊙ Stiftung Tannenhof, Wuppertal,
- ⊙ em. Prof. Dr. Dieter Cassel, Universität Duisburg-Essen,
- ⊙ Verdi Bezirk Wuppertal-Niederberg.

Für den weiteren Ausbau des BKG wird angestrebt, den Kreis der Sponsoren in Zukunft noch zu erweitern. Dies betrifft auch die Unterstützung durch Mittel aus staatlichen Förderprogrammen und anderen Quellen (z.B. Stiftungen). So können wir inzwischen davon ausgehen, dass das BKG auch vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes NRW im kommenden Jahr gefördert wird. ⊙

Literaturhinweise

Nefiodow, L. A. (2001). Der Sechste Kondratieff. Wege zur Vollbeschäftigung im Zeitalter der Information. (5. überarb. Aufl.). Sankt Augustin: Rhein-Sieg-Verlag.

WHO (1991) Die dritte Gesundheitsförderungskonferenz der WHO im Juni 1991 im schwedischen Sundsvall.

Mathematiker an Forschungsprojekt ICESTARS beteiligt

Mathematicians working on ICESTARS project

Die Fachgruppe Mathematik und Informatik der Bergischen Universität ist am europäischen Projekt ICESTARS (Integrierte Schaltungs-/Elektromagnetische-Simulation und Design-Technologien für Ein-Chip-Systeme im Mobilfunk) beteiligt. Unter der Leitung der Professoren Dr. Michael Günther und Dr. Roland Pulch (beide Angewandte Mathematik) arbeiten die Wuppertaler Forscher an Algorithmen für die nächste Generation von Chips zur drahtlosen Datenübertragung.

Prof. Dr. Roland Pulch: „Drahtlose Kommunikation soll immer mehr Dienstleistungen ermöglichen, von der Telefonie über das Internet bis hin zum mobilen Fernsehen – und das weltweit an jedem Ort und zu jeder Zeit.“ Die dafür nötigen, extrem hohen Datenraten lassen sich jedoch nicht mehr innerhalb der gegenwärtigen Frequenzbänder (etwa 1 – 3 GHz) erzielen. ICESTARS dient der Entwicklung kostengünstiger Chips, die in einem Frequenzbereich bis 100GHz operieren können. Ziel ist, den Chip-Entwicklungsprozess im Höchstfrequenzbereich mit neuen Methoden und Simulationswerkzeugen zu beschleunigen und die europäischen Chip-Entwickler mit dieser Technologie im drahtlosen Kommunikationsbereich auf einer weltweiten Spitzenposition zu halten. ICESTARS wird von der Europäischen Kommission innerhalb des 7. EU Forschungsrahmenprogramms gefördert.

UW's School of Mathematics and Informatics is participating in the European ICESTARS (Integrated Circuit/EM Simulation and design Technologies for Advanced Radio Systems-on-chip) project. Led by Prof. Dr. Michael Günther and Prof. Dr. Roland Pulch (Department of Applied Mathematics), Wuppertal scientists are developing algorithms for the next generation of wireless data transmission chips.

Prof. Dr. Roland Pulch: "Wireless communications is set to provide more and more services, from telephony to Internet and mobile TV, worldwide and round the clock." The extremely high data transfer rates required for these services cannot, however, be attained within current frequency bands (c. 1-3 GHz). ICESTARS is working on a low-cost chip to handle frequencies up to 100 GHz. The immediate aim is to create new simulation tools and methodology for boosting UHF chip development processes, and thus to maintain the leading global position of European chip manufacturers in wireless communications. The project is funded by the European Commission's 7th EU Research Framework Program.

Kontakt / Contact

Prof. Dr. Roland Pulch
Angewandte Mathematik / Modellbildung und Numerik
gekoppelter Systeme
Telefon 0202/439-3777
E-Mail pulch@math.uni-wuppertal.de
www.icestars.eu

Studienprojekt mit Kirgistan bewilligt

University exchange with Kyrgyzstan receives funding

„Strukturen und Bedingungen des Aufwachsens“ heißt ein Studienprojekt, das die Familiensoziologin Prof. Dr. Doris Bühler-Niederberger gemeinsam mit Dr. Alexandra König ins Leben gerufen hat. Im Rahmen des Master-Studiengangs „Kindheit, Jugend, Soziale Dienste“ soll das Projekt, das in Kooperation mit drei kirgisischen Universitäten entstand und mit fast 100.000 Euro vom Deutschen Akademischen Austausch-Dienst (DAAD) gefördert wird, den kulturellen und sozialwissenschaftlichen Austausch zwischen Studierenden fördern.

Ein wichtiges Merkmal des Master-Studiengangs „Kindheit, Jugend, Soziale Dienste“ ist seine internationale Ausrichtung sowie die Auseinandersetzung mit Lebenssituationen von Kindern und Jugendlichen. Das von Prof. Dr. Bühler-Niederberger und Dr. König entwickelte Studienprojekt „Strukturen und Bedingungen des Aufwachsens“ bietet Wuppertaler Studierenden seit Februar 2009 die Möglichkeit, Studieninhalte im interkulturellen Austausch mit kirgisischen Studenten zu vertiefen. Kirgistan gehört zur Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (GUS) und liegt in Zentralasien zwischen Kasachstan, Usbekistan, China und Tadschikistan. Drei Universitäten der kirgisischen Hauptstadt Bishkek sind Kooperationspartner der Bergischen Universität.



Prof. Dr. Doris Bühler-Niederberger (r.) und Dr. Alexandra König. Foto / Photo: Jennifer Abels.

Prof. Dr. Doris Bühler-Niederberger and Dr. Alexandra König of the Department of Sociology are the initiators of a project on "Structures and Conditions of Growing Up" – part of UW's Childhood, Youth & Social Services master's program. Funded with a €100,000 grant from the German Academic Exchange Service (DAAD) and organized jointly with three universities in the Kyrgyz capital, Bishkek, the project promotes cultural and academic exchange between students.

A key feature of the master's program in Childhood, Youth & Social Services is its international slant and focus on the life situation of children and young people. Launched in February 2009, "Structures and Conditions of Growing Up" offers UW students an opportunity to work with their peers in Kyrgyzstan – a CIS country bordering Kazakhstan, Uzbekistan, China and Tajikistan.

Kontakt / Contact

Prof. Dr. Doris Bühler-Niederberger
Soziologie der Familie, Jugend und Erziehung
Telefon 0202/439-2283
E-Mail buehler@uni-wuppertal.de



Mit 750 Terabyte Wuppertaler Speichervolumen im weltweiten Grid-Rechnerverbund (v.l.n.r.): Rektor Prof. Dr. Lambert T. Koch, Dr. Torsten Harenberg, Hewlett-Packard-Repräsentant Daniel Koczorek, Prof. Dr. Peter Mättig, Dr. Klaus Hamacher, Forschungs-Prorektor Prof. Dr. Michael Scheffel und der Dekan des Fachbereichs Mathematik und Naturwissenschaften, Prof. Dr. Peter Wiesen. Foto: Maren Wagner.

With 750 terabytes of Wuppertal capacity in the global LHC Computing Grid: (l.to r.) UW Rector Prof. Dr. Lambert T. Koch, Dr. Torsten Harenberg, Hewlett Packard representative Daniel Koczorek, Prof. Dr. Peter Mättig, Dr. Klaus Hamacher, Pro-Rector for Research Prof. Dr. Michael Scheffel, and Dean of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences Prof. Dr. Peter Wiesen. Photo Maren Wagner.

Grid-Rechenzentrum für gigantische Datenmengen

Supercomputer joins grid to process vast data flows

Die Bergische Universität hat ihr neues Grid-Rechenzentrum für experimentelle Teilchenphysik eingeweiht. Es umfasst ca. 1.000 Rechner mit insgesamt 750 Terabyte Speichervolumen – was dem 3.000-fachen eines PCs entspricht! – und ein superschnelles Netzwerk. Dazu waren von den Physikern Prof. Dr. Peter Mättig und Prof. Dr. Christian Zeitnitz ca. 700.000 Euro Drittmittel eingeworben worden. Genutzt wird das Zentrum in einem weltweiten Computing-Verbund (Grid), zu dessen Pfeilern die Bergische Universität gehört. Das Zentrum soll die gigantischen Datenmengen des Large Hadron Colliders (LHC) in Genf untersuchen. Rechner und Konfiguration kamen von Hewlett Packard.

Mit dem beim europäischen Kernforschungszentrum CERN angesiedelten LHC in Genf, der „größten Forschungsmaschine der Welt“, wollen tausende Wissenschaftler aus der ganzen Welt die Kräfte und Teilchen in einem 10.000stel eines Atomkerns erforschen. Sie produzieren dafür in einem winzigen Bereich Temperaturen, die kurz nach dem „Big Bang“ herrschten, dem auch als „Urknall“ bezeichneten Ursprung des Universums. Dafür müssen aus ca. 2 Milliarden Teilchenreaktionen pro Jahr die wenigen tausend herausgefischt werden, die neu sind.

Die LHC-Experimente erzeugen pro Jahr etwa 8.000.000.000.000.000 Byte (15 Nullen = 8 Petabyte = 8 Millionen Gigabyte) Daten. Hinzu kommen p.a. 4 Petabyte Simulationsdaten (Petabyte = eine Billiarde Byte, also 1.000 Terabyte). Selbst bei optimistischsten Prognosen über die Entwicklung von Prozessorleistungen und Speichersystemen kann kein einzelnes Rechenzentrum auf der Welt Kapazitäten zur Auswertung dieser gewaltigen Datenflut bereitstellen.

Mit dem LHC-Computing-Modell werden in mehreren Ländern Rechenzentren aufgebaut und über Hochgeschwindigkeitsleitungen vernetzt. Insgesamt 100.000 Rechner in aller Welt, die zusammen 200 Petabyte Speichervolumen aufweisen, sind so zu einem virtuellen Rechenzentrum verbunden, dem „LHC Computing Grid“. Auch an der Entwicklung der Technologie, um das „Grid“ zu betreiben, sind Physiker der Bergischen Universität beteiligt.

Kontakt / Contact

Prof. Dr. Peter Mättig
Experimentelle Elementarteilchenphysik
Telefon 0202/439-2761
maettig@cern.ch

Dr. Torsten Harenberg
Telefon 0202/439-3521
harenberg@physik.uni-wuppertal.de
www.grid.uni-wuppertal.de

Supplied and configured by Hewlett Packard, UW's supercomputer has been locked into the superfast global LHC Computing Grid created by elementary particle physicists to process the gigantic data volumes produced by CERN's Large Hadron Collider (LHC) in Geneva. Physicists Prof. Dr. Peter Mättig and Prof. Dr. Christian Zeitnitz have acquired some €700,000 external funding for the project, which links 100,000 computers worldwide in a virtual computer center generating a total capacity of approx. 200 petabytes.

Thousands of scientists from across the globe are working at CERN's Large Hadron Collider, "the world's biggest research machine", to investigate the structures and forces in the ten-thousandth of an atomic nucleus. In this tiny area they create temperatures approximating those immediately after the Big Bang. This means fishing an ocean of 2 billion particle interactions per year to find the few thousand new ones.

The LHC experiments generate a data flood of 8 petabytes (= 8 m gigabytes), plus another 4 petabytes of simulation data (1 petabyte = 10¹⁵ bytes) per year. Even with the most optimistic forecasts of growth processing capacity, this dwarfs the capabilities of any single computer center.

Wuppertaler Chemiker forschen in der Arktis

Wuppertal chemists research in the Arctic

Auf Einladung der University of California, Davis (USA), beteiligen sich Wuppertaler Atmosphärenchemiker im Rahmen des Internationalen Polarjahres am Forschungsprojekt OASIS. Ziel ist die Untersuchung physikalischer und chemischer Prozesse an Schnee- und Eisoberflächen in der polaren Atmosphäre. Guillermo Villena aus Santiago, Chile, seit drei Jahren in Wuppertal und Doktorand im Fach Physikalische Chemie bei Prof. Dr. Peter Wiesen, hielt sich mehrere Wochen in der Arktis auf.



Guillermo Villena, Santiago, Chile, seit drei Jahren in Wuppertal und Doktorand im Fach Physikalische Chemie bei Prof. Dr. Peter Wiesen, vor der Messstation. Bei Temperaturen bis -40°C ist ein Gesichtsschutz notwendig.

Doctoral student Guillermo Villena from Santiago (Chile) has been working for 3 years in UW's Department of Physical Chemistry under Prof. Dr. Peter Wiesen. Temperatures of -40°C at the Arctic research station make facial protection a necessity.

OASIS steht für „Ocean Atmosphere Sea Ice Snowpack“. Die Physikalische Chemie der Bergischen Universität nimmt an der Messkampagne am nördlichsten Punkt von Alaska, in Barrow, teil, um empfindliche Messungen von salpetriger Säure (HONO) in der Atmosphäre durchzuführen. Diese Substanz ist von entscheidender Bedeutung für die Reinigungskraft der Atmosphäre. Prof. Wiesen: „Neueste Untersuchungen zeigen eine unerwartete, lichtinduzierte Bildung dieser Spezies auf Schnee- und Eisoberflächen, deren Ursache wir in Zusammenarbeit mit einem internationalen Forscherteam aufklären wollen.“ Im Rahmen der Messkampagne wird das in Wuppertal entwickelte, weltweit empfindlichste Messgerät zum Nachweis salpetriger Säure eingesetzt.

Invited by the University of California at Davis, UW atmospheric chemists have joined the International Polar Year OASIS project investigating physical and chemical processes in the polar atmosphere. Guillermo Villena, a doctoral student from Santiago (Chile) supervised by Prof. Dr. Peter Wiesen (Department of Physical Chemistry), is spending several weeks researching in the Arctic.

Within the framework of the OASIS (Ocean Atmosphere Sea Ice Snowpack) project, UW's Department of Physical Chemistry is measuring nitrous acid (HNO₂) – a substance crucial to the cleansing properties of the atmosphere – in atmospheric snow and ice at Barrow, Alaska's northernmost point. Prof. Wiesen: “Recent research shows an unexpected occurrence of the acid on snow and ice surfaces. We are part of an international team investigating the causes of this phenomenon.” UW scientists developed the new, highly sensitive instrument used to detect nitrous acid in the atmosphere.

Kontakt / Contact

Prof. Dr. Peter Wiesen
Physikalische Chemie
Telefon 0202/439-2515
E-Mail wiesen@uni-wuppertal.de

PD Dr. Jörg Kleffmann
Telefon 0202/439-3534
www.physchem.uni-wuppertal.de
www.oasishome.net

Studenten bauen Solarhaus für internationalen Wettbewerb

*Students enter international competition
to build solar house*

Die Bergische Universität nimmt am Wettbewerb „Solar Decathlon Europe 2010“ in Madrid teil. Die Aufgabe: Ein Studierendenteam muss bis Juni 2010 ein zu 100 % solar versorgtes Haus entwickeln und bauen. Unter der Leitung der Architekten Prof. Anett-Maud Joppien (Konstruieren und Entwerfen) und Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss (Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung) stellen sich 30 Studenten dieser Herausforderung. Rektor Prof. Dr. Lambert T. Koch ist Schirmherr.

Nach Entwicklung und Bau in Wuppertal wird der Wohnhaus-Prototyp nach Madrid transportiert und muss sich dort einer Jury und der Öffentlichkeit stellen. Eine Wertung nach zehn Kriterien – entsprechend einem „Zehnkampf“ (= engl. „Decathlon“) – bestimmt den Sieger unter 20 beteiligten Hochschulen aus aller Welt. Zum Wuppertaler Team gehören Studenten aus Architektur, Bauingenieurwesen und Industrial Design. Projektleiterin Prof. Dipl.-Ing. Anett-Maud Joppien: „Solar Decathlon bietet den Studierenden die einmalige Chance, unter realen Bedingungen in 18 Monaten die gesamte Bandbreite eines innovativen Projektes zu erleben – vom Entwurf bis zum Bau.“ Technologiepartner ist das Freiburger Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. Ausgeschrieben wurde „Solar Decathlon“ vom spanischen Ministerium für Wohnungsbau in Zusammenarbeit mit dem US-amerikanischen Energieministerium und der Technischen Universität Madrid.

Under the direction of architects Prof. Anett-Maud Joppien (Department of Construction Conception and Design) and Prof. Dr. Eng. Karsten Voss (Department of Constructional Physics and Technical Installations) 30 UW students have entered the Solar Decathlon Europe 2010 in Madrid, a competition to build a 100% solar energy house of the future by June 2010. The project is under the patronage of UW Rector Prof. Dr. Lambert T. Koch.

Developed and built in Wuppertal, the solar house will be among 20 entries from universities worldwide transported to the competition site in Madrid to be presented to the public and assessed according to ten criteria (hence “decathlon”) by a selected jury. The UW team comprises students of architecture, civil engineering and industrial design, working together with the Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Freiburg. Project leader Prof. Anett-Maud Joppien: “Solar Decathlon gives students a unique opportunity of experiencing an innovative project under real-life conditions in 18 months – from initial design to construction.” Solar Decathlon is organized jointly by the Spanish Ministry of Housing, the US Department of Energy, and Madrid's University of Technology.

Kontakt / Contact

Prof. Dipl.-Ing. Architektin M. Arch. Anett-Maud Joppien
Architektur / Baukonstruktion, Entwerfen und CAD
Telefon 0202/439-4147
E-Mail baukunst@uni-wuppertal.de
www.sdeurope.org
www.solardecathlon.org

Forscher entdecken neuartige Produktion von Top Quarks

Top quark caught!



Top Quarks auf der Spur/
Searching for top quarks:
Dr. Daniel Wicke (l.) und
Prof. Dr. Wolfgang Wagner.
Foto / Photo Maren Wagner

Ein internationales Forscherteam hat unter Wuppertaler Beteiligung am amerikanischen Forschungszentrum für Teilchenphysik Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory) bei Chicago die Produktion einzelner Top Quarks in Teilchenkollisionen beobachtet. Das Top Quark ist der schwerste Grundbaustein der Materie, aber aufgrund seiner kurzen Lebensdauer nur extrem schwer einzeln nachweisbar. Die Beobachtung der Produktion einzelner Top Quarks bestätigt 14 Jahre nach Entdeckung des Top Quarks wichtige Parameter der Teilchenphysik. Physiker der Bergischen Universität um Prof. Dr. Wolfgang Wagner und Dr. Daniel Wicke haben dazu wichtige Beiträge geliefert.

Top Quarks wurden bisher nur in Paaren beobachtet, die durch die „starke Kraft“ produziert werden. Der Entdeckung liegen komplexe Analyse-Methoden zugrunde. Deren erfolgreiche Anwendung ist ein wichtiger Schritt bei der Suche nach dem „Higgs Boson“, dem letzten noch nicht nachgewiesenen Teilchen im Standardmodell der Elementarteilchen. Dr. Daniel Wicke: „Deshalb ist unsere Beobachtung auch für die Experimente am Large Hadron Collider (LHC) am CERN wichtig.“ Prof. Dr. Wolfgang Wagner forscht seit 2003 am Nachweis der Produktion einzelner Top Quarks und war an den Analysen am CDF-Experiment beteiligt. CDF (Collider Detector at Fermilab) ist ein Universaldetektor am Tevatron Collider zur Aufzeichnung hochenergetischer Kollisionen von Protonen und Antiprotonen. Auf der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft stellte Prof. Wagner die neuen Ergebnisse erstmals in Deutschland vor.

UW scientists were among the international team of researchers at Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory), Chicago, that recently observed the production of a “bare” top quark in a particle collision. The top quark is the most massive of known elementary particles, but its extremely short lifetime makes it hard to detect in isolation. Fourteen years after the discovery of the top quark, the experiment confirms some important parameters of particle physics. The UW team, led by Prof. Dr. Wolfgang Wagner and Dr. Daniel Wicke, made a key contribution to this result.

Up to now, top quarks have only been observed in pairs that interact by the strong force. Based on complex analytic methods, the new discovery is an important step in the quest for empirical confirmation of the Higgs boson, the last as yet unobserved particle in the Standard Model. Dr. Daniel Wicke: “That’s why our result is so important for the Large Hadron Collider (LHC) experiments at CERN.” Prof. Dr. Wolfgang Wagner, who has been working on the search for “bare” top quarks since 2003, was among the team analyzing the data from the detector of high energy proton and antiproton collisions at Fermilab’s Tevatron collider (CDF: Collider Detector at Fermilab). Prof. Wagner presented the new results at the German Physical Society’s 2009 spring conference.

Kontakt / Contact

Prof. Dr. Wolfgang Wagner
Experimentelle Elementarteilchenphysik /
Telefon 0202/439-3786
E-Mail wagner@physik.uni-wuppertal.de

Dr. Daniel Wicke
Telefon 0202/439-2861
E-Mail Daniel.Wicke@physik.uni-wuppertal.de
www-d0.fnal.gov www-cdf.fnal.gov

Neues Buch über Jugendsprache von Prof. Eva Neuland

The Language of Young People – a new book by Prof. Eva Neuland

„Jugendsprache“ ist der Titel eines Buches der Wuppertaler Germanistin und Soziolinguistin Prof. Dr. Eva Neuland, das im Narr Francke Attempto Verlag (Tübingen) erschienen ist. Das Einführungs- und Übersichtswerk macht aus sprachwissenschaftlicher Sicht mit der Jugendsprache vertraut.

Im Mittelpunkt stehen Beschreibung und Analyse des Sprachgebrauchs Jugendlicher im deutschen Sprachraum unter Einbezug aktueller Fragestellungen der germanistischen Soziolinguistik. Grundlagen und Entwicklungen sowie theoretische Konzepte der Jugendsprachforschung werden aufgezeigt und Entwicklungsetappen deutscher Jugendsprachen in Geschichte und Gegenwart vorgestellt und beispielhaft illustriert. Den Abschluss bildet ein Ausblick auf Jugendsprachen in Schule und Unterricht.

Prof. Neulands Forschungsgebiete sind Soziolinguistik, Gesprächsforschung, Textlinguistik, Stilistik, Sprachdidaktik, Deutsch als Fremdsprache und Interkulturelle Kommunikation. Sie hat ein DFG-Projekt zu Sprachgebrauch und Spracheinstellungen von 1.200 Jugendlichen in Deutschland durchgeführt und einschlägige Sammelbände mit Forschungsergebnissen herausgegeben. (Eva Neuland: *Jugendsprache – Eine Einführung*; UTB 2397, 210 Seiten, zahlreiche Abb. und Tabellen, 16,90 Euro; ISBN 978-3-8252-2397-7; Narr Francke Attempto Verlag, 2008, Tübingen.)

A recent addition to the University Paperback series, Prof. Dr. Eva Neuland’s book provides a socio-linguistic introduction to the subject of young people’s language.

*Based on current research in German sociolinguistics, the study focuses on the description and analysis of linguistic usage among young people in German-speaking countries. It covers the fundamentals, development and theoretical issues of research in this field and provides copious examples of various stages in young people’s language, both past and present. A concluding chapter looks at current developments in school and classroom usage. Prof. Neuland’s research interests are in sociolinguistics, conversation analysis, text linguistics, stylistics, didactics of language, German as a foreign language, and intercultural communication. She has completed a German Research Foundation (DFG) project into the linguistic usage and attitudes of 1,200 young people in Germany, and edited numerous research collections. (Eva Neuland: *Jugendsprache – Eine Einführung*. UTB 2397, 210 pages, including numerous figures and tables. €16.90. ISBN 978-3-8252-2397-7. Narr Francke Attempto, Tübingen, 2008.)*

Kontakt / Contact

Prof. Dr. Eva Neuland
Germanistik / Didaktik der deutschen
Sprache und Literatur
Department of German
Telefon 0202/439-2147, -2361
E-Mail neuland@uni-wuppertal.de
www.narr.de



Forschungseinrichtungen

Research Centers

INTERDISZIPLINÄRE ZENTREN

der Bergischen Universität Wuppertal /

*INTERDISCIPLINARY CENTERS (IC)
of the University of Wuppertal*

- ◉ für Wissenschafts- und Technikforschung: Normative und historische Grundlagen (IZWT) / *IC for Science and Technology Studies: Normative and Historical Perspectives (IZWT)*
www.izwt.uni-wuppertal.de
- ◉ für Angewandte Informatik und Scientific Computing (IZ II) / *IC for Applied Informatics and Scientific Computing (IC II)*
www.iz2.uni-wuppertal.de
- ◉ für das Management technischer Prozesse (IZ III) / *IC for Technical Process Management (IC III)*
www.iz3.uni-wuppertal.de
- ◉ für Polymertechnologie (IZ IV) / *Institute of Polymer Technology (IC IV)*
www.ifp.uni-wuppertal.de
- ◉ Forschungszentrum für Mikrostrukturtechnik (fmt) / *Microstructure Research Center (fmt)*
www.fmt.uni-wuppertal.de
- ◉ Zentrum für Bildungsforschung und Lehrerbildung (ZBL) / *Center for Educational Research and Teacher Education (CERTe)*
www.zbl.uni-wuppertal.de
- ◉ Zentrum für Erzählforschung (ZEF) / *Center for Narrative Research (CNR)*
www.fba.uni-wuppertal.de/zef
- ◉ Zentrum für Graduiertenstudien (ZGS) / *Center for Graduate Studies*
www.zgs.uni-wuppertal.de

INSTITUTE

der Bergischen Universität Wuppertal /

*INSTITUTES of the University of Wuppertal
(§§29, 31 HG)*

- ◉ Institut für Sicherungssysteme, Niederberg (Velbert/Heiligenhaus) / *Institute of Security Systems*
www.schluesselregion.de
- ◉ Institut für angewandte Kunst- und Bildwissenschaften / *Institute of Applied Art History and Visual Culture*
www.fbf.uni-wuppertal.de/Institute_und_Einrichtungen/Institut_fuer_angewandteKunst_und_Bildwissenschaften/
- ◉ Institut für Robotik / *Institute of Robotics*
www.robotik.uni-wuppertal.de
- ◉ Institut für phänomenologische Forschung / *Institute of Phenomenological Research*
www2.uni-wuppertal.de/FBA/philosophie/institut/Ankuendigung.pdf
- ◉ Institut für Grundbau, Abfall- und Wasserwesen / *Institute of Foundation Construction, Waste Utilization and Water Engineering*
www2.uni-wuppertal.de/FB11/lehrgebiete/igaw/igaw.htm
- ◉ Institut Gründungs- und Innovationsforschung / *Institute of Entrepreneurship and Innovation Research*
www.igif.wiwi.uni-wuppertal.de
- ◉ Institut für Konstruktiven Ingenieurbau / *Institute of Environmental Planning*
www.bauing.uni-wuppertal.de/stahlbau
- ◉ Institut für Umweltgestaltung / *Institute of Civil Engineering*
www.fbf.uni-wuppertal.de/Institute_und_Einrichtungen/Institut_fuer_Umweltgestaltung
- ◉ Institut für Marken- und Kommunikationsforschung / *Institute of Branding and Communications Research*
www.langner.wiwi.uni-wuppertal.de

INSTITUTE an der Bergischen Universität Wuppertal /
ASSOCIATED INSTITUTES of the University of Wuppertal (§32 HG)

- ⊙ Bergisches Institut für Produktentwicklung und Innovationsmanagement gGmbH / *Regional Institute of Product Development and Innovation Management*
www.bergisches-institut.de
- ⊙ Biblisch-Archäologisches Institut (BAI) / *Biblical Archaeology Institute*
www.bai-wuppertal.de
- ⊙ Europäisches Institut für internationale Wirtschaftsbeziehungen e.V. (EIIW) / *European Institute for International Economic Relations*
www.eiiw.eu
- ⊙ Forschungsinstitut für Telekommunikation / *Telecommunications Research Institute*
www.ftk.de
- ⊙ Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW) / *Tools and Materials Research Association*
www.fgw.de
- ⊙ Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie (ASER) / *Institute of Occupational Medicine, Safety Engineering and Ergonomics*
www.institut-aser.de
- ⊙ Institut für Soziale Gerontologie und Alternsmedizin e.V. (ISOGAM) / *Institute of Social Gerontology and the Medicine of Aging*
www.isogam.uni-wuppertal.de

SONDERFORSCHUNGSBEREICHE

der deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) /
COLLABORATIVE RESEARCH CENTERS
funded by the German Research Foundation (DFG)

- ⊙ Förderungsgerechte Auslegung von intralogistischen Systemen – Logistics on Demand (Kooperation mit der Universität Dortmund) / *Logistics on Demand – Customized Intralogistic Systems (in cooperation with the University of Dortmund)*
www.sfb-696.de
- ⊙ „Hadronenphysik mit Gitter-QCD“ (Transregio SFB zwischen der Bergischen Universität und der Universität Regensburg) / *Hadron Physics from Lattice QCD (in cooperation with the University of Regensburg)*
www.physik.uni-regensburg.de/sfbtr55/Seiten/home.php

FORSCHUNGSZENTREN /
RESEARCH CENTERS & GROUPS

- ⊙ Forschungsstelle für Bürgerbeteiligung / *Research Group for Citizens' Action*
www2.uni-wuppertal.de/FB1/planungszelle
- ⊙ Forschungsstelle Kommunale Sportentwicklungsplanung / *Research Group for Community Sports Development and Planning*
www.sportsoziologie.uni-wuppertal.de/Forschung/forschungksep.htm
- ⊙ Forschungsstelle Mehr Sicherheit im Schulsport / *Research Group for Safety in School PE and Sports*
www.sportsoziologie.uni-wuppertal.de/Forschung/forschungmsis.htm
- ⊙ Forschungszentrum für Leistungsdiagnostik und Trainingsberatung (FLT) / *Research Center for Sports Diagnostics and Training Policy*
www.flt.uni-wuppertal.de
- ⊙ Kompetenzzentrum für Fortbildung und Arbeitsgestaltung (KomFor) / *Competence Center for Continuing Education and Job Design (work psychology)*
www.komfor.uni-wuppertal.de

GRADUIERTENKOLLEGS /
RESEARCH TRAINING GROUPS

- ⊙ Darstellungstheorie und ihre Anwendungen in Mathematik und Physik / *Presentational Theory and its Applications in Mathematics and Physics*
gk-darstellungstheorie.uni-wuppertal.de/de/index.html
- ⊙ Demographischer Wandel im Bergischen Land / *Demographic Change in the Bergisch Region*
www.luis.uni-wuppertal.de/Homepage/luisset.htm
- ⊙ Promotionskolleg der Hans-Böckler-Stiftung „Kinder und Kindheiten im Spannungsfeld gesellschaftlicher Modernisierung. Normative Muster und Lebenslagen, sozialpädagogische und sozialpolitische Interventionen“ / *Doctoral training group funded by the Hans Böckler Foundation: “The Impact of Social Modernization on Children and Childhood”*
www.fbg.uni-wuppertal.de/faecher/paedagogik/sozpaed_sozpolitik/suenker/Promotionskolleg/

Forschungsförderung / Kontakt

Research Funding Management / Contact

Europäische Forschungsförderung / European Research Funding Management

Frank Jäger

Tel.-Nr.: 0202/439-2179

E-Mail: jaeger@verwaltung.uni-wuppertal.de

Nationale Forschungsförderung / National Research Funding Management (Germany)

Frank Jäger / Irina Berger

Tel.-Nr.: 0202/439-2179/2866

E-Mail: berger@verwaltung.uni-wuppertal.de

Vertragsmanagement / Contract Management

Irina Berger

Tel.-Nr.: 0202/439-2866

E-Mail: berger@verwaltung.uni-wuppertal.de

Promotionsförderung / Support for Doctoral Students

Melanie Kraft

Tel.-Nr.: 0202/439-3805

E-Mail: kraft@verwaltung.uni-wuppertal.de

Drittmittelverwaltung, Grundsatzangelegenheiten / Administration of External Funding

Jürgen Werner

Tel.-Nr.: 0202/439-2315

E-Mail: werner@verwaltung.uni-wuppertal.de

Steuerangelegenheiten / Taxation

Bettina Springer

Tel.-Nr.: 0202/439-3545

E-Mail: springer@verwaltung.uni-wuppertal.de

Fachbereiche A, F, Projekte der/des Gleichstellungsstelle, Rektorats, WTS, Verwaltung / Faculty A (Humanities), F (Art and Design); Projects of the Equal Opportunities Office, Rector's Office, Administration

Silvia Wulf

Tel.-Nr.: 0202/439-3119

E-Mail: wulf@verwaltung.uni-wuppertal.de

Fachbereiche B, E, G, SFB, Projekte des/der ZIM, ZSB, Institute / Faculty B (Economics), E (Electrical, Information and Media Engineering), G (Educational and Social Sciences), SFB (Collaborative Research Centers); Projects of the ZIM (Information and Media Center), ZSB (Central Student Advisory and Counselling Service), UW Institutes

Cornelia Biniossek

Tel.-Nr.: 0202/439-3133

E-Mail: biniossek@verwaltung.uni-wuppertal.de

Fachbereich C, internationale Projekte / Faculty C (Mathematics and Natural Sciences), International Projects

Anne Risthaus

Tel.-Nr.: 0202/439-2375

E-Mail: risthaus@verwaltung.uni-wuppertal.de

Fachbereich D / Faculty D (Architecture, Civil Engineering, Mechanical Engineering and Safety Engineering)

Bärbel Prieur

Tel.-Nr.: 0202/439-3710

E-Mail: bprieur@verwaltung.uni-wuppertal.de

BUW OUTPUT

**Herausgegeben
im Auftrag des Rektorates**
vom Prorektor für
Forschung, Drittmittel und
Graduiertenförderung

**Konzeption und Redaktion /
Concept and production**
Susanne Hans, UNImarketing
Telefon 0202/439-3043
shans@uni-wuppertal.de

Michael Kroemer,
Universitätspressestelle
Telefon 0202/439-2221, 2405
presse@uni-wuppertal.de
www.presse.uni-wuppertal.de
Prof. Dr. Michael Scheffel
Telefon 0202/439-2225
prorektor2@uni-wuppertal.de

Gaußstraße 20
42119 Wuppertal
www.buw-output.de

Gestaltung / Design

ENGEL UND NORDEN –
VISUELLE KOMMUNIKATION
www.engelundnorden.de

Übersetzung / Translation

Joseph Swann,
Bergische Universität Wuppertal

Fotos / Photos

Bergische Universität Wuppertal
oder Quellennachweis
University of Wuppertal
or acknowledgement

Produktion / Printers

Offsetdruckerei Figge GmbH,
Wuppertal

For the English version visit
www.buw-output.de

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Der Nachdruck von Beiträgen ist nur mit Genehmigung der
Bergischen Universität Wuppertal gestattet.

No part of this publication may be reproduced without the
prior permission of the university.

Wuppertal, Juni / June 2009

Auflage / Print run

2.000 Exemplare /
2,000 copies

Ihr Update für Ihre **Karriere**



TAW



Wenn Sie kontinuierlich
Ihr Know-how updaten,
können Sie zielgerichteter
Karriere machen.

www.taw.de

WEITER DURCH BILDUNG

Technische Akademie Wuppertal e.V.

Weiterbildungszentren in:

Wuppertal • Altdorf b. Nürnberg • Berlin • Bochum • Cottbus

Hubertusallee 18 • 42117 Wuppertal • Tel. 0202 / 7495 - 0 • www.taw.de • taw@taw.de



AWG WUPPERTAL

awg@awg.wuppertal.de
www.awg.wuppertal.de



IHR UNI-PARTNER

Im Rahmen der guten Zusammenarbeit mit der Bergischen Universität Wuppertal, speziell im Fachbereich Sicherheitstechnik / Umweltschutz, betreuen und unterstützen wir Studierende durch die Vergabe von Praktika. Bei der Erstellung ihrer Abschluss- und Studienarbeiten helfen wir mit Know-how und Themen aus der Praxis.

Arbeiten Sie während Ihres Studiums gemeinsam mit uns an interessanten Projekten in den Bereichen:

- Umweltschutz
- Arbeitsschutz
- Explosionsschutz
- Managementsysteme



- ABFALLMANAGEMENT
- AUTORECYCLING
- CONTAINERSERVICE
- MÜLLABFUHR
- MÜLLHEIZKRAFTWERK
- PAPIERSAMMLUNG
- RECYCLINGHÖFE
- SCHADSTOFFSAMMLUNG

