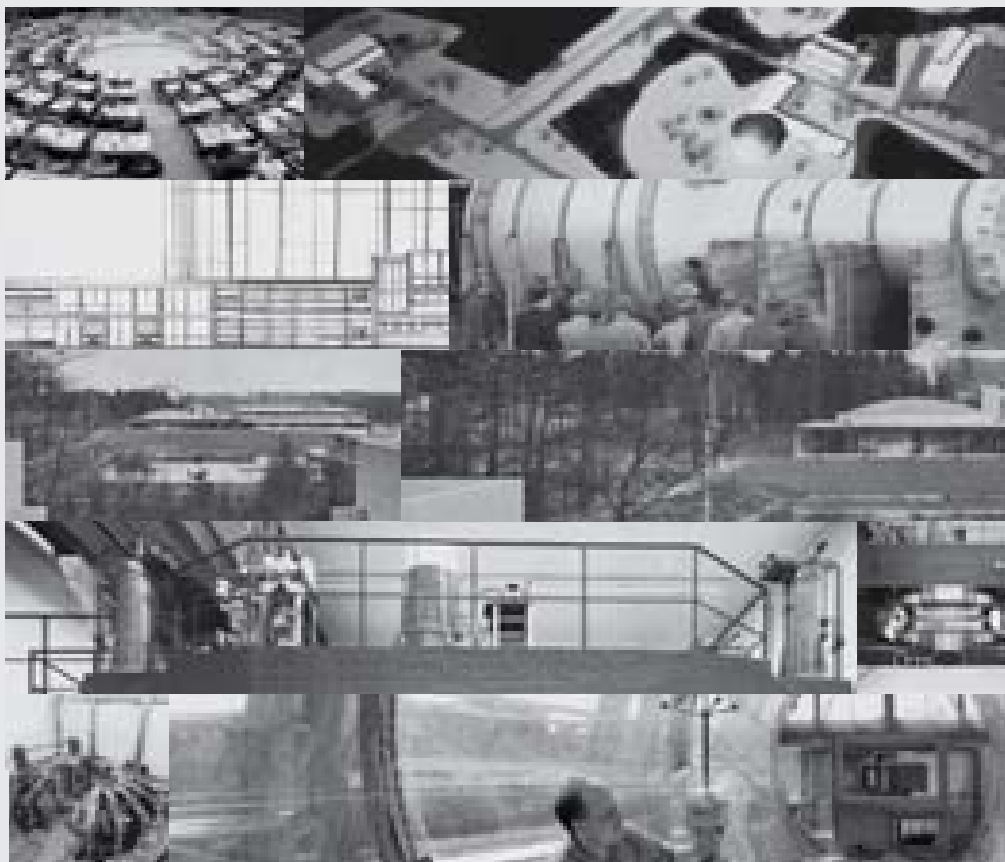


50 Jahre Zukunft. *Fifty Years of Innovation.*



Rückblick *Looking Back*

50 Jahre Zukunft.
Fifty Years of Innovation.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek.

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://d-nb.ddb.de> abrufbar.

Bibliographical information published by the Deutsche Nationalbibliothek.

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographical data are available on the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Herausgeber / <i>Published by</i>	Forschungszentrum Jülich GmbH 52425 Jülich Telefon: +49 2461 61-4661 Telefax: +49 2461 61-4666 E-Mail: info@fz-juelich.de www.fz-juelich.de
Vertrieb / <i>Distributed by</i>	Zentralbibliothek, Verlag / Publishing House
Redaktion / <i>Editors</i>	Peter Schäfer, Unternehmenskommunikation Janet Carter-Sigglow, Hazel Rochford, Sprachendienst / Language Services (engl.) Bruno Kloubert
Konzept und Realisierung / <i>Project Management</i>	TEMA Technologie Marketing AG
Übersetzungen / <i>Translations</i>	Transform GmbH Köln, Sprachendienst / Language Services des Forschungszentrums
Druck / <i>Printed by</i>	Medienhaus Plump GmbH, Rheinbreitbach
Copyright	Forschungszentrum Jülich GmbH, 2006

Autoren / Authors

Georg Wilhelm Adamowitsch, Frank Bärmann, Markus Bau, Niels Boeing, Frank Frick, Wolfgang Hess, Herbert Kircher, Annika Klein, Bruno Kloubert, Jörn Kranich, Michael O.R. Kröher, Angela Lindner, Norbert Lossau, Birgit Merx, Meyya Meyyappan, Jürgen Mlynek, Michael Müller, Alfred Oberholz, Wiebke Rögner, Bernd-A. Rusinek, Peter Schäfer, Ralf P. Schorn, Ulla Schmidt, Rolf-Michael Simon, Alexander Stirn, Christa Thoben, Eberhard Umbach.

Bildnachweis / Photographs

Bundesministerium für Gesundheit, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Degussa AG, Deutsche Physikalische Gesellschaft, Forschungszentrum Jülich GmbH, Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, IBM Deutschland Entwicklung GmbH, Landtag NRW, Hubert Lorenz, NASA Ames Research Center, Stadt Jülich, TEMA Technologie Marketing AG.

ISBN-10: 3-89336-440-4

ISBN-13: 978-3-89336-440-4

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Neither this book nor any part of it may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, microfilming, and recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

Forschungszentrum Jülich GmbH

Rückblick *Looking Back*

50 Jahre Zukunft.
Fifty Years of Innovation.

Band 1
Volume 1

Forschungszentrum Jülich
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Inhalt

Vorwort	6
Antrieb, Motivation und Entscheidungen – Gesichter der ersten 50 Jahre Bernd-A. Rusinek	9
Jülich im Wandel – Von der historischen Festungsstadt zur modernen Forschungsstadt	21
Pioniere der ersten Stunde – Das IPP damals und heute	27
NMR & Co. – Mit modernster Ausstattung den „Challenges“ begegnen	33
Auszeichnungen, Publikationen, Karrieren – Prominente wissenschaftliche Ergebnisse	47
Brücken zur Industrie – Von der Forschung zu den Produkten von morgen	57
Chronologie großer Momente – Ein Gang durch die Geschichte des Forschungszentrums von 1956 bis 2006	71

Contents

<i>Preface</i>	7
----------------	---

<i>Drive, Motivation and Decisions – Faces of the First 50 Years Bernd-A. Rusinek</i>	9
---	---

<i>New Role for Jülich – From Historical Fortress Town to Modern Research Town</i>	21
--	----

<i>Pioneers of the Early Days – IPP Yesterday and Today</i>	27
---	----

<i>NMR & Co. – Taking on Tomorrow's Challenges with Ultramodern Technology</i>	33
--	----

<i>Awards, Publications and Careers – Prominent Scientific Results</i>	47
--	----

<i>Bridging the Gap to Industry – From Research Projects to Tomorrow's Products</i>	57
---	----

<i>Big Events – A Stroll through the History of the Research Centre 1956 – 2006</i>	71
---	----

Vorwort

Das Forschungszentrum Jülich sieht sein 50-jähriges Bestehen als Chance zur Konzentration auf die großen gegenwärtigen Herausforderungen der Menschheit, die „Grand Challenges“. Das gesamte Forschungspotenzial – auf herausragenden Erfahrungen und Transferleistungen fußend – wird auf die „Grand Challenges“ **Energie, Umwelt, Gesundheit und Information** projiziert.

Das vorliegende Buch zum Jubiläum enthält zwei Bände. Band 1 zeigt die Retrospektive, Band 2 die Visionen, mit denen das Forschungszentrum den Herausforderungen der Zukunft begegnet.

Wie Vergangenheit und Zukunft des Forschungszentrums eine Einheit bilden, so sind auch die beiden Buchteile untrennbar miteinander verbunden. Wendet man das Buch auf die andere Seite, ändert sich die Perspektive.

Der Aufbau des Forschungszentrums Jülich war getrieben von der Notwendigkeit, den wissenschaftlich-technischen Rückstand der Kriegsjahre zu überwinden. Es entstand eine Großforschungseinrichtung, die mit der Entwicklung der Thorium-Hochtemperatur-Reaktoren (THTR) das einzige ursprünglich deutsche Reaktorkonzept verwirklichte. Mit der Konzentration von fachübergreifendem Wissen zur Kernforschung wuchs in Jülich eine Schlüsselkompetenz, die das Forschungszentrum an der Schnittstelle zu den gesellschaftlichen, politischen und volkswirtschaftlichen Bedürfnissen als Berater und Pionier von Problemlösungen auszeichnet. Die exzellenten interdisziplinären Forschungs- und Entwicklungskapazitäten wurden laufend neuen Herausforderungen in den Bereichen Energie, Gesundheit, Umwelt, Materie, Material und Information angepasst.

Die Retrospektive rafft die Entwicklung des Forschungszentrums Jülich von 1956 bis 2006 in ihren wichtigsten Stationen. Ausgehend von den mit der Geschichte des Forschungszentrums untrennbar verbundenen Persönlichkeiten und dem Standort in der Forschungsstadt Jülich werden die herausragendsten Etappen der Entfaltung des Forschungszentrums dargestellt. Schlaglichter werden geworfen auf das IPP als erstes und ältestes Institut, auf die Entwicklung der Infrastruktur und die besonderen forschungsgeschichtlichen Höhepunkte. Die vorgestellten Anwendungen sind Erfolge des systematischen Technologietransfers. Sie zeigen eindrucksvoll, wo die Grundlagenforschung Jülicher Prägung Einzug in die industrielle Entwicklung und teilweise auch in unseren Alltag genommen hat.

Die Darstellungen zur Geschichte münden in eine chronologische Übersicht. Schlaglichtartig werden in Wort und Bild die großen Ereignisse beleuchtet. 50 Jahre prominente Forschungsgeschichte – 50 Jahre Zukunft.

Preface

Research Centre Jülich regards its 50th anniversary as a chance to focus on the grand challenges currently facing humanity. Its entire research potential – based on its extensive experience and transfer of know-how – is projected onto the grand challenges of energy, environment, health and information.

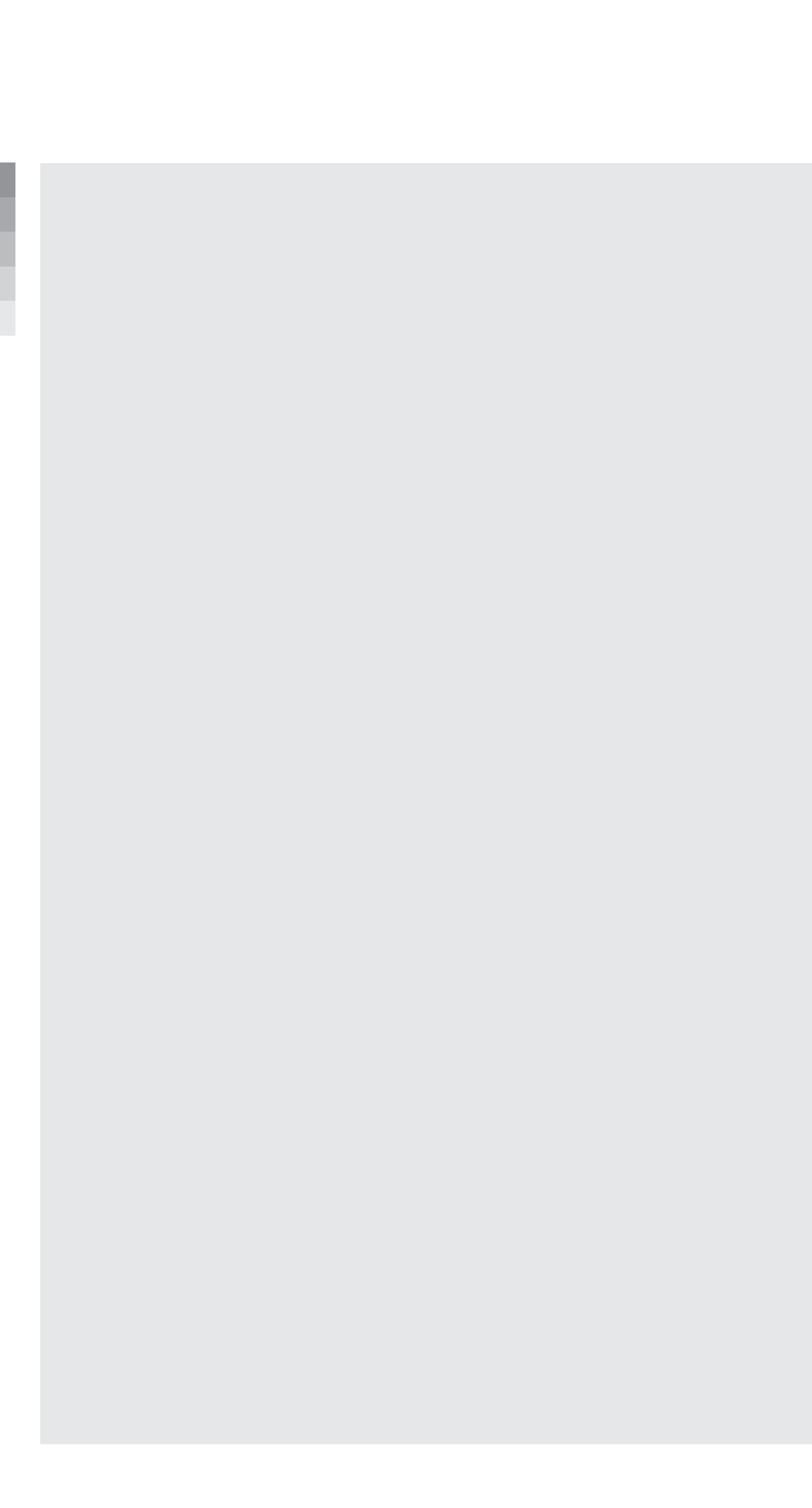
This anniversary volume consists of two sections. Section 1 contains a retrospective overview of achievements and Section 2, the visions with which the Research Centre intends to rise to the challenges of the future.

In the same way that the Research Centre's past and future form part of one whole, the two parts of this book are inextricably bound together. If you turn the book around then you experience a different perspective.

The early years of Research Centre Jülich were driven by the necessity of making up the scientific and technical ground lost during the war years. A national research facility was established that brought into being the only reactor design ever to originate in Germany, the thorium high-temperature reactor. With the concentration of transdisciplinary know-how on nuclear research, a key competency began to emerge in Jülich which established the Research Centre at the interface of social, political and economic issues as an advisor and pioneer in offering solutions for problems. The excellent interdisciplinary research and development resources were continuously adapted to the new challenges arising in the fields of energy, health, environment, matter, materials and information.

Looking back, this section briefly presents the most important milestones in the development of Research Centre Jülich from 1956 to 2006. Starting from the personalities intimately connected with the history of the Research Centre and its site close to the historic town of Jülich, the major stages in the genesis of the Research Centre are depicted. As the first and thus oldest institute, the Institute of Plasma Physics (IPP) is highlighted as well as the development of the Research Centre's infrastructure and special events in its research history. Various examples of research applications demonstrate the success of systematic technology transfer. This shows where the kind of basic research practised at Jülich has been taken up by industry and has also in some cases become part of our everyday life.

The historical episodes are complemented by a chronological overview. Particular emphasis in the text and pictures is given to the big events. In short, 50 years of making research history means 50 years of innovation.



Antrieb, Motivation und Entscheidungen *Drive, Motivation and Decisions*

Gesichter der ersten 50 Jahre
Faces of the First 50 Years



Antrieb, Motivation und Entscheidungen – Gesichter der ersten 50 Jahre

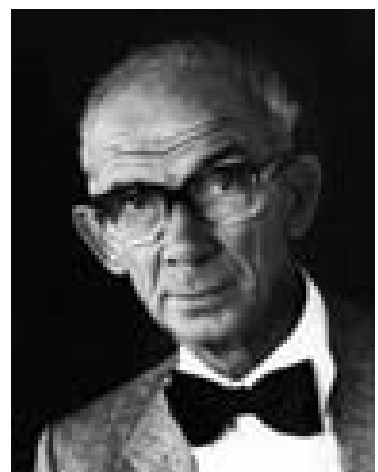
Karl Heinz Beckurts (1930 – 1986) war zugleich bedeutender Kernphysiker und Wissenschaftsmanager. Im Forschungszentrum Karlsruhe hatte er das Institut für Angewandte Kernphysik geleitet. Nachdem bereits zu Anfang der 1960er-Jahre versucht worden war, Beckurts als Wissenschaftler und Institutsleiter nach Jülich zu bekommen, wurde er 1970 Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums. 1980 trat er als das für Forschung und Entwicklung zuständige Vorstandsmitglied in den Siemens-Konzern ein. Beckurts wurde 1986 Opfer eines Terroranschlags, bei dem auch sein Fahrer umkam. Zum Andenken an Beckurts vergibt die Karl Heinz Beckurts-Stiftung, getragen von der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren und dem Siemens-Konzern, alljährlich Wissenschaftspreise.



Karl Heinz Beckurts

Der Ingenieur und sozialdemokratische Forschungspolitiker **Leo Brandt** (1908 – 1971) ist Gründervater des heutigen Forschungszentrums. Am 26. Juni 1956 trug er im Landtag von Nordrhein-Westfalen den Plan eines „Atomforschungszentrums“ vor. Brandt war vor 1945 führend an der Radar-Entwicklung beteiligt gewesen, ab 1949 Ministerialdirektor, später Staatssekretär im nordrhein-westfälischen Verkehrsministerium. In den 1950er-Jahren wurde er zum Architekten der Forschungs- und Wissenschaftspolitik der SPD. Sein Alptraum: dass der wissenschaftlich-technologische Rückstand der Bundesrepublik gegenüber dem Ausland immer größer werden könnte. Er war überzeugt, dass ein Rückstand auf dem Gebiet der friedlichen Kernenergie-Nutzung besonders fatale Folgen haben würde. Leo Brandt hat eine ganze Reihe von Forschungseinrichtungen gegründet. Das Forschungszentrum Jülich fasste er als wichtigste Gründung auf.

Alfred Boettcher (1913 – 2002), Physiker mit dem Schwerpunkt Metallurgie, war von 1948 bis 1960 bei der Degussa Frankfurt tätig und hier auch mit der Uran-Anreicherung befasst. In der Deutschen Atomkommission ist er Vorsitzender des Arbeitskreises Brenn- und Kernstoffe gewesen. Von 1960 bis 1970 war Boettcher hauptamtlich Wissenschaftliches Vorstandsmitglied des Forschungszentrums. Aufgrund seiner Tätigkeit als Physiker im Kriege, die aber nicht als wehrwissenschaftliche Physik anzusehen ist, war Boettcher in der Öffentlichkeit umstritten. Er hat diese Tätigkeit bei seiner Einstellung in Jülich nicht verschwiegen, sondern sie dem zuständigen Minister bei der Einstellung in allen Einzelheiten dargelegt.



Alfred Boettcher

Drive, Motivation and Decisions – Faces of the First 50 Years

Karl Heinz Beckurts (1930 – 1986) was a notable nuclear physicist as well as a formidable scientific manager. At Research Centre Karlsruhe, he headed the Institute of Applied Nuclear Physics. Attempts were made ever since the early 1960s to recruit Beckurts for Jülich as a scientist and institute director, and in 1970 he accepted a position as Chairman of the Board of Directors of the Research Centre. In 1980, he joined Siemens AG as the member of the Managing Board responsible for research and development. In 1986, he was the victim of a terrorist attack in which his driver was also killed. The Karl Heinz Beckurts Foundation, supported by the Hermann von Helmholtz Association of German Research Centres and by Siemens, annually awards science prizes in memory of Beckurts.



Leo Brandt

The engineer **Leo Brandt** (1908 – 1971), a social democratic policymaker on research issues, ranks as the founding father of today's Research Centre. On 26 June 1956 he presented the plans for an "Atomic Research Centre" to the State Parliament of North Rhine-Westphalia. Prior to 1945, Brandt played a leading role in the development of radar. From 1949 on, he served as Head of Department, followed by State Secretary in the North Rhine-Westphalian Ministry of Transport. During the 1950s, he was the architect of the SPD's research and science policies. His worst nightmare was that Germany would continue to fall further behind other countries in science and technology. He was convinced that lagging behind in the peaceful use of nuclear energy would have especially detrimental consequences. Leo Brandt established numerous research facilities. He considered Research Centre Jülich as the most important of these.

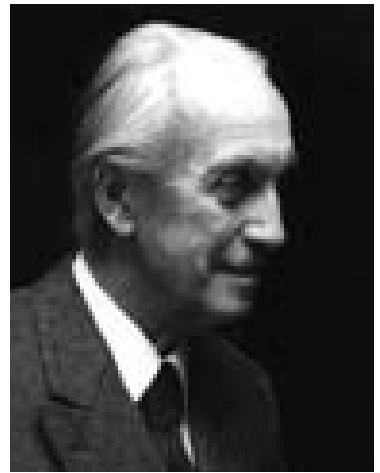
Alfred Boettcher (1913 – 2002), a physicist with a focus on metallurgy, worked for DEGUSSA in Frankfurt from 1948 until 1960, where he was involved with uranium enrichment. In the German Atomic Commission he was head of the working group for fuels and nuclear materials. From 1960 until 1970, Boettcher was a full-time scientific member of the Research Centre's Board of Directors. Boettcher was a controversial figure because of his work during the war as a physicist, which should not, however, be considered as a contribution to military physics. He did not conceal this fact when he came to work in Jülich but rather reported it in detail to the minister responsible.

Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Fucks (1902 – 1990), Lehrstuhlinhaber für Experimentalphysik an der RWTH Aachen, dort Rektor von 1950 bis 1952, war der erste Leiter des Instituts für Plasmaphysik der einstigen Kernforschungsanlage Jülich und mehrere Jahre Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rates. Seine Arbeitsgebiete waren u. a. die Physik der Gasentladungen, Plasmaphysik, Bogenentladungen sowie Isotopendiagnostik. Nicht nur deshalb war Fucks international bekannt, sondern auch aufgrund seiner mathematisch-statistischen Untersuchungen zu Literatur und Musik sowie seines Bestsellers „Formeln zur Macht. Prognosen über Völker, Wirtschaft und Potentiale 1968.“

Wilhelm Groth (1904 – 1977), einer der Institutsleiter der ersten Stunde im Forschungszentrum. Groth und der Physiker Harteck hatten bereits vor dem Zweiten Weltkrieg auf die militärischen Möglichkeiten der Kernspaltung hingewiesen. Aus politischen Gründen verhinderten die Nationalsozialisten Groths Habilitation. Er hat das Institut für Physikalische Chemie, lange Zeit größtes Jülicher Institut, konzipiert, aufgebaut und bis 1968 geleitet. Wie Wilhelm Fucks war er einige Jahre Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rates. Zu Groths Arbeitsgebieten zählte u. a. die Klimaforschung. International bekannt wurde er durch seine im Kriege begonnenen Arbeiten zur Anreicherung von Uran mit Ultrazentrifugen.

Wolf Häfele (geb. 1927), von 1981 bis 1990 Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Jülich. Häfele studierte an der TH München und promovierte 1955 am Göttinger Max-Planck-Institut für Physik als Theoretischer Physiker. Von 1956 bis 1973 war er in verschiedenen Funktionen im Karlsruher Kernforschungszentrum tätig, vor allem als Leiter des Projekts „Schneller Brüter“. 1991 wurde er Geschäftsführender Direktor des ehemaligen DDR-Zentralinstituts für Kernforschung in Rossendorf, von 1992 bis 1996 Wissenschaftlicher Direktor des neu gegründeten Forschungszentrums Rossendorf.

Alexander Hocker (1913 – 1996) war von 1961 bis 1969 juristisches Vorstandsmitglied der alten KFA und bildete mit Boettcher das Jülicher „Tandem“ in den 1960er-Jahren. Nach dem Kriege war Hocker in die Dienste der Deutschen Forschungsgemeinschaft getreten. Zu Anfang der 1950er-Jahre vertrat er gemeinsam mit Werner Heisenberg die Bundesrepublik bei einer der CERN-Gründungskonferenzen. Hocker kam als Ministerialdirigent im Bundesatomministerium nach Jülich. Ein Kollege sagte, er „kannte die Wissenschaft aus allen Ecken und Enden“. Während seiner Tätigkeit in Jülich war Hocker zugleich Mitglied von Leitungsgremien der Forschungseinrichtungen CERN, DESY und der Europäischen Gemeinschaft für Weltraumforschung ESRO.



Wilhelm Groth



Alexander Hocker



Wilhelm Fucks

Prof. Wilhelm Fucks (1902 – 1990) held the chair for *Experimental Physics* at RWTH Aachen University and was *President* of that university from 1950 to 1952. He served as the first director of the *Institute of Plasma Physics* at the erstwhile *Nuclear Research Centre Jülich*, and as *Chairman of the Scientific and Technical Council* for several years. His fields of work included, among others, the physics of gas discharges, plasma physics, arc discharges, and the use of isotopes in medical diagnostics. Fucks was an international figure not only for these reasons but also because of his mathematical and statistical studies in literature and music, and for his bestseller “*Formeln zur Macht. Prognosen über Völker, Wirtschaft und Potentiale*” (1968).

Wilhelm Groth (1904 – 1977) was one of the very first institute directors during the early days of the Research Centre. Even before World War II, Groth and the physicist Paul Harteck had pointed out the military potential of nuclear fission. However, the National Socialists prevented Groth from habilitating for political reasons. He planned, developed and, until 1968, headed the *Institute of Physical Chemistry*, for a long time the largest of the Jülich Institutes. Like Wilhelm Fucks, he served as *Chairman of the Scientific and Technical Council* for several years. Groth’s areas of interest included, among others, climatic research. He became internationally known for his work, begun during the war, on the enrichment of uranium with ultracentrifuges.



Wolf Häfele

Wolf Häfele (born in 1927) was *Chairman of the Board of Directors of Research Centre Jülich* from 1981 until 1990. Häfele studied at *Technical University Munich* and earned his doctorate as a theoretical physicist at the *Max Planck Institute of Physics in Göttingen* in 1955. From 1956 until 1973, he served in various functions at *Nuclear Research Centre Karlsruhe*, most notably as head of the “fast breeder” project. In 1991, he was appointed *Managing Director of the former GDR Central Institute of Nuclear Research in Rossendorf*, and from 1992 until 1996, he served as *Scientific Director of the newly created Research Centre Rossendorf*.

Alexander Hocker (1913 – 1996) was responsible for legal issues from 1961 until 1969 as a member of the *Board of Directors of the old KFA*. He and Boettcher became known as the “Jülich duo” during the 1960s. After the war, Hocker worked for the *German Research Foundation (DFG)*. Early in the 1950s, he and *Werner Heisenberg* represented the *Federal Republic* at one of *CERN’s* founding conferences. Hocker came to Jülich as head of a section in the *Federal Atomic Ministry*. A colleague said of him that “he knew everything there is to know about science”. While working at Jülich, Hocker served simultaneously as

Wilhelm Johnen (1902 – 1980) war Landrat von Jülich, Landtagsabgeordneter der CDU und nordrhein-westfälischer Landtagspräsident. Leo Brandt setzte als Staatssekretär die Gründung des Forschungszentrums auf Landesebene durch, Johnen als Landrat am Jülicher Standort. Das tat der enge Adenauer-Freund auch wegen der „friedlichen“ Arbeitsplätze: Das Jülicher Land sollte nicht wieder mit Kasernen und militärischen Einrichtungen belegt werden. Nach Wilhelm Johnen ist eine der Zufahrtsstraßen zum Forschungszentrum benannt.

Der Mediziner **Hugo Wilhelm Knipping** (1895 – 1984) – einer der Männer der ersten Stunde des Forschungszentrums. Er kam von der Ernährungsphysiologie her, befasste sich zunehmend mit Kreislaufforschung und Herz-Lungen-Diagnostik und hatte früh die Bedeutung kurzlebiger Radio-Isotope für die Medizin erkannt. In Jülich baute er die Nuklearmedizin einschließlich der Klinik auf. Als Kölner Klinikchef war Knipping in den 1950er-Jahren ein international renommierter Wissenschaftler. Wie der Jülicher „Pionier“ Wilhelm Fucks hat auch Knipping neben seinen Fachpublikationen Bücher über kulturwissenschaftliche Themen veröffentlicht oder mit herausgegeben: „Heilkunst und Kunstwerk“, „Amerika. Ärzte über Reisen in den Amerikas. Spitalarchitektur, Konquista-Barock, Kunst“. Knipping war Vorsitzender der deutsch-iberoamerikanischen Ärztekammer. 1970 erhielt er das Große Bundesverdienstkreuz, 1976 die Paracelsus-Medaille, die höchste Auszeichnung der deutschen Ärzteschaft für verdiente Ärzte.



Hugo Wilhelm Knipping

Günther Leibfried (1915 – 1977), Physiker mit Schwerpunkt Theorie der kondensierten Materie. Leibfried promovierte 1939 an der Universität Göttingen und habilitierte sich dort 1950. Von 1957 bis 1977 erforschte er als Institutsdirektor am Forschungszentrum Jülich insbesondere die Auswirkung von Strahlung auf Metallgitter und Kristalle. Gleichzeitig hatte er eine Professur für Theoretische Physik an der RWTH Aachen inne. Leibfried initiierte die Gründung des Jülicher Instituts für Reaktorwerkstoffe, in dessen Leitung er bis 1966 mitwirkte. 1971 wurde er Direktor am Institut für Festkörperforschung. 1960/61 war Leibfried nebenamtliches Vorstandsmitglied, seit 1960 Mitglied des Wissenschaftlich-Technischen Rates und 1966 dessen Vorsitzender. Zum 1. April 1976 schied Leibfried aus der Leitung des Jülicher Instituts für Festkörperforschung aus, um hier als Senior Scientist ein freieres wissenschaftliches Betätigungsfeld zu haben. Seit 1990 wird an hervorragende Doktoranden des Forschungszentrums der Günther-Leibfried-Preis vergeben.

a member of the executive committees of the research facilities at CERN, DESY and the European Space Research Organisation (ESRO).



Wilhelm Johnen

Wilhelm Johnen (1902 – 1980) was District Administrator of Jülich, CDU representative in the State Parliament, and President of the State Parliament of North Rhine-Westphalia. As State Secretary, Leo Brandt was instrumental at the state level in the foundation of the Research Centre; Johnen was just as important at the local level in Jülich as District Administrator. A close friend of Adenauers, he did this in part because of the “peaceful” jobs it would create: the district of Jülich should be free of barracks and other military facilities. One of the access roads to the Research Centre is named after Wilhelm Johnen.

Hugo Wilhelm Knipping (1895 – 1984) – a medical researcher – was one of the men there during the early days of the Research Centre. Originally a nutritional scientist, he became increasingly engaged in research concerning the circulatory system and heart-lung diagnostics, and recognised the medical importance of short-lived radio-isotopes early on. In Jülich, he built up the area of nuclear medicine, including the clinic. As head of a clinical facility in Cologne, Knipping was an internationally renowned scientist during the 1950s. In addition to his specialist publications, Knipping also published and co-edited books on cultural subjects: “Heilkunst und Kunstwerk” and “Amerika. Ärzte über Reisen in den Amerikas. Spitalarchitektur, Konquista-Barock, Kunst” – much like the Jülich “pioneer” Wilhelm Fucks. Knipping was Chairman of the German-Iberoamerican Medical Council. In 1970 he was awarded the Federal Cross of Merit, and in 1976, the Paracelsus Medal – the German medical community’s most prestigious award for outstanding physicians.



Günther Leibfried

Günther Leibfried (1915 – 1977): a physicist with a focus on the theory of condensed matter. Leibfried earned his doctorate in 1939 and his habilitation in 1950 at the University of Göttingen. As an institute director at Research Centre Jülich from 1957 to 1977, he was particularly active in researching the effect of radiation on metallic lattices and crystals. At the same time, he held a professorship in theoretical physics at RWTH Aachen University. Leibfried initiated the establishment of the Jülich Institute of Reactor Materials and was involved in running it until 1966. In 1971, he was appointed director of the Institute of Solid State Research. In 1960/61 Leibfried served part-time on the Board of Directors, from 1960 on as a member of the Scientific and Technical Council, and in 1966 as its chairman. On 1 April 1976, Leibfried resigned as director of the Jülich Institute of Solid State Research in order to gain greater freedom in his research as a senior scientist at the institute. The Günther Leibfried

Hans Wolfgang Nürnberg (1930 – 1985), Leiter des Zentrallabors für Analytische Chemie in Jülich und zugleich Professor an der Universität Bonn. Nürnberg war Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rates, als zu Beginn der 1970er-Jahre in Jülich über den Ausbau der THTR-Linie im Rahmen der so genannten EVA-ADAM-Projekte diskutiert wurde.

Wolfgang Paul (1913 – 1993), einer der Pionierforscher auf dem Gebiet der Teilchenphysik. Promotion 1939 in Berlin, 1944 Habilitation an der Universität Göttingen, dort von 1944 bis 1952 Professor, anschließend in Bonn, 1964 bis 1967 Direktor des Physikdepartements bei CERN und 1970 bis 1973 Direktoriumsvorsitzender am DESY, 1979 bis 1989 Präsident der Alexander von Humboldt-Stiftung. Wolfgang Paul erhielt 1989 den Nobelpreis für Physik. Er hat am Aufbau des Forschungszentrums wesentlich mitgewirkt. Von 1958 bis 1968 leitete er in Jülich die Arbeitsgruppe Hochenergiephysik, war von 1960 bis 1962 Vorstandsmitglied und 1963/64 Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rates.

Adalbert W. Plattenteich (1935 – 2006) war 1979 als Nachfolger von Hans Slemeyer Stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums geworden. Als Ministerialrat war Adalbert Plattenteich enger Mitarbeiter von Bundesforschungsminister v. Dohnanyi gewesen. Von 1991 bis 1997 war er Administrationschef der European Space Agency in Paris. Bis zu seinem Tod war er Geschäftsführer des Technologiezentrums Jülich.

Rudolf Schulten (1923 – 1996) war in der „Kernphase“ des Forschungszentrums, der alten KFA Jülich mit ihrem Gründungsimpuls, die Kernspaltung einer wirtschaftlichen Nutzung zuzuführen, einer der wichtigsten und bekanntesten Akteure. Er wurde als Vater des THTR mit Kugelhaufen-Core angesehen. Schulten hatte Physik und Mathematik studiert, war am Max-Planck-Institut für Theoretische Physik Göttingen tätig gewesen und hatte bei Heisenberg promoviert. In Schultens Zeit als Technischer Geschäftsführer der Brown Boveri/Krupp Reaktorbau GmbH in Mannheim wurde der Prototyp seines Hochtemperaturreaktors mit heliumgeköhlten und graphitummantelten kugelförmigen Brennelementen entwickelt. Schulten wurde 1964 Professor für Reaktortechnik an der RWTH Aachen und Direktor am Institut für Reaktorentwicklung im Forschungszentrum Jülich. Zwischen 1969 bis 1985 war Schulten mehrmals Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rates. Neben vielen anderen Ehrungen wurde Schulten 1989 das Große Bundesverdienstkreuz verliehen.



Hans Wolfgang Nürnberg



Adalbert W. Plattenteich

Prize has been awarded to outstanding PhD candidates at the Research Centre since 1990.

Hans Wolfgang Nürnberg (1930 – 1985) was head of the Central Laboratory of Analytical Chemistry in Jülich and at the same time, a professor at the University of Bonn. Nürnberg was Chairman of the Scientific and Technical Council during the discussions in Jülich in the early 1970s on the expansion of the THTR line in the context of the EVA-ADAM projects.



Wolfgang Paul

Wolfgang Paul (1913 – 1993) was one of the pioneering researchers in particle physics. In 1939 he earned his doctorate in Berlin, and in 1944, his habilitation at the University of Göttingen, where he went on to work as a professor from 1944 until 1952. This was followed by a professorship in Bonn. From 1964 until 1967, he served as Director of the Physics Department at CERN, from 1970 until 1973 as Chairman of the Board of Directors at DESY, and as President of the Alexander von Humboldt Foundation from 1979 until 1989. In 1989, Wolfgang Paul won the Nobel Prize for Physics. He played an important role in the development of the Research Centre. From 1958 to 1968 he was head of the high-energy physics working group in Jülich, he was a member of the Board of Directors from 1960 until 1962, and in 1963/64 he was Chairman of the Scientific and Technical Council.

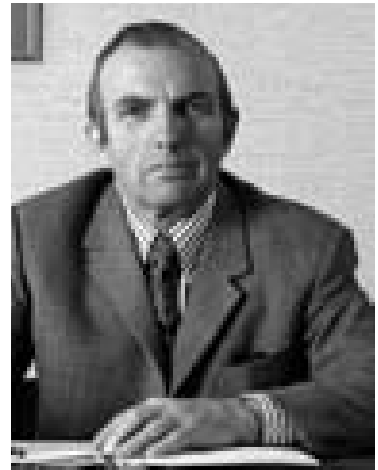
Adalbert W. Plattenteich (1935 – 2006) succeeded Hans Slemeyer as Deputy Chairman of the Board of Directors of the Research Centre in 1979. In his role as Ministerial Counsellor, he had been a close collaborator of Federal Research Minister Klaus v. Dohnanyi. Plattenteich served as Administrative Head of the European Space Agency in Paris between 1991 and 1997, and as Managing Director of Technology Centre Jülich until the time of his death.



Rudolf Schulten

Rudolf Schulten (1923 – 1996) was one of the most important and best-known figures during the “nuclear phase” of the Research Centre – the former KFA Jülich, with its original mission of developing nuclear fission for economic purposes. He was considered the father of the THTR with a pebble-bed core. Schulten studied physics and mathematics, worked for the Max Planck Institute of Theoretical Physics in Göttingen, and earned his doctorate under Heisenberg. While Schulten was Technical General Manager of Brown Boveri/Krupp Reaktorbau GmbH in Mannheim, a prototype was developed of his high-temperature reactor with helium-cooled and graphite-encased, spherical fuel elements. In 1964, Schulten was appointed Professor of Reactor Technology at RWTH Aachen University and director at the Institute for Reactor Development at Research Centre Jülich. Between 1969 and 1985, Schulten repeatedly served as Chairman of the Scientific and Technical Council.

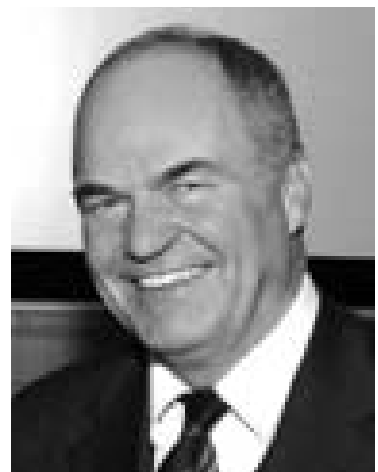
Hans Slemeyer (geb. 1917) war Ministerialrat im Bundeswissenschaftsministerium, bevor er 1969 in der Nachfolge von Alexander Hocker Administrativer Geschäftsführer in Jülich wurde. Slemeyer war aus der baden-württembergischen Ministerialbürokratie 1962 zum Bundesatomministerium gekommen und dort Beteiligungsreferent geworden. Bereits ab 1962 nahm er oft als Vertreter des Bundes an Verwaltungsratssitzungen in Jülich teil. Er kannte die Jülicher Verhältnisse auf das Genaueste, als er hierher kam. 1979 trat Slemeyer als Stellvertretender Vorstandsvorsitzender in den Ruhestand.



Hans Slemeyer

Tasso Springer (geb. 1930) zählt zu den deutschen Pionieren der Neutronenphysik. Er war Schüler und über Jahre enger Mitarbeiter von Heinz Maier-Leibnitz, unter dessen Ägide der erste deutsche Forschungsreaktor errichtet wurde, das so genannte „Atomei“ in Garching bei München. Auf Empfehlung von Maier-Leibnitz kam Springer als Leiter des Instituts für Neutronen- und Festkörperphysik nach Jülich. Zugleich war er Professor an der RWTH Aachen. Seit 1963 gehörte er dem Wissenschaftlich-Technischen Rat des Forschungszentrums an, 1988 bis 1990 als dessen Vorsitzender. Tasso Springer war daran beteiligt gewesen, in den Jülicher Instituten das „Department“-Prinzip einzuführen, das auf eine Schwächung der mächtigen Institutsdirektoren alten Schlages hinauslief. Springer war von 1977 bis 1982 Direktor am Institut Max von Laue-Paul Langevin (ILL) in Grenoble, das einen Hochfluss-Forschungsreaktor betreibt. Springer ist Liebhaber klassischer Musik und führt nach seiner Emeritierung Lehrveranstaltungen über Akustik an der Universität München durch.

Joachim Treusch (geb. 1940) hat 1965 an der Universität Marburg in Physik promoviert und 1969 dort habilitiert. 1970 wurde er Professor in Frankfurt (Main), ein Jahr darauf ordentlicher Professor für Theoretische Physik an der Universität Dortmund. 1987 trat er in den Vorstand des Forschungszentrums Jülich ein, zunächst für den Vorstandsbereich „Physikalische Grundlagenforschung und Informationstechnik“, ab 1998 für „Umwelt und Lebenswissenschaften“. Von 1990 bis 2006 war Joachim Treusch Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums. Unter anderem war er von 1984 bis 1986 Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, von 1993 bis 1997 Vorsitzender der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, von 1995 Präsident der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, von 1995 bis 1998 Mitglied im Technologierat des Bundeskanzlers. Seine Leistungen wurden mit dem Bundesverdienstkreuz 1. Klasse sowie mit Ehrenpromotionen und Ehrenprofessuren in Deutschland, Polen und China anerkannt.



Joachim Treusch

In addition to many other honours, he was awarded the Great Federal Order of Merit in 1989.

Hans Slemeyer (born in 1917) was a Ministerial Counsellor in the Federal Science Ministry before succeeding Alexander Hocker as Executive Director of Jülich in 1969. Slemeyer had left the ministerial bureaucracy in Baden-Württemberg in 1962 to join the Federal Atomic Ministry as an investment advisor. Even in those years he often represented the Federal Republic in management meetings at Jülich. He was extremely familiar with the conditions at Jülich when he transferred there. In 1979 Slemeyer retired as Deputy Chairman of the Board of Directors.

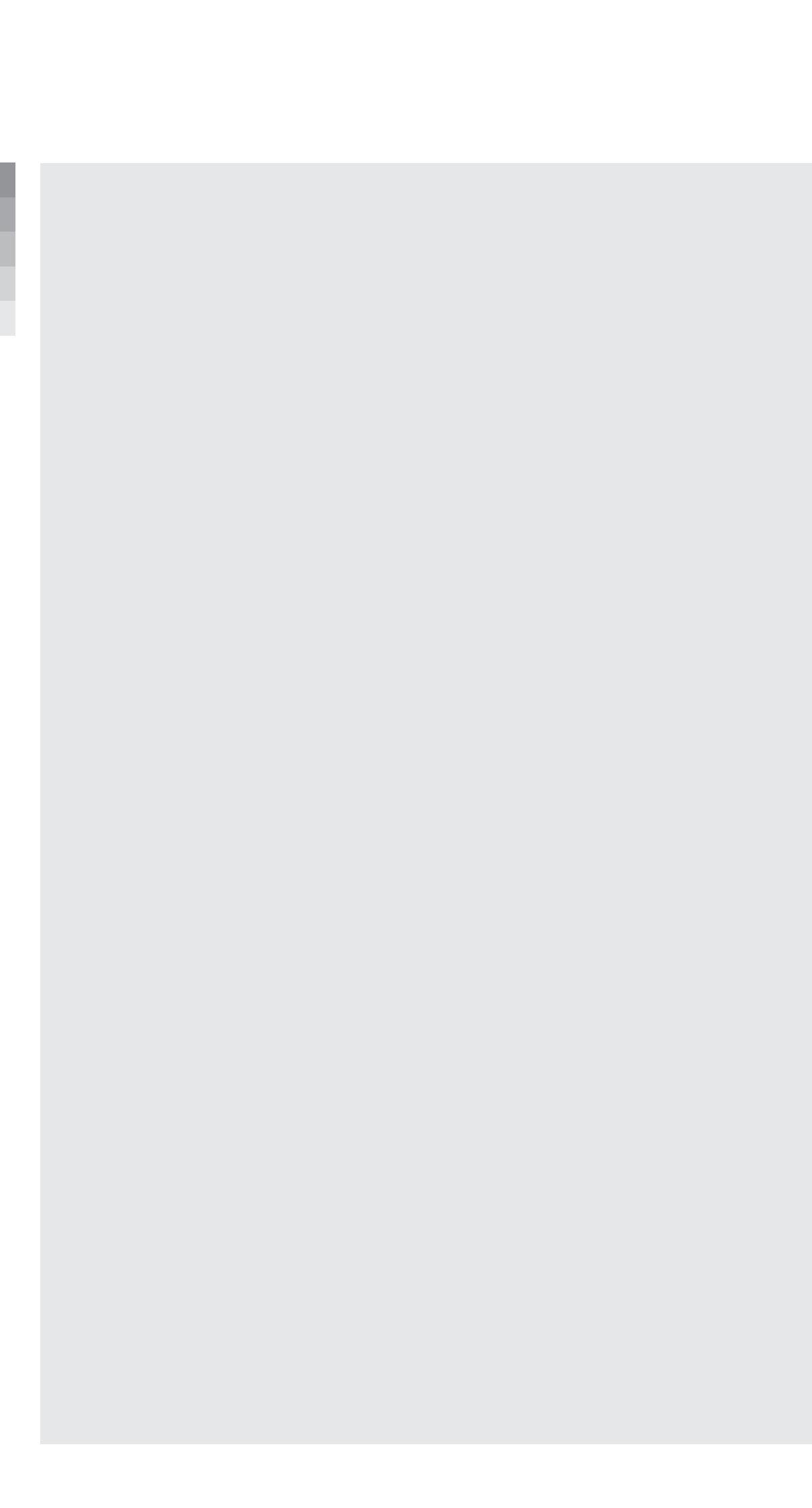


Tasso Springer

Tasso Springer (born in 1930) ranks among the German pioneers in neutron physics. He was a student and a close colleague of Heinz Maier-Leibnitz, under whose aegis the first German research reactor was built – the so-called “Atomei” (Atomic Egg) in Garching near Munich. At the recommendation of Maier-Leibnitz, Springer came to Jülich as director of the Institute of Neutron and Solid State Physics. He held a concurrent position as a professor at RWTH Aachen University. In 1963, he became a member of the Research Centre’s Scientific and Technical Council (WTR), and as its Chairman between 1988 and 1990, he played a part in introducing the “superinstitute” principle at Jülich, which was to curtail the very considerable power of the institute directors. From 1977 until 1982, Springer served as Director at the Institute Max von Laue-Paul Langevin (ILL) in Grenoble.

Joachim Treusch (born in 1940) earned his doctorate in physics in 1965, followed by his habilitation in 1969 at the University of Marburg. In 1970, he became a professor in Frankfurt (Main), followed a year later by Professor of Theoretical Physics at the University of Dortmund. In 1987, he became a member the Board of Directors of Research Centre Jülich, initially with responsibility for “basic physical research and information technology”, followed by “the environment and life sciences” from 1998 on. From 1990 until 2006, Joachim Treusch was Chairman of the Board of Directors of the Research Centre. Among other things, he also served as President of the German Physical Society from 1984 to 1986, Chairman of the Hermann von Helmholtz Association of German Research Centres from 1993 until 1997, President of the German Society of Scientific Researchers and Physicians since 1995, and was a member of the Technology Council of the German Chancellor between 1995 and 1998. His accomplishments were honoured with the Federal Order of Merit (1st Class), as well with honorary degrees and professorships in Germany, Poland and China.

Bernd-A. Rusinek



Jülich im Wandel

New Role for Jülich

Von der historischen Festungsstadt zur modernen Forschungsstadt
From Historical Fortress Town to Modern Research Town



Jülich im Wandel – Von der historischen Festungsstadt zur modernen Forschungsstadt

Die Stadt Jülich trägt in ihrem Slogan „Historische Festungsstadt – Moderne Forschungsstadt“ die Hinweise auf ihre bedeutenden Festungsanlagen sowie auf die größte multidisziplinäre Forschungseinrichtung in Europa, das Forschungszentrum Jülich.

Jülich kann eine mehr als 2000 Jahre alte Geschichte vorweisen. Bedeutende Baudenkmäler wie der mittelalterliche Hexenturm, die Schlossfestung Zitadelle aus der Renaissance oder der napoleonische Brückenkopf laden Besucher zu einer Reise durch die Zeit ein.

Das mittelalterliche Jülich fiel 1547 zu großen Teilen einem verheerenden Stadtbrand zum Opfer. Schon ab 1548 ließ Herzog Wilhelm V. von Jülich-Kleve-Berg (1516 – 1592), auch „Wilhelm der Reiche“ genannt, Stadt und Festung als Residenz nach den modernsten Erkenntnissen der Renaissance vom italienischen Architekten Alessandro Pasqualini (1493 – 1559) errichten. So entstand eine Idealstadtanlage mit Zitadelle und innen liegendem Schloss.

An der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert bauten die Franzosen unter Napoleon die Festung Jülich weiter aus. An der Rur entstand mit einer Gesamtlänge von über 800 Metern der napoleonische Brückenkopf, der heute im Brückenkopf-Park zu besichtigen ist.

Unter dem Zweiten Weltkrieg hatte Jülich besonders gelitten. Am 16. November 1944 zerstörten britische Bomber bei einem ausgedehnten Luftangriff 97 Prozent der Stadt. Damit galt Jülich als die am stärksten zerstörte Stadt in Deutschland. Der Wiederaufbau des Stadtkerns erfolgte in den Jahren 1949 bis 1956.

Zur modernen Forschungsstadt entwickelte sich Jülich seit 1956 mit der Ansiedlung der damaligen Kernforschungsanlage im Stetterner Forst. Jülich hatte sich damals, angetrieben durch Wilhelm Johnen (1902 – 1980), den Landrat des damaligen Kreises Jülich, vehement um das „Atomforschungszentrum“ beworben. Die Chancen, die die Fortschritte von Wissenschaft und Technik bieten, sollten nicht ausgeschlagen werden.

Finanziell war die Ansiedlung der damaligen Atomforschungsanlage für die Kommune zunächst ein Kraftakt. Verkehrswege und öffentliche Ver- und Entsorgungsinfrastruktur mussten geschaffen sowie Organisations- und Verwaltungseinrichtungen der Stadt für die KFA eigens ausgebaut werden. Gewerbesteuern zahlte die KFA dagegen nicht, so dass in den 60er-Jahren von den



Brückenkopf-Park.

New Role for Jülich – From Historical Fortress Town to Modern Research Town

The motto of the town of Jülich “Historical Fortress Town – Modern Research Town” – is a reference to its major fortifications and the presence of the largest multi-disciplinary research establishment in Europe – Research Centre Jülich.

Jülich can look back on more than 2,000 years of history. Major historic monuments such as the mediaeval Hexenturm, the citadel fortress from the Renaissance, and the bridgehead from Napoleonic times all invite the visitor to take a journey back through time.



In 1547, the mediaeval town of Jülich was ravaged by a terrible fire. As early as 1548, Wilhelm V (1516–1592), Duke of Jülich-Kleve-Berg, also known as Wilhelm the Rich, commissioned the Italian architect Alessandro Pasqualini (1493–1559) to rebuild the town and fortifications with the most modern methods available. The result was an ideal town in the Renaissance style, featuring a citadel fortress and a palace within.

At the turn of the 19th century, the town was significantly reinforced by the French under Napoleon. Thus a huge bridgehead, over 800 metres in length, was built along the River Rur, which today forms part of the Brückenkopf (bridgehead) Park.

Jülich suffered severe damage during the Second World War. On 16 November 1944, in the course of a prolonged air raid, British bombers destroyed 97 % of the town. Jülich was the most devastated town in Germany. The town centre was rebuilt between 1949 and 1956.

Jülich took its first steps towards becoming a modern research town back in 1956 with the establishment of the former Nuclear Research Centre (KFA) in the Stettelnich Forest.

Spurred on by Wilhelm Johnen (1902 – 1980), district administrator of the former borough of Jülich, the town had mounted a big campaign to attract the atomic facility.

Initially, the then Nuclear Research Centre placed the town under a substantial financial burden. Roads, mains supplies, waste management, and organisational and administrative facilities had to be specially built for the KFA. On the other hand, the KFA did not pay business tax, and there was much discussion in the 1960s on the “KFA follow-on costs”. However, the people of Jülich were

„KFA-Folgekosten“ die Rede war. Die Jülicher Bürger nahmen das aber gern in Kauf. Wichtig war den Bürgern und ihrem Stadtrat der friedliche Charakter der Forschungsarbeiten.

Nicht zuletzt erwarteten die Stadtväter einen wirtschaftlichen Aufschwung durch Aufträge an Jülicher Firmen – eine Hoffnung, die für viele Unternehmen aufging. Auch in der Aussicht auf „Vorwärtskoppelungseffekte“ wie die Ansiedlung neuer Unternehmen, die mit der Anlage zusammenarbeiten, wurde die Stadt immer wieder bestärkt.

Im Laufe der Jahre haben die KFA-Neubürger der Stadt zu einer Modernisierung, zu einer Auflockerung und zu einer kulturellen Vielfalt verholfen. Auch politisch engagierten sich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Forschungszentrums. Einige von ihnen sind und waren Mitglieder des Stadtrates, und einer von ihnen, Heinz Schmidt, war sogar von 1984 bis 1994 Bürgermeister.

Jülich ist darüber hinaus Standort der Fachhochschule Aachen mit besonders innovativen Studiengängen in den Fachbereichen Angewandte Naturwissenschaften, Technik und vor allem in der Solarenergie. Das Technologiezentrum Jülich beherbergt Existenzgründer und innovative Unternehmen, um Technologietransfer aus den Hochschulen und Forschungseinrichtungen der Region zu erleichtern. Hier setzen junge, innovative Unternehmen ihr Know-how in marktreife Produkte um und schaffen zukunftsorientierte Arbeitsplätze.

Durch das Forschungszentrum, den lokalen Standort der Fachhochschule Aachen und das Technologiezentrum bündelt sich in Jülich ein hoher Anteil am Forschungs- und Technologiepotenzial der Region Aachen.

Ostflügel des herzoglichen
Residenzschlosses mit Hofkapelle.



happy to take this on. The peaceful nature of research work was of great importance to the residents and the district administrator.

At the same time, the town fathers hoped that the Centre would bring economic prosperity to Jülich in the form of contracts for local companies – an expectation that proved to be true for many firms. The town was also encouraged by the prospect of spin-off effects such as new companies coming to Jülich to work with the KFA.

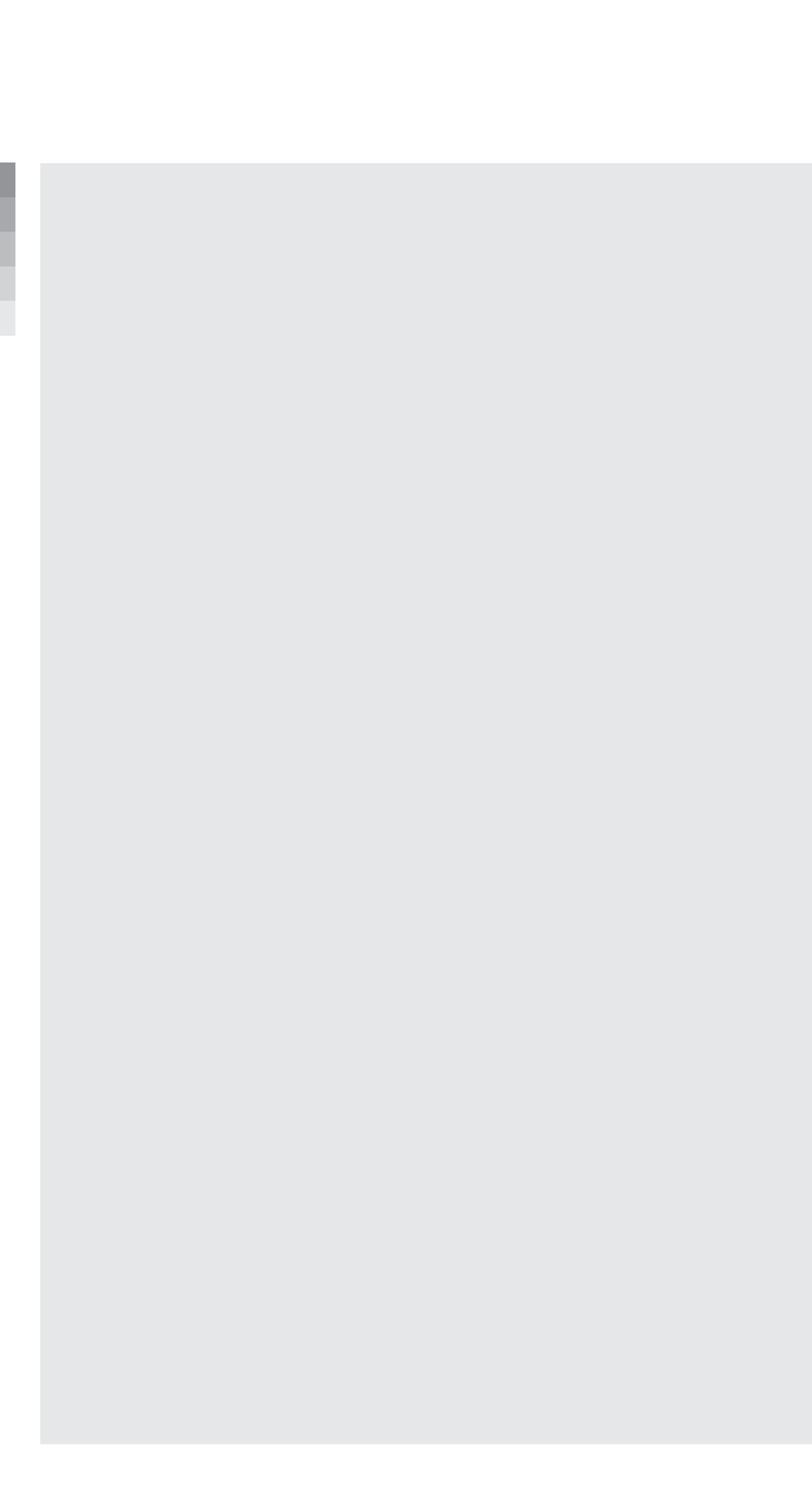
Over the years, the people who came to work at the KFA helped the town become more modern, lively and culturally diverse. In addition, some employees also became involved in local politics. Indeed, several of them were, and still are, members of the town council, and one of them, Heinz Schmidt, even served as mayor from 1984 to 1994.

Jülich is also an off-campus division of Aachen University of Applied Sciences, which offers especially innovative courses in applied science and technology, particularly in solar energy. Moreover, Technology Centre Jülich houses entrepreneurs and start-up companies with a view to easing the transfer of technology from research and higher education institutions in the region. It is here that young and innovative companies can convert their expertise into marketable products and thus create jobs with a future.

As home to the Research Centre, a division of Aachen University of Applied Sciences, and the Technology Centre, a large share of the research and technology capabilities of the Aachen region have come together in Jülich.

*East wing of the palace
with court chapel.*

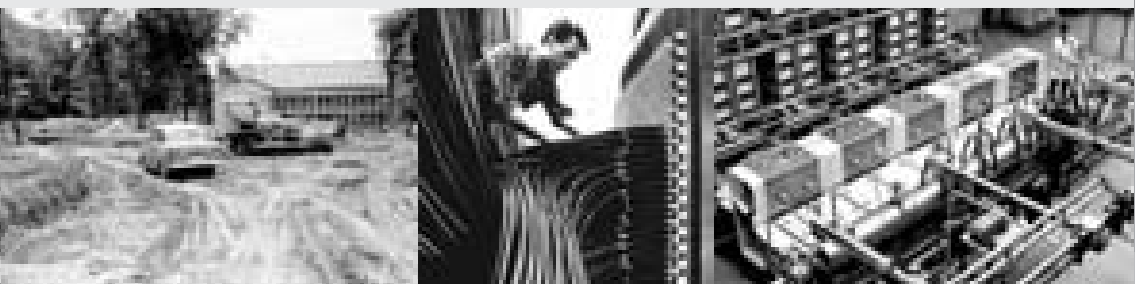




Pioniere der ersten Stunde

Pioneers of the Early Days

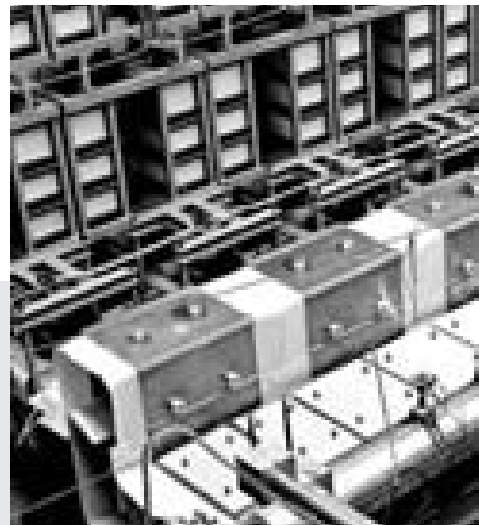
Das IPP damals und heute
IPP Yesterday and Today



Pioniere der ersten Stunde – Das IPP damals und heute

Die Verschmelzung sehr leichter Atomkerne, die Kernfusion, ist – ebenso wie die Kernspaltung – ein Prozess, bei dem immense Energiemengen freigesetzt werden. Die „Rohstoffe“ dafür sind in nahezu beliebigen Mengen weltweit vorhanden. Deshalb begannen schon vor mehr als 50 Jahren erste Überlegungen zur friedlichen Nutzung der Fusionsenergie. Zwar erschien der Schritt zur kontrollierten friedlichen Nutzung sehr viel versprechend, zugleich aber außergewöhnlich schwierig und langwierig. Denn man wusste bereits damals, dass dazu extrem hohe Temperaturen erforderlich waren. Solche Temperaturen von vielen Millionen Grad sind nur in dem Aggregatzustand möglich, der „Plasma“ genannt wird.

Um sich an dieses Problem heranzutasten, war eine intensive Beschäftigung mit Plasmaphysik erforderlich. Deshalb gründete Prof. Wilhelm Fucks, langjähriger Direktor am I. Physikalischen Institut der RWTH Aachen und von 1950 bis 1952 deren Rektor, dort schon Mitte der 50er-Jahre das „Institut für Kernfusion“. Dieses wurde 1956 der frisch gegründeten „Kernforschungsanlage Jülich des Landes Nordrhein-Westfalen e. V.“ (KFA) angegliedert und nahm nach einem Intermezzo in einer ehemaligen Aachener Tuchfabrik 1960 – als eines der ersten KFA-Institute – seine Arbeit unter Leitung der beiden Wissenschaftler Prof. Wilhelm Fucks und Dr. Hermann L. Jordan in Jülich auf. Zuerst mussten anspruchsvolle Geräte zur Erzeugung, zum Einschluss in Magnetfeldern und zum Studium der Physik heißer Plasmen entwickelt und gebaut werden. Die Plasmen zeigten sich allerdings widerspenstig und flüchtig. Dies war Anlass für die Umbenennung des „Instituts für Kernfusion“ in „Institut für Plasmaphysik“, kurz IPP.



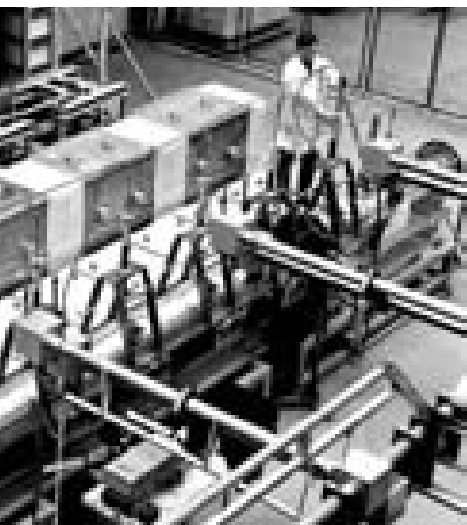
Pioneers of the Early Days – IPP Yesterday and Today

Fusing very light nuclei together (nuclear fusion) is a process that – just like nuclear fission – releases enormous amounts of energy. The “raw materials” for fusion reactions are available in almost unlimited quantities around the world, which is why the peaceful use of fusion energy was first considered more than 50 years ago. However, although the path towards the controlled and peaceful use of such energy seemed very promising, it also appeared extraordinarily long and difficult. Even back then, scientists knew that extremely high temperatures would be required for the fusion process. Such temperatures of several million degrees can only be achieved when the fusion fuel is in a state of aggregation known as “plasma”.

Potential solutions to this problem required extensive research into plasma physics – which is why Prof. Wilhelm Fucks, longtime director of the 1st Physics Institute at RWTH Aachen University and University President from 1950 - 1952, founded the Institute for Nuclear Fusion in the mid-1950s. The institute was incorporated into the newly established Kernforschungsanlage Jülich des Landes Nordrhein-Westfalen e.V. (KFA) (Nuclear Research Centre Jülich of the state of North Rhine-Westphalia) in 1956. Following a short stint in an old cloth factory in Aachen, it became one of the first KFA institutes to move to Jülich in 1960, where it began operating under the direction of Prof. Wilhelm Fucks and Dr. Hermann L. Jordan. The first job at hand was to develop and build sophisticated devices capable of producing hot plasmas and subsequently confining them using magnetic fields so that they could be studied in detail. However, the plasmas turned out to be unmanageable and volatile. In response to this development, the Institute for Nuclear Fusion changed its name to the Institute for Plasma Physics, or IPP.

Eher bescheiden nahmen sich die kleineren Plasmaexperimente der 60er- und 70er-Jahre aus.

The small plasma experiments in the 60s and 70s were more modest.



Die Arbeiten der ersten beiden Jahrzehnte galten dem sehr erfolgreichen Studium so genannter Pinchplasmen und dem von Stoßwellenphänomenen. Im Wettbewerb der verschiedenen Konzepte erwies sich jedoch das von russischen Wissenschaftlern in den 60er-Jahren entwickelte Tokamakprinzip als besonders erfolgreich, heiße Plasmen zu erzeugen und magnetisch einzuschließen. Also wurde in Jülich Mitte der 70er-Jahre der Entschluss gefasst, sich im weltweiten „Tokamakboom“ auf das grundlegende Problem der Wechselwirkung des heißen Plasmas mit den Gefäßwänden zu konzentrieren. Dafür wurde der Tokamak „TEXTOR“ gebaut und Anfang der 80er-Jahre in Betrieb genommen.

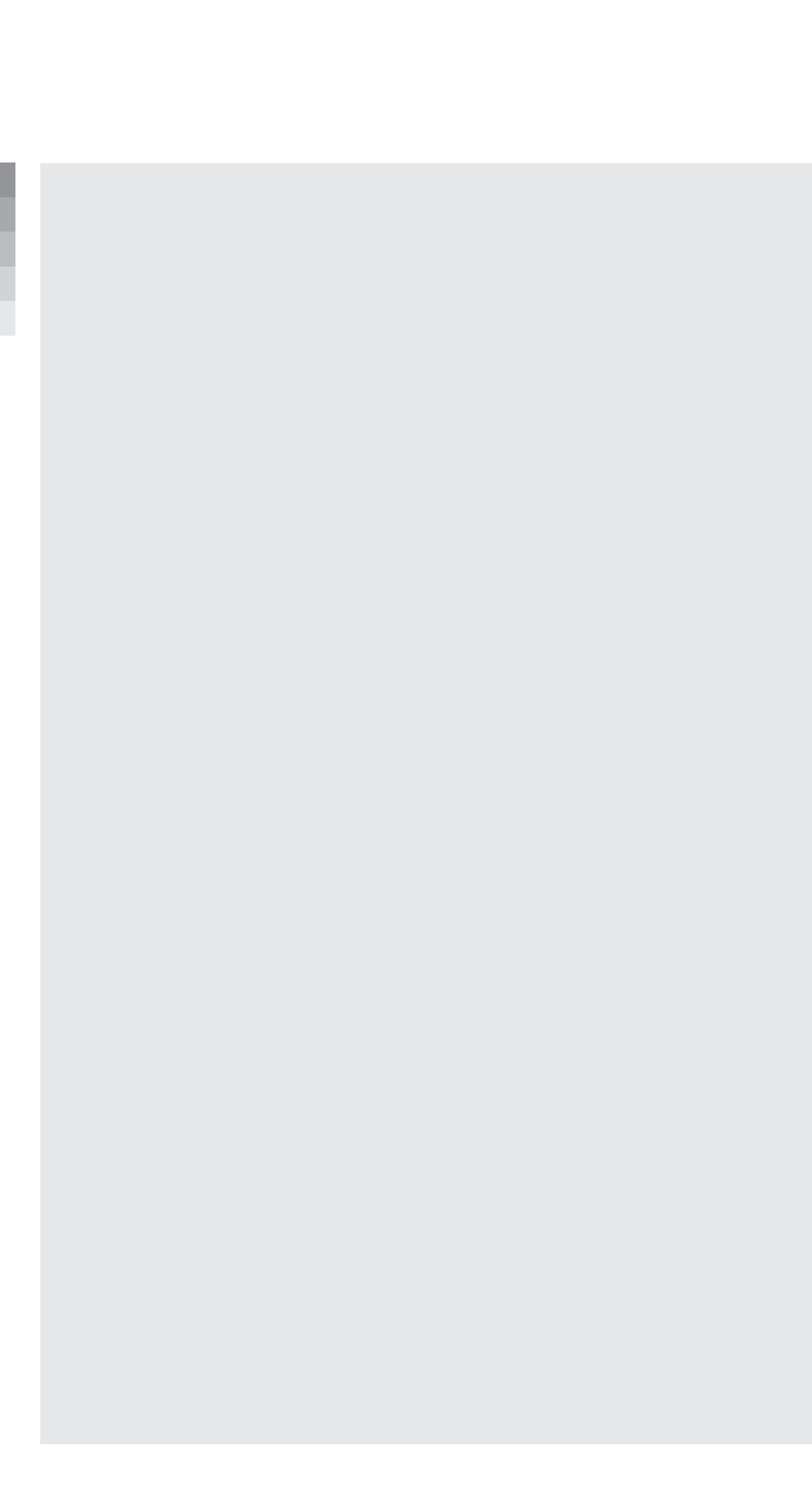
Nach mehreren Erweiterungen und Modernisierungen wird TEXTOR heute zusammen mit Wissenschaftlern aus Belgien und den Niederlanden als zentrales Forschungsgerät genutzt, und zwar im Rahmen des mit diesen Partnern gegründeten „Trilateralen Euregio Clusters“ sowie in Zusammenarbeit mit benachbarten Hochschulgruppen. Das Forschungsprogramm, das sich auf die Wahl geeigneter Materialien für die erste Wand der Brennkammer, die Untersuchung der Wechselwirkung des Plasmas mit den Wandkomponenten bis hin zum Studium von Einschluss und Stabilität des 100 Millionen Grad heißen Fusionsplasmas konzentriert, ist eingebettet in das von der EU koordinierte europäische Fusionsprogramm. Die EU wiederum – und damit auch das Jülicher IPP – ist als Partner des globalen ITER-Projekts an den Vorbereitungen dieser Großanlage beteiligt: Mit ITER soll ab 2016 erstmalig ein brennendes Fusionsplasma mindestens acht Minuten lang eine Leistung von 500 Megawatt liefern und so die Wissensbasis für das danach zu bauende Demonstrationskraftwerk liefern, das etwa im Jahr 2035 erstmals Strom in das Netz einspeisen soll.

Work during the first two decades of the institute's existence revolved around the very successful study of so-called pinch plasmas and shock-wave phenomena. Of the various concepts for producing plasmas and subsequently confining them using magnetic fields, the Tokamak Principle, which was developed by Russian scientists in the 1960s, proved to be particularly successful. In the mid-70s – against the backdrop of a global “tokamak boom” – it was decided that Jülich should focus on the fundamental problem of how to control the hot plasma's interaction with the fusion chamber's walls. To this end, the TEXTOR tokamak was built and put into operation at the beginning of the 1980s.

Following several expansion and modernisation phases, TEXTOR is currently used as a central research facility together with colleagues from Belgium and the Netherlands, as part of the “Trilateral Euregio Cluster” organisation established with these partners, as well as in conjunction with nearby university groups. The research programme focuses on issues ranging from the selection of suitable materials for the first wall of the fusion chamber and investigations into the plasma's interaction with the wall components to methods of confining the fusion plasma and ensuring its stability at temperatures of around 100 million degrees. The programme forms part of the European Fusion Programme, which is coordinated by the EU. As a global ITER project partner, the EU – and thus also IPP in Jülich – is participating in preparatory work for the large-scale ITER facility. With ITER, the physicists hope to achieve a 500-megawatt output from a burning fusion plasma for at least eight minutes from 2016 on – a feat never before achieved. Success will provide the know-how necessary to build a demonstration plant, which could begin supplying electricity to the grid sometime around 2035.

Winfried Pysik, einer der Mitarbeiter der ersten Stunde, mit dem ehemaligen Namensschild des IPP.
Winfried Pysik, one of the members of staff in the early days, holding IPP's old nameplate.





NMR & Co.

NMR & Co.

Mit modernster Ausstattung den „Challenges“ begegnen
Taking on Tomorrow's Challenges with Ultramodern Technology



NMR & Co. – Mit modernster Ausstattung den „Challenges“ begegnen

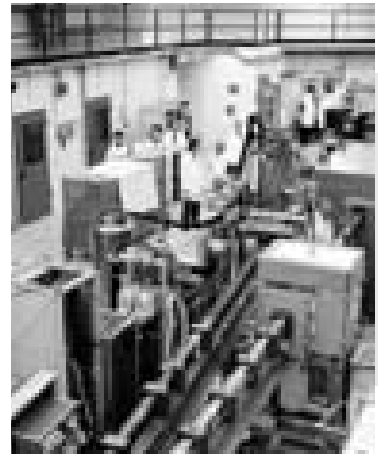
50 Jahre Zukunft – hinter diesem Slogan stecken 50 Jahre Spitzenforschung. Zu solcher Spitzenforschung gehört das wichtigste „Kapital“ des Forschungszentrums: gut ausgebildete und hoch motivierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Aber noch ein anderes Kapital ist Grundvoraussetzung: moderne und leistungsfähige Ausstattung an Gebäuden und Geräten. Das wird auch in Zukunft der Fall sein. Nur so wird das Forschungszentrum Jülich auch weiterhin seiner Rolle gerecht, mit exzellenter Forschung einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu leisten.

Bereits zwei Jahre nach dem ersten Spatenstich im Stettener Forst bezogen die ersten Mitarbeiter ihre neuen Räume innerhalb der damaligen „KFA“, der Kernforschungsanlage Jülich. Nachdem zunächst Abteilungen wie Feuerwehr, Werkschutz und der Fahrzeugpark verlegt wurden, siedelten im Laufe des Jahres das Institut für Plasmaphysik und die Reaktorbetriebsgruppe in die neuen Gebäude um. Die dadurch frei gewordenen Unterkünfte in Aachen konnten so vorübergehend von den Instituten für Reaktorwerkstoffe und Reaktorbauelemente sowie der Arbeitsgruppe Strahlenschutz genutzt werden. Räume waren dringend erforderlich, um wissenschaftliche und technische Fachkräfte und Verwaltungskräfte unterzubringen.

Großgeräte – Des Pudels Kern

Große Bedeutung für die damalige Kernforschungsanlage hatte die Inbetriebnahme der beiden Forschungsreaktoren MERLIN und DIDO im Jahr 1962 – gerade einmal vier Jahre nach der Grundsteinlegung. Schon ein Jahr später erreichte DIDO die geplante volle Leistung von 10 Megawatt. 1967 wurde die Leistung auf 15 MW und 1972 auf 23 MW angehoben.

Schon bald wurde es zu eng in der runden Reaktorhalle; der Platz um den Reaktorkern herum war zu klein. Der Ausweg war ein externes Neutronenlabor. Über spezielle Neutronenleiter wurde der Neutronenstrahl auf die zahlreichen Detektoren und Spektrometer gelenkt. Erst mit der zweiten Generation, dem Neutronenleiterlabor „ELLA“, wurde der Platzbedarf der Forscher 1985 wirklich gedeckt. Bis Mai 2006 beherbergte ELLA Großgeräte der Forschung mit Neutronen im Wert von rund 45 Millionen Euro. Aufgeschoben, aber hoffentlich nicht aufgehoben ist dagegen der Wunsch nach einer noch leistungsfähigeren Neutronenquelle, die – statt auf Kernspaltung – auf Kernverdampfung („Spallation“) basiert.



Das Neutronenleiterlabor am Forschungsreaktor DIDO.

The neutron guide laboratory at the DIDO research reactor.

NMR & Co. – Taking on Tomorrow's Challenges with Ultramodern Technology

"Fifty Years of Innovation" is a slogan that stands for half a century of cutting-edge research. A major part in this success story has been played by the Research Centre's most important asset: its staff of well-trained and highly motivated employees. Crucial, too, however, is another asset: its modern high-performance infrastructure of equipment and buildings. This will continue to be the case in the future, since this is that the only way in which Research Centre Jülich can live up to its role of conducting excellent research and thereby make a major contribution towards solving the grand challenges facing society.

Just two years after construction work had begun, the first employees moved into their new premises at what was then the "KFA" – Nuclear Research Centre Jülich – in the Stetter-nich Forest. In the course of the year, once divisions such as the fire service, security service and vehicle fleet had been relocated, the Institute of Plasma Physics and the Reactor Operating Group moved into their new buildings. The premises thus vacated in Aachen were then used on a temporary basis by the Institute of Reactor Materials, the Institute of Reactor Components, and the Radiation Protection Working Group. At the time, space was urgently required in order to accommodate all of the scientific, technical and administrative staff.

The sine qua non – large-scale facilities

A moment of immense significance for the then Nuclear Research Centre was the start-up of the MERLIN and DIDO research reactors in 1962 – just four years after the foundation stone had been laid. Within a year, DIDO attained its planned peak operating capacity of 10 megawatts (MW). The output was then increased to 15 MW in 1967 and to 23 MW in 1972.

It soon grew cramped in the circular reactor hall, with a lack of space around the reactor core. The solution was to build an external neutron laboratory. Special neutron guides channelled the neutron beam to the numerous detectors and spectrometers. However, it was only with the opening of ELLA, the second-generation neutron guide laboratory in 1985 that there was really enough room for the researchers' needs. Up until May 2006, ELLA was home to large-scale neutron research facilities valued at around € 45 million.

Jülich has hopefully merely put on hold – rather than put to rest – its desire for a more powerful neutron source based on spallation rather than nuclear fission.

Das 1968 gegründete Institut für Kernphysik erhielt als Protonenquelle das Isochron-Zyklotron JULIC. Damit wurde es möglich, einen Protonenstrahl zu erzeugen und diesen auf Zielatome zu lenken. Die „Trümmer“ der Atomkerne und kurzzeitig erzeugten schwereren Atomkerne vermitteln den Forschern Einblicke in die Welt der Atome. Der Wunsch der Jülicher Kernphysiker nach einem Großgerät ging 1983 mit COSY in Erfüllung. Mit diesem Beschleuniger- und Speicherring wird der Protonenstrahl aus JULIC auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und dabei präzise auf den Durchmesser einer Bleistiftmine gehalten – „gekühlt“. Aber auch an externen Beschleunigern arbeiten Jülicher Physiker. An der europäischen Kernforschungsanlage CERN gelang ihnen 1995 erstmals die Erzeugung von elf Anti-Wasserstoff-Atomen – ein weltweit beachtetes Ergebnis, das ohne kernphysikalische Großgeräte nicht denkbar war.

Um der Tieftemperaturphysik in Deutschland neue Impulse zu geben, wurde 1978 im Institut für Festkörperforschung eine Apparatur für Experimente bei ultratiefen Temperaturen installiert. Das System erreichte auf Anhieb beste Resultate. Die Jülicher Physiker stellten 1979 mit 50 Mikrokkelvin und später 38 Mikrokkelvin Weltrekorde auf.

Großgeräte zur Energieforschung – Es werde Licht

Im Rahmen der Energieforschung konstruierten die Forscher 1962 für Versuche zur schnellen magnetischen Kompression von Plasmen, bei denen schnell ansteigende Ströme von bis zu 10 Mio. Ampere benötigt wurden, eine Hochstromanlage. Weitere Anlagen folgten. Den größten Schritt aber taten die Plasmaforscher 1982 mit der

Aufbau des Isochron-Zyklotrons JULIC im Institut für Kernphysik.

Setting up the JULIC isochronous cyclotron in the Institute for Nuclear Physics.



The first proton source at the Institute of Nuclear Physics, founded in 1968, was the isochronous cyclotron JULIC. This was used to generate a proton beam that could then be



Einen Umfang von 184 Metern hat der Protonenbeschleuniger COSY Jülich. *The COSY proton accelerator in Jülich has a circumference of 184 m.*

directed at target atoms. The “debris” of the atomic nuclei thus generated, along with short-lived heavy atomic nuclei, provided researchers with an insight into the world of atoms. In 1983, nuclear physicists at Jülich were finally granted their wish for a large-scale proton facility. COSY, an accelerator and storage ring, is used to accelerate the proton beam from JULIC to almost the speed of light, whereby the beam is focused – or “cooled” – to the diameter of a pencil lead. Physicists from Jülich also work on other accelerators. In 1995, for example, Jülich researchers working at CERN, the European Organization for Nuclear Research, were the first to generate a total of 11 anti-hydrogen atoms. This result, which created much excitement worldwide, would have been unthinkable without the use of large-scale facilities for nuclear physics.

In 1978, in order to boost cryogenic research, a facility for experimentation at ultra-low temperatures was installed at the Institute of Solid-State Research. The system immediately produced first-class results, with Jülich physicists attaining world-record temperatures of 50 microkelvin in 1979 and subsequently 38 microkelvin.

Let there be light – equipment for energy research

Back in 1962, scientists working in the field of energy research constructed a high-current generator to produce the rapidly rising currents of up to 10 million amperes required to conduct experiments on the rapid magnetic compression of plasmas. Other systems followed, though the most important development of all was the commissioning of the TEXTOR tokamak in 1982. Since then, physicists have been concentrating on investigating the plasma-wall interaction.

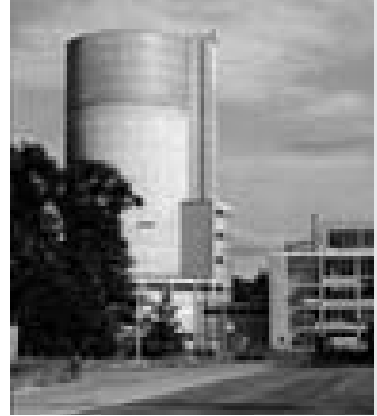
Inbetriebnahme des Tokamaks TEXTOR. Seitdem konzentrieren sich die Physiker auf die Untersuchung der Plasma-Wand-Wechselwirkung.

Ebenfalls in den 60er-Jahren machten die Jülicher einen großen Schritt in der Entwicklung einer Hochtemperaturreaktor-Baulinie mit kugelförmigen Brennelementen und Heliumkühlung, nach seinem Erfinder auch „Schulten-Reaktor“ genannt. Im Dezember 1967 speiste der Kugelhafenreaktor der Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH („AVR“) erstmals Strom in das öffentliche Netz. Turbine und Generator setzten die thermische Leistung von 46 MW in eine elektrische Leistung von 15 MW um. Zunächst für eine Laufzeit von fünf bis zehn Jahren konzipiert, lief der AVR dann bis Ende 1988, also 21 Jahre. In dieser Zeit hielt er für viele Jahre den Weltrekord bei der Heliumtemperatur mit 950 Grad Celsius. Temperatur und Druck legten nahe, statt Dampferzeuger und klassischer Turbine eine Gasturbine einzusetzen, um den Umweg über den Dampfprozess zu sparen und den Wirkungsgrad zu erhöhen. Das Projekt „Hochtemperatur-Helium-Versuchsanlage“ ging 1973 an den Start. Sechs Jahre später erhielt die Hochtemperatur-Energietechnologie eine weitere Ausrichtung mit der Erzeugung nuklear erzeugter Fernenergie. Ein wichtiges Ereignis in diesem Zusammenhang war das erfolgreiche Anfahren der Pilot-Anlage EVA I-ADAM I, die bereits 1981 von der 10-Megawatt-Anlage EVA II-ADAM II abgelöst wurde.

Nach dem politisch bedingten Ende der Ära Hochtemperaturreaktor wandte sich das Forschungszentrum der Erforschung regenerativer Energien zu: der Photovoltaik und damit verbunden der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik. Will sich die Photovoltaik in Konkurrenz zu anderen Energieträgern und -formen durchsetzen, muss sie viel billiger werden. Kristallines Silizium als Lichtfänger ist jedoch teuer und vergleichsweise knapp. Für das Forschungszentrum steht daher weniger die Steigerung des Wirkungsgrades auf der Wunschliste als die Reduzierung der Herstellungskosten. Ein Erfolg versprechender Weg ist die Verwendung von hauchdünnen Schichten amorphen Siliziums. Dieses kann auf unterschiedlichen Trägern, z. B. Glas und Folie, aufgedampft werden. Moderne Beschichtungsanlagen und ein Sputterlabor sind nur einige Beispiele von Jülicher High-Tech für diese Technik.

Ausstattung zur Gesundheitsforschung – Auf den Spuren des Hippokrates

1962 fiel mit der Fertigstellung des Rohbaus der Startschuss für den Aufbau des Medizinischen Instituts in Jülich. Vorausabteilungen gab es schon in Köln, Bensberg, Jülich und Aachen. Mit der Zusammenstellung der notwendigsten apparativen Erstausrüstung konnten die Mitarbeiter der Abteilung „Röntgen-Diagnostik und



Von 1967 bis 1988 speiste der Jülicher Hochtemperaturreaktor Strom in das öffentliche Netz.

From 1967 to 1988, the Jülich high-temperature reactor fed electricity into the public grid.

Also in the 1960s, Jülich physicists achieved a big breakthrough in the development of a high-temperature reactor featuring spherical fuel elements and helium cooling, which is also known as the Schulten reactor after its inventor. In December 1967, a pebble-bed reactor belonging to Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH (AVR) fed electricity into Germany's national grid for the first time. The turbine and generator converted the thermal output of 46 MW into an electrical output of 15 MW. Although initially conceived for an operating life of five to ten years, the AVR reactor ultimately remained in operation until the end of 1988, i.e. for 21 years. During much of this time, it held the world record for a helium temperature of 950 °Celsius. Given such temperatures and pressures, it made sound engineering sense to replace the conventional combination of steam generator and turbine with a gas turbine and so cut out the thermodynamic detour via steam, thereby increasing the reactor's efficiency. The project for a "High-Temperature Helium Pilot Reactor" was set up in 1973. Six years later, the field of high-temperature energy technology received a further boost with the generation of district energy by a nuclear plant. An important event in this context was the successful start-up of the pilot plant EVA I-ADAM I, which was replaced in 1981 by EVA II-ADAM II, a 10 MW plant.

Following the political decision to put an end to the high-temperature reactor era, the Research Centre refocused on the area of renewable energies: photovoltaics and the associated hydrogen and fuel cell technology. The price of generating photovoltaic power will have to fall radically before it can compete with other sources and types of energy. The problem is, however, that crystalline silicon is expensive and relatively scarce. For this reason, the Research Centre is concentrating less on boosting efficiency than on trying to reduce production costs. One promising avenue of research is the use of ultrathin layers of amorphous silicon. This can be applied to a variety of substrates, e.g. glass and metal foils, using vapour deposition. Jülich boasts a range of high-tech facilities in this field, including its very own sputter laboratory and state-of-the-art coating systems.

On the trail of Hippocrates – facilities for health research

The completion of the shell of the new building in 1962 marked the launch of the new Institute of Medicine in Jülich. There had already been forerunner departments in Cologne, Bensberg, Jülich and Aachen. With the provision of the most necessary equipment, staff at the Department of Radiology and Isotope Therapy in Bensberg were able to carry out examinations autonomously. This was an immense advantage for patients, who no longer had to be referred to other clinics. The clinical department, along with its caesium cannon, was moved from Bensberg to Jülich at the end of 1963. Further developments in the field of imaging techniques ushered in the era of cardiovascular research



Ein faszinierender Anblick: die hellblau leuchtende Cherenkov-Strahlung im offenen Tank des Forschungsreaktors MERLIN.

A fascinating sight: the bright blue glow of Cherenkov radiation in the open tank of the MERLIN research reactor.

Isotopen-Therapie“ in Bensberg alle Untersuchungen eigenständig durchführen. Das führte zu wesentlichen Erleichterungen für die Patienten, die nicht mehr in andere Kliniken überwiesen werden mussten. Am Ende des Jahres 1963 wurde die klinische Abteilung inklusive der Cäsiumkanone von Bensberg nach Jülich verlegt. Mit der Weiterentwicklung der bildgebenden Verfahren begann später die Ära der Herz-Kreislauf-Forschung mit der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) und ab 1994 die Ära der Hirnforschung. Die schon vorhandenen Systeme der Positronen-Emissions-Tomographie und der Single-Photon-Emissionscomputer-Tomographie (SPECT) wurden mittlerweile um Kernspin-Tomographen mit einer Feldstärke von heute 3 bzw. 4 Tesla sowie die Magnet-Enzephalographie (MEG) ergänzt – „Vier Fenster zum Hirn“ unter einem Dach. Für die Herstellung der PET-Radiopharmaka beteiligten sich die Nuklearchemiker anfangs an dem Kompakt-Zyklotron des Jülicher Instituts für Festkörperforschung; später erhielten sie ein eigenes „Baby-Zyklotron“. Damit können sie beide Aufgaben erfüllen: Lieferung und Weiterentwicklung.

Drei hochleistungsfähige magnetische Kernresonanz-Spektrometer erlauben Jülicher Biophysikern, die räumliche Struktur von Proteinen noch umfassender zu untersuchen. Die drei neuen Geräte sind Kernstück des NMR-Zentrums, das 2005 eröffnet wurde.

Welche Mikroorganismen stellen unter welchen Bedingungen und aus welchen Vorläufersubstanzen Medikamente oder andere wichtige Feinchemikalien her? Mit dieser Frage beschäftigen sich Jülicher Biotechnologen schon seit 1977. Sie erhielten 1988 ihr „Großgerät“: ein Biotechnikum. Hier können unter anderem biotechnologische Prozesse auch in größerem Maßstab – bis 200 Liter – auf industrielle Umsetzbarkeit untersucht werden.

Angekommen in der Nanowelt

Die Informationstechnik ist ein relativ junges Aufgabenfeld des Forschungszentrums Jülich; sie wurde etwa Mitte der 80er-Jahre in das Jülicher Spektrum aufgenommen. Immer kleiner, immer schneller, immer mehr Daten auf immer engerem Raum – so könnte man die Devise auf den Punkt bringen. Das Zauberwort der Zukunft heißt „Nanoelektronik“ – eine Welt, viel kleiner noch als die heutige Chiptechnik. Neue Materialien und neue Herstellungstechniken müssen untersucht, entwickelt und gefunden werden. Weil schon wenige Fremdatome an der falschen Stelle stören, geschieht diese Art von Forschung in Reinräumen, die man nur in Schutzkleidung und Laborschuh betreten darf. Höchstens 10 Staubpartikel (Partikelgröße: 0,5 Mikrometer) pro Kubikfuß (ca. 30 Liter) Raumluft sind hier Wirklichkeit. Die Geräte, von Elektronenstrahlschreiber über Rastertunnelmi-



Erste Strahlenmessgeräte für die medizinische Forschung.

The first radiation measuring equipment for medical research.



with positron emission tomography (PET) and, from 1994 onwards, the era of brain research. The techniques of PET and single photon emission computer tomography (SPECT) have since been joined by magnetic resonance imaging (MRI) – currently operating at field strengths of 3 to 4 teslas – and magneto-encephalography (MEG). Together, all under one roof, these different methods offer “four windows onto the brain”. Initially, nuclear chemists used the compact cyclotron at the Institute of Solid-State Research to produce the radiopharmaceuticals required for PET examinations. Later, however, the Institute of Medicine got its own “baby cyclotron”, which is used for both production and further development activities.

The NMR Centre, which was opened in 2005, boasts three high-performance nuclear magnetic resonance spectrometers, which enable Jülich biophysicists to take an even closer look at the spatial structure of proteins.

Which micro-organisms can be used to produce drugs or other important fine chemicals? And under what conditions and from what precursor substances? Biotechnologists at Jülich first started looking at these questions back in 1977. In 1988, the Institute of Biotechnology got its own large-scale facility in the form of a pilot-scale bioengineering plant. This is also used to investigate biotechnological processes on a larger scale – with volumes of up to 200 litres – for their industrial feasibility.

Welcome to the world of nanoelectronics

Information technology is a relative newcomer to Jülich, only becoming part of the research portfolio in the mid-1980s. Here the focus is very much on developing smaller and faster technology, with ever greater concentrations of data. The magic word of the future is nanoelectronics – a world much smaller than that of today’s chip technology. The transition to this world will require the investigation, development and discovery of new materials and manufacturing techniques. Since even a few foreign atoms in the wrong place can interfere with results, this kind of work takes place in special clean rooms, which may only be entered by researchers wearing protective clothing and lab shoes. A maximum of 10 particles (particle size of 0.5 micrometres) of dust per cubic foot (approx. 30 litres) of air is allowed. The equipment used in this field includes an electron beam plotter, scanning tunnelling microscopes and a tandem accelerator. Another pioneering facility is the Ernst Ruska Centre, which was opened in 2004 in partnership with RWTH Aachen University. This Centre has ultra-high-resolution electron microscopes with which atoms and surfaces can be made visible. Most researchers not only utilize such devices but also contribute decisively to further developing and improving them.

kroskope bis Tandembeschleuniger, sind wahre Wunderwerke der Technik. Ebenfalls wegweisend ist das heutige Ernst Ruska-Centrum, das 2004 gemeinsam mit der RWTH Aachen ins Leben gerufen wurde. Es verfügt über höchstauflösende Elektronenmikroskope, mit denen Atome und Oberflächen sichtbar gemacht werden können. Meist „begnügen“ sich die Forscher nicht mit der Nutzung von Geräten, sondern tragen auch entscheidend zu der Weiterentwicklung und Verbesserung bei.

Mutter Natur im Visier

Detaillierte Untersuchungen von Spurengasen und -stoffen ermöglicht seit 2001 die Tageslicht-Atmosphären-Simulationskammer „SAPHIR“. In einem doppelwandigen Teflonsack – 20 Meter lang, 5 Meter Durchmesser, über 300 000 Liter Fassungsvermögen – kann eine künstliche Atmosphäre mit beliebiger Gaszusammensetzung erzeugt und bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen untersucht werden. Hier sind die Forscher dem „Waschmittel“ der Atmosphäre, dem Hydroxyl-Radikal, auf der Spur. Früher waren solche Untersuchungen nur im Freiland an verschiedenen Standorten (Wald, Atlantik, Großstadt) möglich – jedoch mit allen Zufälligkeiten solcher Messungen.

Mit Hilfe der High-Tech-Pflanzenversuchsanlage „PhyTec“ untersuchen die Jülicher Forscher seit 2004, wie Pflanzen auf wechselnde Umweltbedingungen reagieren. In ihr werden die Pflanzen bei nahezu natürlichen Tageslichtbedingungen, aber definierten Temperaturen und Kohlendioxid-Konzentrationen kultiviert und mit nichtinvasiven bildgebenden Verfahren beobachtet. Die Besonderheit ist eine mikrobeseidete und hochtransparente Solarglaseindeckung.

Das Verhalten von Pflanzenschutzmitteln und anderen Stoffen im Boden lässt sich mittels der Lysimeteranlage analysieren. Lysimeter sind runde Stahlbehälter ohne Boden, die zunächst mit Spezialgeräten in den Ackerboden getrieben werden. Danach werden die Zylinder mit Baggern freigeschaufelt und herausgehoben. In diesem „ungestörten“ Bodenprofil wird in der Jülicher Lysimeteranlage Landwirtschaft im kleinen Maßstab betrieben. Durch den Ackerboden sickendes Wasser kann im Lysimeterkeller aufgefangen und auf Pflanzenschutzmittel hin analysiert werden.

Ausstattung zur Werkstoffprüfung – Hochwarmfeste Stähle und keramische Schutzschichten

In vielen Bereichen der Technik werden hochwarmfeste Werkstoffe benötigt. Je höher die Betriebstemperatur einer Turbine, um so höher ist der Wirkungsgrad – ein Beitrag zur Ressourcenschonung und zum Umweltschutz. Eine weitere Herausforderung stellen Werkstoffe für



Umweltforschung unterm High-Tech-Dach: die Pflanzenversuchsanlage PhyTec.

Focusing on mother nature

The SAPHIR atmosphere simulation chamber, which has been in operation since 2001, is used to conduct detailed photochemical investigation of trace gases and substances in the atmosphere. Consisting of a double-walled Teflon tube 20 metres long and five metres in diameter with a capacity of over 300,000 litres, an artificial atmosphere with any gaseous composition can be created inside SAPHIR and then be investigated under an extremely wide range of light conditions. Here, researchers are chiefly interested in studying hydroxyl radicals – the so-called detergents of the atmosphere. In the past, such studies were only possible in the open air at various types of location (forests, Atlantic, cities), where measurements were subject to the vagaries of the prevailing climate.

PhyTec, a high-tech experimental greenhouse facility, was opened in 2004. Here, researchers investigate how plants react to various environmental conditions. The greenhouse is used to cultivate plants in conditions very close to natural daylight but at defined temperatures and CO₂ concentrations and the results are observed using non-invasive imaging techniques. Its special feature is its microcoated, ultratransparent solar glazing.



Environmental research under a high-tech roof: the PhyTec experimental plant facility.

Lysimeters are used to study the behaviour of pesticides and other substances in the soil. These round, bottomless steel containers are first driven into the ground by special machinery, and then a digger is used to remove the cylinder and the arable soil contained in it. The resulting “undisturbed” soil profile is used to cultivate miniature fields at Jülich. Water seeping through this soil is collected under the lysimeters and analysed for pesticides.

Materials testing – steels and protective ceramic coatings

High-temperature materials are required in many areas of engineering. The higher the operating temperature of a turbine, for example, the greater its efficiency – and the bigger its contribution towards saving resources and protecting the environment. New materials will be required to build the fusion reactors of the future. Such materials do not occur naturally but must rather be developed and thoroughly tested. In the past, special materials also had to be developed for the high-temperature reactor. In addition to ultramodern workshops, the institutes involved in this project also had access to hot isostatic pressing facilities. Today, components such as turbine blades can be coated using the plasma spray process, which further increases their operating temperature.

künftige Fusionsreaktoren dar. Solche Werkstoffe findet man nicht in der Natur; sie müssen entwickelt und gründlich getestet werden. Auch für den Hochtemperaturreaktor wurden in der Vergangenheit spezielle Werkstoffe entwickelt. Dafür stand den beteiligten Instituten – neben einer hochmodernen Werkstoffhalle – eine HIP-Anlage (HIP = heißisostatisches Pressen) zur Verfügung. Mit einer Plasma-Spritzanlage können heute zum Beispiel Turbinenschaufeln beschichtet werden, was eine weitere Steigerung deren Betriebstemperatur erlaubt.

Entwicklung der Ausstattung zum Höchstleistungsrechnen – Aufmarsch der Bits und Bytes

Große Rechner besaß die damalige Kernforschungsanlage schon Anfang der 60er-Jahre. Die erste „Großrechenanlage“ des Zentralinstituts für Angewandte Mathematik (ZAM), eine IBM 1401 mit einer Kapazität von 4000 Kernspeicherstellen und vier Magnetbandeinheiten, wurde 1963 in Betrieb genommen. Sie war zunächst in einer Baracke des Instituts für Plasmaphysik untergebracht. Die zweite große Datenverarbeitungsanlage, eine IBM/360-75 i, wurde schon 1967 im ZAM-Neubau installiert. Nach kurzer Anlaufzeit konnte sie in vollem Umfang für die Berechnungen der KFA, aber auch schon von Gastanwendern benutzt werden. 1979 folgte mit der IBM 3033 der dritte Großrechner. Dabei war die Entwicklung einer geeigneten Kommunikationsstruktur für das Drei-Rechner-System eine besondere Herausforderung.

Danach ging es immer weiter aufwärts. Durch die Aufstellung des neuen Höchstleistungsrechners CRAY X-MP 1982 – die Freigabe für den Benutzerbetrieb folgte 1984 – verfügte das Forschungszentrum schon damals innerhalb Europas über das leistungsstärkste Großrechnerzentrum in der Forschung. Nachdem 1993 der massiv-parallele Supercomputer Intel Paragon XP/55 seine Arbeit aufgenommen hatte, folgte 2004 das Spitzenklassenmodell IBM p690 Cluster „JUMP“. 2006 wurde der auf IBMs BlueGene/L-Architektur basierende Supercomputer JUBL seiner Bestimmung übergeben. Europas zweitschnellster Rechner und schnellster ziviler Rechner für wissenschaftliche Zwecke weltweit hat eine Leistung von 46 TeraFlops (46 Billionen Rechenschritte in der Sekunde), was in etwa dem Potenzial 12 000 moderner PCs entspricht. Neue Dimensionen des wissenschaftlichen Rechnens in Europa eröffnet darüber hinaus ein grenzüberschreitender Verbund von Höchstleistungscomputern, dessen Gründungsmitglied das Forschungszentrum Jülich ist.

Bits and bytes – the dawn of the supercomputer era

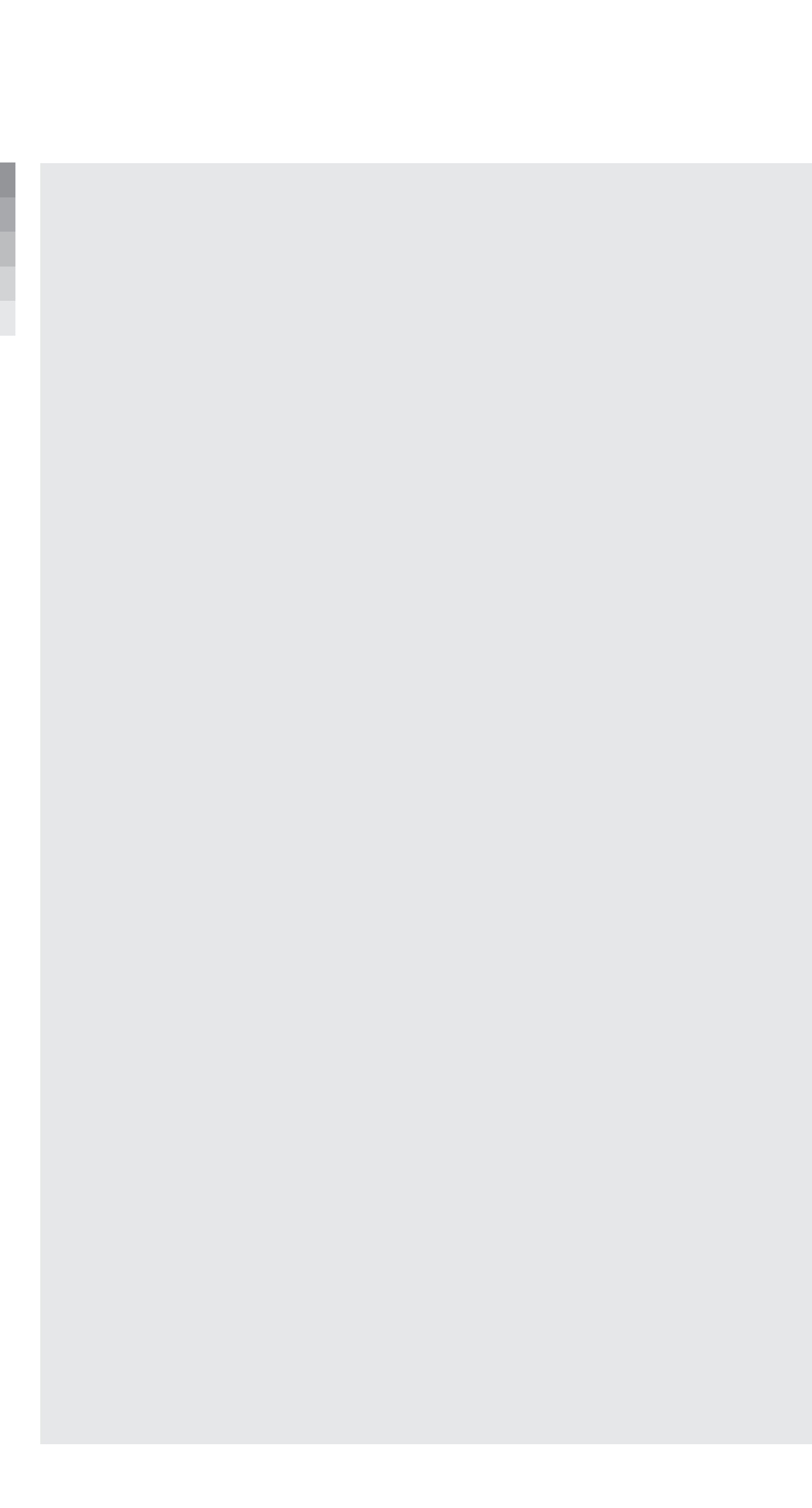
The former KFA already had large computers at the beginning of the 1960s. The first mainframe at the Central Institute of Applied Mathematics (ZAM) – an IBM 1401 with a capacity of 4,000 core storage locations and four magnetic tape units – went into operation on 19 July 1963. It was initially housed in a hut belonging to the Institute of Plasma Physics. The second mainframe, an IBM/360-75 i, was installed in the new ZAM building in 1967. After only a short start-up period, it was used at full capacity by the KFA and also guest users. The third mainframe, an IBM 3033, arrived in 1979. This posed the additional challenge of having to develop an appropriate communications infrastructure for the three-computer system.

Afterwards, computing capacity continued to climb. With the installation of the CRAY X-MP supercomputer in 1982 – users were granted access in 1984 – Jülich boasted the most powerful computing centre of any research establishment within Europe. This was followed by the Intel Paragon XP/S5 massively parallel supercomputer in 1993 and the top-of-the-range IBM p690 cluster JUMP in 2004. The JUBL supercomputer based on IBM BlueGene/L architecture was installed in 2006. This is Europe's second-fastest computer and the fastest civilian computer for scientific purposes worldwide. It has an overall peak performance of 46 teraflops (46 trillion floating-point operations per second), which corresponds to the combined potential of around 12,000 modern PCs. At the same time, an international alliance of supercomputing centres, of which Jülich was one of the co-founders, has ushered in new dimensions in scientific computing.

Staub ist der größte Feind bei der Herstellung von Bauelementen für die Informationstechnik. Reinräume werden daher mit hohem technischen Aufwand staubfrei gehalten.

Dust is the worst enemy during the fabrication of devices for information technology. Clean rooms are therefore kept dust-free with high technical outlay.





Auszeichnungen, Publikationen, Karrieren *Awards, Publications and Careers*

Prominente wissenschaftliche Ergebnisse
Prominent Scientific Results



Auszeichnungen, Publikationen, Karrieren – Prominente wissenschaftliche Ergebnisse

Promotionen, Habilitationen und Rufe

180 Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich haben seit 1974 Rufe an in- und ausländische Universitäten, Hochschulen und Fachhochschulen erhalten. Seit 1977 habilitierten sich 123 Jülicher Wissenschaftler. 1210 Promotionen wurden seit 1984 erfasst.

Preise und Auszeichnungen

Die persönliche Reputation von Wissenschaftlern spiegelt sich in renommierten Preisen und Rufen auf Professuren. Die nachfolgenden Zahlen und Fakten sind nur eine Auswahl und keine vollständige Auflistung.

Den hoch dotierten **Alcon-Preis** der amerikanischen Alcon-Stiftung erhielt 1994 Prof. Dr. U. Benjamin Kaupp, Direktor am Institut für Biologische Informationsverarbeitung, für seine grundlegenden Arbeiten zur Signalverarbeitung in Sehzellen.

Die American Ceramic Society verlieh Prof. Dr. Rainer Waser, Direktor am Institut für Festkörperforschung, im Jahr 2002 den **Edward C. Henry Award**.

Den **Erwin-Schrödinger-Preis** 2002 des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft erhielten Dr. Jürgen Allgaier, Dr. Gerhard Gompper und Prof. Dr. Dieter Richter vom Institut für Festkörperforschung für ihre Arbeiten zur Effizienzsteigerung von Tensiden.

Die Deutsche Vakuum-Gesellschaft verlieh 1995 den **Gaede-Preis** an Dr. Matthias Wuttig vom Institut für Grenzflächenforschung und Vakuumphysik.

Den **Gustav-Hertz-Preis** der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) erhielt im Jahr 2000 Dr. Gunter Markus Schütz vom Institut für Festkörperforschung für seine Grundlagenforschung zur Statistischen Mechanik.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) verlieh 1994 den **Hess-Förderpreis** an Dr. Hans-Harald Bolt vom Institut für Werkstoffe und Verfahren der Energietechnik, IWV-1, für die Entwicklung von Hochtemperatur-Schichtsystemen.

Prof. Dr. Peter Grünberg vom Institut für Festkörperforschung und Prof. Dr. Harald Ibach vom Institut für Grenzflächenforschung und Vakuumphysik erhielten 1972 den **Hewlett-Packard-Preis** der European Physical Society.

Awards, Publications and Careers – Prominent Scientific Results

Doctoral degrees, habilitations and professorships

A total of 180 scientists from Research Centre Jülich have been appointed as professors at universities and technical colleges both in Germany and abroad since 1974. Since 1977, 123 scientists in Jülich have received habilitations, and a total of 1210 doctoral degrees have been awarded since 1984.

Prizes and awards

The personal reputation of scientists is also reflected in the number of renowned prizes and professorships they are awarded. The following facts and figures should be considered a selection rather than a complete list.

The generously endowed **Alcon Prize**, which is awarded by the U.S.-based Alcon Foundation, was received in 1994 by Prof. U. Benjamin Kaupp, Director of the Institute of Biological Information Processing, for his pioneering work on signal processing in visual cells.

In 2002, the American Ceramic Society presented the **Edward C. Henry Award** to Prof. Rainer Waser, Director of the Institute of Solid State Research.

The **Erwin Schrödinger Prize**, which is awarded by the Association for the Promotion of Science and Humanities in Germany, was awarded in 2002 to Dr. Jürgen Allgäuer, Dr. Gerhard Gompper and Prof. Dieter Richter from the Institute of Solid State Research for their work on methods of increasing the efficiency of tensides.

In 1995, the German Vacuum Society awarded the **Gaede Prize** to Dr. Matthias Wuttig from the Institute for Interface Research and Vacuum Physics.

In 2000, the German Physics Society (DPG) awarded the **Gustav Hertz Prize** to Dr. Gunter Markus Schütz from the Institute of Solid State Research for his groundbreaking research on statistical mechanics.

The German Research Foundation (DFG) awarded the **Gerhard Hess Prize** in 1994 to Dr. Hans-Harald Bolt of the Institute for Materials and Processes in Energy Systems, IWV-1, for the development of high-temperature film systems.

Prof. Peter Grünberg from the Institute of Solid State Research and Prof. Harald Ibach from the Institute of Surface Research and Vacuum Physics received the **Hewlett-Packard Prize** from the European Physical Society in 1972.

Den **Innovationspreis Nordrhein-Westfalen** 1994 erhielt Dr. Helmut Stiebig vom Institut für Schicht- und Ionen-technik – Arbeitsgruppe Photovoltaik für die Entwicklung eines Drei-Farben-Sensors.

Prof. Dr. Peter Grünberg erhielt von der International Union of Pure and Applied Physics den **Magnetism Award** 1994.

Der **Maier-Leibnitz-Preis** der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) wurde mehrfach an Jülicher Wissenschaftler vergeben, und zwar:

1994 an Dr. Wolfram Altenhofen vom Institut für Biologische Informationsverarbeitung

1993 an Dr. Stefan Blügel vom Institut für Festkörperforschung

1987 an Dr. Stefan Thomae vom Institut für Festkörperforschung

1993 an Dr. Matthias Wuttig vom Institut für Grenzflächenforschung und Vakuumphysik.

Den **Max-Planck-Forschungspreis** 1990 der Alexander-von-Humboldt-Stiftung und der Max-Planck-Gesellschaft erhielt Prof. Dr. Dieter Richter vom Institut für Festkörperforschung.

Das Land Nordrhein-Westfalen verlieh 1991 den **NRW-Staatspreis** an Prof. Dr. Ludwig E. Feinendegen vom Institut für Medizin für seine herausragenden zukunftsweisenden Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Nuklearmedizin. Im gleichen Jahr erhielt Prof. Feinendegen die Röntgen-Plakette der Stadt Remscheid.

Die Stadt Frankfurt verlieh Prof. Dr. Rudolf Schulten vom Institut für Reaktorentwicklung 1972 den **Otto-Hahn-Preis** für seine Konzeption des gasgekühlten Hochtemperatur-Reaktors.

Der **Philip-Morris-Preis** 1987 ging an Dr. Alexander Aivasidis und Prof. Dr. Christian Wandrey vom Institut für Biotechnologie (IBT-2) für ihre Arbeiten zur anaeroben Abwasserreinigung.

Dr. Georg Alefeld vom Institut für Festkörperforschung erhielt 1970 den **Physik-Preis der Deutschen Physikalischen Gesellschaft** (DPG). 1989 ging dieser Preis an Dr. Henning Soltwisch vom Institut für Plasmaphysik für seine Arbeiten zur Struktur und Dynamik von Magnetfeldern in Plasmen.

Der **Physik-Preis der Akademie der Wissenschaften Göttingen** kam viermal nach Jülich an das Institut für Festkörperforschung: 1972 an Dr. Helmut Kinder, 1974 an Dr. Peter H. Dederichs, 1978 an Dr. Gerd Bergmann, 1985 an Dr. Stefan Thomae.

The **North Rhine-Westphalian Innovation Prize** was received in 1994 by Dr. Helmut Stiebig of the Institute of Thin Film and Ion Technology – Photovoltaics Working Group for the development of a three-colour sensor.

Prof. Peter Grünberg received the **Magnetism Award** from the International Union of Pure and Applied Physics in 1994.

The German Research Foundation (DPG) has awarded the **Maier Leibnitz Prize** to researchers from Jülich on a number of occasions:

in 1994, to Dr. Wolfram Altenhofen from the Institute of Biological Information Processing

in 1993, to Dr. Stefan Blügel from the Institute of Solid State Research

in 1987, to Dr. Stefan Thomaе from the Institute of Solid State Research

in 1993, to Dr. Matthias Wuttig from the Institute of Surface Research and Vacuum Physics.

The Alexander von Humboldt Foundation and the Max Planck Society awarded the **Max Planck Research Prize** to Prof. Dieter Richter from the Institute of Solid State Research in 1990.

In 1991, the federal state of North Rhine-Westphalia awarded its **NRW State Prize** to Prof. Ludwig E. Feinendegen from the Institute of Medicine for his outstanding and pioneering research work in the field of nuclear medicine. In the same year, Prof. Feinendegen received the Röntgen Plaque from the City of Remscheid.

In 1972, the City of Frankfurt gave the **Otto Hahn Prize** to Dr. Rudolf Schulten from the Institute for Reactor Development for his concept of a gas-cooled high-temperature reactor.

The **Philip Morris Prize** went to Dr. Alexander Aivasidis and Prof. Christian Wandrey from the Institute of Biotechnology (IBT-2) in 1987 for their work on anaerobic wastewater purification.

Dr. Georg Alefeld from the Institute of Solid State Research received the **German Physics Society's (DPG) Physics Prize** in 1970. In 1989, this prize went to Dr. Henning Soltwisch from the Institute of Plasma Physics for his work on the structure and dynamics of magnetic fields in plasmas.

The **Academy of Sciences Göttingen** has awarded its **Physics Prize** four times to researchers at the Institute of Solid State Research in Jülich:

in 1972, to Dr. Helmut Kinder, in 1974, to Dr. Peter H.

Dederichs, in 1978, to Dr. Gerd Bergmann, in 1985,

to Dr. St. Thomaе.

Acht Wissenschaftler des Instituts für Festkörperforschung erhielten den **Walter-Schottky-Preis** der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG):

1973 Dr. Peter Ehrhart, 1976 Dr. Franz Wegner, 1979 Dr. Heiner Müller-Krumbhaar, 1982 Dr. Volker Dohm, 1985 Dr. H.-W. Diehl, 1986 Dr. Dieter Richter, 1992 Dr. Kurt Kremer, 1996 Dr. Bo Persson.

Den **Technologietransfer-Preis** für herausragende Technologietransfer-Leistungen von wissenschaftlich-technischen Mitarbeitern außeruniversitärer Einrichtungen verlieh Bundesforschungsminister Dr. Heinz Riesenhuber 1983 gemeinsam an Prof. Dr. Christian Wandrey vom Jülicher Institut für Biotechnologie und Prof. Dr. Maria-Regina Kula, seinerzeit Gesellschaft für Biotechnologische Forschung Braunschweig.

Der Industrie-Club Düsseldorf und das Wissenschaftszentrum verliehen den **Wissenschafts-Preis 2004** für Energieforschung an Dr. Henry Bosch vom Institut für Werkstoffe und Verfahren der Energietechnik (IWW-1) und Dr.-Ing. Tobias Repmann vom Institut für Photovoltaik. Der Wissenschafts-Preis 2003 ging an Prof. Dr. Gereon R. Fink vom Institut für Medizin.

Der **Zukunftspreis** des Bundespräsidenten ist eine begehrte und hoch dotierte Auszeichnung, die 1998 erstmals verliehen wurde. Er kam bisher zweimal nach Jülich, und zwar 1998 an Prof. Dr. Peter Grünberg vom Institut für Festkörperforschung für die Entdeckung des Riesenmagnetwiderstands und 2003 an Prof. Dr. Maria-Regina Kula und Dr. Martina Pohl vom Institut für Enzymtechnik der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf für ihre „sanfte“ Chemie mit biologischen Katalysatoren.

Wissenschaftliche Publikationen

Wissenschaftler veröffentlichen die Ergebnisse ihrer Forschung in verschiedenen Formen: in Büchern, Konferenzbänden und Aufsätzen in wissenschaftlichen Zeitschriften. Die Veröffentlichungen sollen zum einen den Erkenntnisfortschritt in ihrem Fachgebiet vorantreiben. Zum anderen dienen sie dazu, die persönliche Reputation zu erhöhen. Dabei bedeutet Reputation jene Aufmerksamkeit, die Wissenschaftler durch die Veröffentlichungen über neue Erkenntnisse bzw. Methoden auf sich ziehen möchten. Bedeutende Arbeiten werden von den Fachkollegen in deren Arbeiten entweder bestätigend oder im Widerspruch zitiert.

Bei der Messung der Zitierungshäufigkeit werden meist nur wissenschaftliche Zeitschriften beachtet. Besonders begehrt sind Veröffentlichungen in so genannten „referierten Zeitschriften“. Solche Zeitschriften publizieren einen wissenschaftlichen Bericht nur nach einem Gut-

*Eight scientists from the Institute of Solid State Research have received the **Walter Schottky Prize** from the German Physics Society (DPG):*

Dr. Peter Ehrhart in 1973, Dr. Franz Wegner in 1976

Dr. Heiner Müller-Krumbhaar in 1979, Dr. Volker Dohm in

1982, Dr. H.-W. Diehl in 1985, Dr. Dieter Richter in 1986

Dr. Kurt Kremer in 1992, Dr. Bo Persson in 1996.

*The **Technology Transfer Prize** recognises outstanding technology transfer achievements by scientific and technical employees of non-university institutions. In 1983, it was awarded jointly to Prof. Christian Wandrey from the Institute of Biotechnology in Jülich and Prof. Maria-Regina Kula, who was then working at the Society for Biotechnological Research in Braunschweig. The award was presented by the German Research Minister at the time, Dr. Heinz Riesenhuber.*

*The Industrie-Club Düsseldorf and the Science Centre awarded the **Science Prize** 2004 for Energy Research to Dr. Henry Bosch from the Institute for Materials and Processes in Energy Systems (IWV-1) and Dr. Tobias Repmann from the Institute of Photovoltaics. The Science Prize 2003 went to Prof. Gereon R. Fink from the Institute of Medicine.*

*The German **Future Prize** is a coveted and generously endowed honour that was awarded by the German President for the first time in 1998. It has been awarded twice to researchers at Jülich: in 1998 to Prof. Peter Grünberg from the Institute of Solid State Research for the discovery of giant magnetoresistance, and in 2003 to Prof. Maria-Regina Kula and Dr. Martina Pohl from the Institute of Enzyme Technology at the Heinrich Heine University in Düsseldorf for their development of “soft” chemical processes with biological catalysts.*

Scientific publications

Scientists publish the results of their research in various forms: in books, conference proceedings and as articles in scientific journals. One objective of these publications is to advance knowledge in their respective fields of scientific research. Another aim is to enhance their personal reputations; in this context, “reputation” refers to the authors’ desire to draw attention to themselves by publishing new knowledge or innovative methods. Members of the scientific community cite significant research in their own work in order to either confirm or contradict the conclusions reached. When the frequency of these citations is measured, usually scientific journals alone are taken into account. Publication in peer-reviewed journals is particularly sought after.

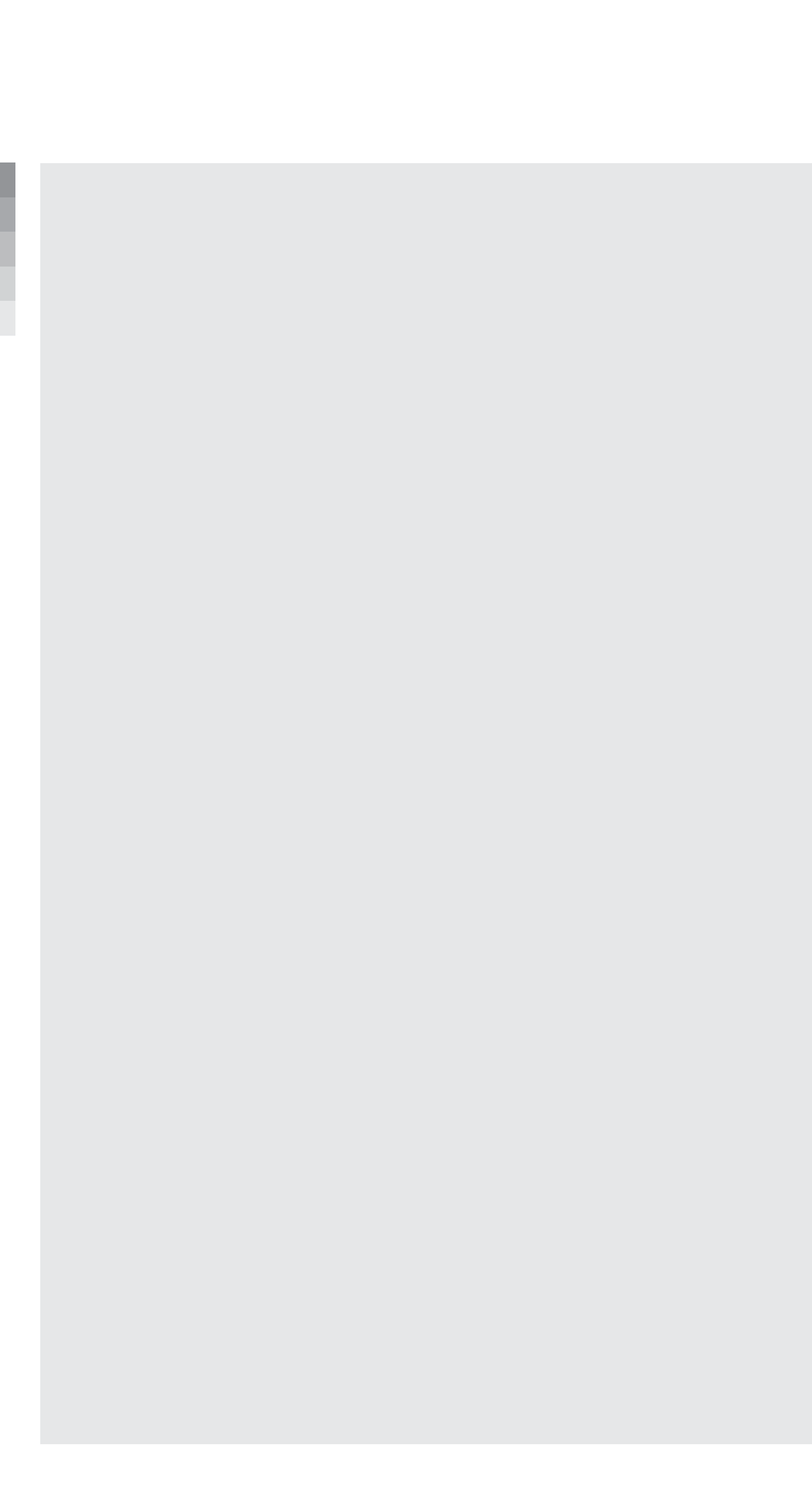
achten unabhängiger Experten. Die Zahl dieser Berichte ist auch ein Zeichen für die wissenschaftliche Exzellenz des Forschungszentrums. Sie wird seit 1972 mit modernen Methoden der Bibliometrie ermittelt.

Die zehn meistzitierten Zeitschriftenveröffentlichungen der Jahre 1972 – 1985 <i>The ten most cited publications in scientific journals 1972 – 1985</i>			
Autor - Author	Titel - Title	Zeitschrift - Journal	Zitate - Citations
Wu, Fy	The Potts-model	Reviews of Modern Physics	1248
Bergmann, G	Weak localization in thin films – a time-of-flight experiment with conduction electrons	Physics Reports- Review section of Physics Letters	968
Binder, K	Finite size scaling analysis of insing-model block distribution functions	Zeitschrift für Physik B-Condensed Matter	869
Zimmermann, U	Electric field-mediated fusion and related electrical phenomena	Biochimica et Biophysica Acta	679
Binder, K	Collective diffusion, nucleation, and spinodal decomposition in polymer mixtures	Journal of Chemical Physics	594
Kuhn, H	Light-regulated and GTP-regulated interaction of GTPase and other proteins with bovine photoreceptor-membranes	Nature	473
Harris, J	Simplified method for calculating the energy of weakly interacting fragments	Physical Review B	378
Steininger, H; Ibach, H; Lehwald, S	Surface-reactions of ethylene and oxygen on Pt(111)	Surface Science	376
Steininger, H; Lehwald, S; Ibach, H	On the adsorption of CO on Pt(111)	Surface Science	374
Persson, BNJ; Ryberg, R	Vibrational interaction between molecules adsorbed on a metal surface – the dipole-dipole interaction	Physical Review B	389

Die zehn meistzitierten Zeitschriftenveröffentlichungen der Jahre 1986 – 1995 <i>The ten most cited publications in scientific journals 1986 – 1995</i>			
Autor - Author	Titel - Title	Zeitschrift - Journal	Zitate - Citations
Binder, K; Young, AP	Spin-glasses – experimental facts, theoretical concepts, and open questions	Reviews of Modern Physics	2290
Jones, RO; Gunnarsson, O	The density functional formalism, its applications and prospects	Reviews of Modern Physics	1529
Machleidt, R; Holinde, K; Elster, C	The Bonn meson-exchange model for the nucleon nucleon-interaction	Physics Reports - Review Section of Physics Letters	1517
Grünberg, P; Schreiber, R; Pang, Y; Brodsky, MB; Sowers, H	Layered magnetic-structures – evidence for antiferromagnetic coupling of Fe layers across Cr interlayers	Physical Review Letters	1024
Binasch, G; Grünberg, P; Saurenbach, F; Zinn, W	Enhanced magnetoresistance in layered magnetic-structures with antiferromagnetic interlayer exchange	Physical Review B	865
Fetters, LJ; Lohse, DJ; Richter D; Witten, TA; Zirkel, A	Connection between polymer molecular-weight, density, chain dimensions, and melt viscoelastic properties	Macro Molecules	473
Hamacher, K; Coenen, HH; Stocklin, G	Efficient stereospecific synthesis of no-carrier-added 2-[F-18]-fluoro-2-deoxy-d-glucose using aminopolyether supported nucleophilic-substitution	Journal of Nuclear Medicine	753
Kremer, K; Grest, GS	Dynamics of entangled linear polymer melts – a molecular-dynamics simulation	Journal of Chemical Physics	582
Camley, RE; Barnas, J	Theory of giant magnetoresistance effects in magnetic layered structures with antiferromagnetic coupling	Physical Review Letters	534
Haus, JW; Kehr, KW	Diffusion in regular and disordered lattices	Physics Reports - Review Section of Physics Letters	575

Such journals publish a scientific article only after it has been reviewed by independent experts. The number of articles published is also a measure of the Research Centre's scientific excellence. These statistics are determined by means of modern bibliometric methods.

Die zehn meistzitierten Zeitschriftenveröffentlichungen der Jahre 1996 – 2005 <i>The ten most cited publications in scientific journals 1996 – 2005</i>			
Autor - Author	Titel - Title	Zeitschrift - Journal	Zitate - Citations
Engel, AK; Fries, P; Singer, W	Dynamic predictions: oscillations and synchrony in top-down processing	Nature Reviews Neuro- science	229
Cloth, P; Filges, D	Evidence for a narrow baryonic state decaying to $K(S)(0)p$ and $K-S(0)(p)\overline{\text{over-bar}}$ in deep inelastic scattering at HERA	Physics Letters B	87
Buccino, G; Binkofski, F; Fink, GR; Fadiga, L; Fogassi, L; Gallese, V; Seitz, RJ; Zilles, K; Rizzolatti, G; Freund, HJ	Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study	European Journal of Neuro- science	213
Abdel-Bary, M; Abdel-Samad, S; Drochner, M; Filges, D; Gillitzer, A; Hesselbarth, D; Kilian, K; Marwinski, S; Morsch, HP; Paul, N; Roderburg, E; Sefzick, T; Ucar, A; Wintz, P; Wustner, P	Evidence for a narrow resonance at 1530 MeV/c(2) in the $K(0)p$ - system of the reaction $pp \rightarrow \Sigma^+(+)K(0)p$ from the COSY-TOF experiment	Physics Letters B	76
Krug, J	Origins of scale invariance in growth processes	Advances in Physics	337
Gambardella, P; Dallmeyer, A; Maiti, K; Malagoli, MC; Eberhardt, W; Kern, K; Carbone, C	Ferromagnetism in one-dimensional monatomic metal chains	Nature	143
Kaup, UB; Seifert, R	Cyclic nucleotide- gated ion channels	Physiologi- cal Reviews	135
Rowe, JB; Toni, I; Josephs, O; Frackowiak, RSJ; Passingham, RE	The prefrontal cortex: response selection or maintenance within working memory?	Science	198
Anisimov, VI; Aryasetiawan, F; Lichtenstein, AI	First-principles calculations of the electronic structure and spectra of strongly correlated systems: the LDA+U method	Journal of Physics - Condensed Matter	288
Dingley, AJ; Grzesiek, S	Direct observation of hydrogen bonds in nucleic acid base pairs by internucleotide (2)J(NN) couplings	Journal of the American Chemical Society	254



Brücken zur Industrie

Bridging the Gap to Industry

Von der Forschung zu den Produkten von morgen
From Research Projects to Tomorrow's Products



Brücken zur Industrie – Von der Forschung zu den Produkten von morgen

Die besten Forschungsergebnisse nutzen nichts, wenn sie ausschließlich Fachbücher füllen, auf Fachkonferenzen vorgetragen, in der Forschungslandschaft gewürdigt werden – und dann „in der Schublade verschwinden“, ohne sinnvoll eingesetzt und wirtschaftlich verwertet zu werden! Aus dieser Erkenntnis heraus gründete das Forschungszentrum Jülich schon Anfang der 70er-Jahre ein Technologie-Transfer-Büro und übernahm damit in der deutschen Forschungslandschaft eine Vorreiterrolle.

Welche Erkenntnis, welches Verfahren aus Jülich ist für die Wirtschaft von Interesse? Wie können wir auf neue Techniken „made in Jülich“ aufmerksam machen? Wie und wo können Verbindungen zu Entwicklern und Entscheidern in der Industrie geschaffen werden? Das waren die ersten Fragen in der Gründungsphase des Büros. Eisen-Titan-Legierungen als Wasserstoffspeicher, Magnetlagertechnik für Hochvakuumphysik, Messtechnik für Medizin und die Umweltüberwachung sowie Recycling von Ätzlösungen waren die ersten Produkte, die der einschlägigen Industrie angeboten wurden. Mögliche Lizenznehmer wurden angesprochen und Verfahren auf Messen und Ausstellungen präsentiert. Seitdem ist die Präsenz auf der Industrie-Messe in Hannover, der AACHEMA, der BIOTECHNICA, der ANALYTICA, der ENVITEC und anderen Fachmessen ein absolutes „Muss“. Es folgten Messen in ganz Europa und weltweit. Heute, gut 35 Jahre später, kann das Technologie-Transfer-Büro mit seinen 22 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern über 700 Patentfamilien mit nationalen und internationalen Schutzrechten und das Know-how als Ergebnisse der Forschung anbieten. Über 200 Lizenznehmer haben den Wert Jülicher Ergebnisse erkannt.

Die Angebotspalette umfasst aber auch eine exzellente Infrastruktur in Analytik, Beschichtungstechnologien, Ingenieurlösungen und mechanischer Fertigung. Vor allem die kleine und mittelständische Industrie steht oft vor scheinbar unlösbaren Problemen, da sie selbst nicht über die nötige Infrastruktur und das Know-how verfügt. Wie rein ist hochreines Aluminium, wie dünn sind dünne Schichten, wie lassen sich Materialien verbinden, die bisher als „unvereinbar“ galten? Mehr und mehr öffnete das Forschungszentrum Jülich seine Infrastruktur Auftraggebern aus der Industrie, was auch zu erfolgreichen Kooperationen führte. Damit aus Forschungsergebnissen neue Produkte werden, schuf das Technologie-Transfer-Büro Verbindungen und ebnete Wege.



Forschungsergebnisse werden auf großen Messen und Ausstellungen präsentiert, wie hier die Verbesserung von Tensiden durch Zugabe von Polymeren.

Research results are presented at large trade fairs and exhibitions, just like the the addition of polymers to improve surfactants here.

Bridging the Gap to Industry – From Research Projects to Tomorrow's Products

Even the best research results mean nothing if they are only published as specialist books, presented at conferences or praised by the scientific community and then put into cold storage, never to be used in any meaningful way or be commercially exploited. With this in mind, Research Centre Jülich established a Technology Transfer Bureau back in the early 1970s and assumed a pioneering role in the German research sector.

What knowledge and procedures from Jülich might be of interest to industry? How can we draw attention to new technologies "made in Jülich"? How and where can we establish links to developers and decision-makers in industry? These were the first questions the Bureau posed in its early days when it was just a one-man operation. The first products offered to industrial customers were iron-titanium alloys as media for storing hydrogen, magnetic bearing technology for high-vacuum physics, measuring technologies for medical applications, and the environmental monitoring and recycling of caustic solutions. Potential licensees were approached and the various products and systems were presented at trade fairs and exhibitions. Since then, it has become an absolute MUST for the Technology Transfer Bureau to make an appearance at the Hanover Industrial Trade Fair,ACHEMA, BIOTECHNICA, ANALYTICA, ENVITEC and other specialist exhibitions both in Europe and around the world. Today, more than 35 years later, with its 22 staff members, the Technology Transfer Bureau boasts more than 700 patent families with German and international property rights, as well as extensive expertise gained through research. More than 200 licensees have recognised the value of research results "made in Jülich".



The range of offerings also includes an excellent infrastructure for analysis techniques, coating technologies, engineering solutions and mechanical manufacturing technologies. Small and medium-sized businesses in particular often face what appear to be unsolvable problems, simply because they do not possess the appropriate infrastructure and expertise. How pure is ultra-pure aluminium? How thin are thin layers? How can materials previously considered "incompatible" be combined? Research Centre Jülich is increasingly making its infrastructure available to industrial clients – something that also leads to successful cooperations. The Technology Transfer Bureau has established new relationships and paved the way for research results to be transformed into new products.

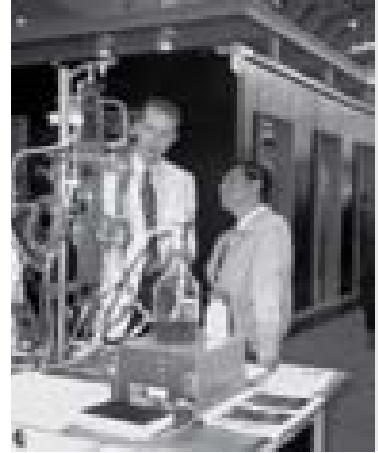
Wege ebnet das Technologie-Transfer-Büro auch jungen Wissenschaftlern, die sich zu dem Schritt in die Selbstständigkeit entschlossen haben. In der Vorbereitungsphase liegt der Schwerpunkt der Unterstützung bei persönlicher Beratung und Weiterqualifizierung der Gründer, Erstellung eines Businessplans sowie der Markterkundung – häufig über gemeinsame Auftritte auf Messen. In der Gründungsphase können die jungen Unternehmen bei Bedarf Räume und Geräte im Forschungszentrum nutzen, als Lizenznehmer des Zentrums neuartige Produkte fertigen oder auch bei Forschung und Entwicklung mit dem Forschungszentrum kooperieren.

Forschung geschieht zunehmend nicht nur fachübergreifend, sondern auch in nationaler und internationaler Zusammenarbeit. Daher kooperiert das Forschungszentrum Jülich weltweit mit rund 2000 Partnern. Aufgrund der großen Bedeutung der Forschungsergebnisse für die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands spielt dabei die intensive Zusammenarbeit mit der Industrie eine herausragende Rolle. Dabei reicht der am Bedarf der Wirtschaft orientierte Technologietransfer von gemeinsamen Projekten über Patente bis zu einer steigenden Anzahl an Lizenzvereinbarungen. Und das ermöglicht den Unternehmen, die Herausforderungen eines globalen Marktes anzunehmen. Denn ein zunehmender internationaler Verdrängungswettbewerb, kurze Innovationszyklen, steigende Kundenanforderungen und veränderte gesellschaftliche Rahmenbedingungen verlangen die ständige Bereitschaft, neue Ideen, Verfahren und Technologien hervorzubringen oder zu adaptieren. So bildet der Technologietransfer langfristig eine tragende Säule für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Das unterstreicht nicht zuletzt die Umsetzung von über 80 Prozent der Jülicher Erfindungen in neue Produkte oder Verfahren in Industrie und Forschung.

Exemplarisch für eine erfolgreiche Historie des Technologietransfers stehen folgende Projekte:

Entdeckung des GMR-Effekts spült über 10 Mio. Euro in die Kassen – Revolution in der Datenspeichertechnologie

Festplatten finden sich in jedem PC oder Notebook. Unter der Bezeichnung Microdrives halten die Datenträger zurzeit Einzug in digitale Kameras, MP3-Player und zahlreiche andere mobile Endgeräte. Der Vorteil der Laufwerke: Sehr kurze Zugriffszeiten und eine hohe Speicherdichte. Der Sprung von der 1-Gigabyte-Klasse hin zu einer Verzehnfachung der Speicherkapazität ist der Entdeckung des Riesen-Magneto-Widerstandseffekts (engl. GMR, Giant Magneto Resistance) durch den Jülicher Forscher Prof. Dr. Peter Grünberg zu verdanken. Auf diesem Phänomen basierend wurden neuartige Leseköpfe entwickelt und die Datenauslesetechnik revolutioniert.



Die Biotechnica ist die Fachmesse für biotechnologische Produkte.

Biotechnica is the specialist fair for biotechnological products.

The Technology Transfer Bureau also advises young scientists who wish take that step and set up their own businesses. In the early stage of new ventures, the Bureau provides personal consulting services and training for young entrepreneurs. It also helps them to develop business plans and to assess their market prospects – quite often with joint presentations at trade fairs. While their company is being established, the young entrepreneurs can use the facilities and equipment at the Centre if required, manufacture new products under license, and cooperate with the Research Centre on research and development projects.

In addition to becoming more and more interdisciplinary, research activities are also being conducted in the form of national and international cooperations. Altogether, Research Centre Jülich cooperates with approximately 2,000 partners worldwide. Due to the significance of the research results for Germany's economic development, intense cooperation with industry plays a key role in the Centre's activities. Here, technology transfer activities are geared towards industry's needs and extend from joint projects and patents to an increasing number of licensing agreements. This enables companies to meet the challenges of today's global market, in which increasingly fierce international competition, short innovation cycles, rising customer expectations and changing social conditions compel companies to be continually prepared to generate or adapt new ideas, processes and technologies. Technology transfer is thus a mainstay of long-term German economic development. Its significance is underscored by the fact that more than 80 % of inventions "made in Jülich" have since been implemented in new products or processes in industry and research.



Der GMR-Effekt revolutionierte die Herstellung von Computer-Festplatten.
The GMR effect revolutionised the production of hard drives in computers.

The following projects are excellent examples of Jülich's successful track record when it comes to technology transfer:

Discovery of the GMR effect has generated more than € 10 million: revolution in data storage technology

Hard disks can be found in every PC and laptop. They are also used in digital cameras, MP3 players and many other mobile terminals, but here they are known as "micro-drives". These drives offer the benefits of quick data retrieval and a high storage density. The leap from the one-gigabyte storage capacity class to ten times that amount was made possible by the discovery of giant magnetoresistance (GMR) by Jülich researcher, Professor Peter Grünberg. This phenomenon enabled the development of completely new types of read heads that revolutionised data reading technology. More than 90 % of the read heads on the market today are based on the

Inzwischen fußen mehr als 90 Prozent der Leseköpfe auf dem GMR-Effekt. Bis heute profitieren 14 internationale Lizenznehmer von dieser Grundlagenforschung. Den Jülichern bescherte die Entdeckung Lizenzeinnahmen von mehr als 10 Mio. Euro.

Bakterien in der Aminosäure-Fabrik –

Mit effizienten Methoden zum Tierfutterzusatz

Nicht alle Substanzen, die Mensch und Tier zum Leben benötigen, kann der Körper in Eigenregie herstellen. Einige, so genannte essenzielle Aminosäuren, wie L-Isoleucin, L-Lysin oder L-Valin, müssen mit der Nahrung zugeführt werden. Eine Synthese durch klassische chemische Verfahren macht wirtschaftlich keinen Sinn. Aber bestimmte Bakterien sind in der Lage, diese Moleküle aus preiswerten Ausgangsstoffen wie z. B. Zucker herzustellen. Jülicher Wissenschaftlern ist es gelungen, in den Regulierungsmechanismus der Bakterien einzugreifen und sie zu einer weitaus höheren Produktion anzuregen. In einer seit 1979 erfolgreich laufenden Kooperation mit Degussa produziert das renommierte Chemieunternehmen auf dieser Basis sehr erfolgreich hochwertigen Tierfutterzusatz. Aber auch als Bestandteile von Infusionslösungen und Sportlerernährung gewinnen so hergestellte Aminosäuren zunehmend an Bedeutung.

Blick in den Boden – Pflanzenschutz durch optimale Dosierung von Herbiziden und Insektiziden

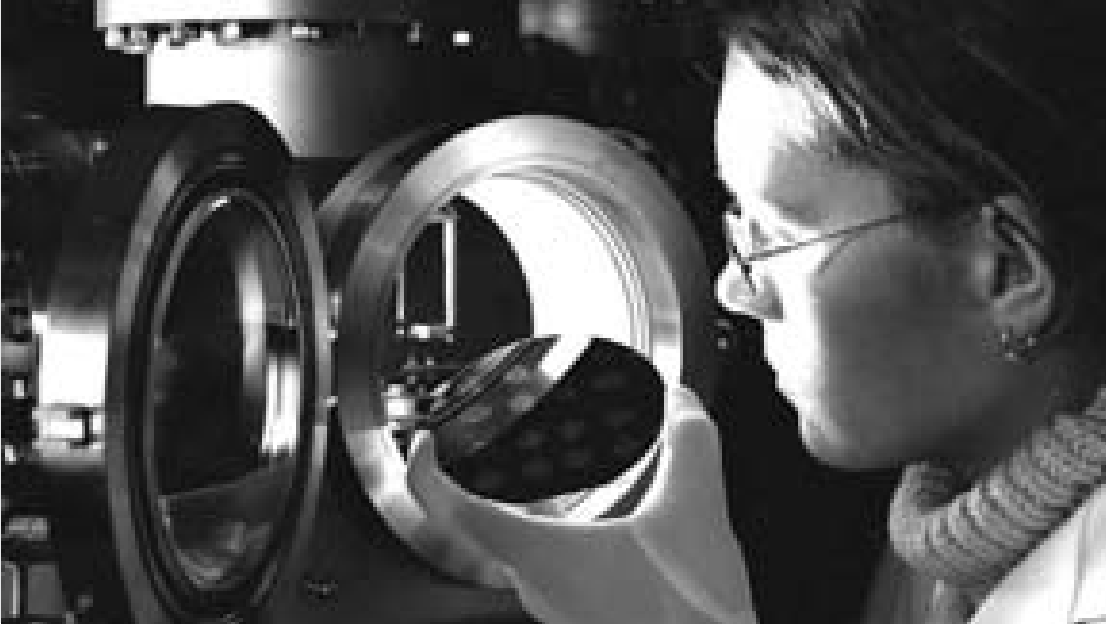
Die Erträge in der Landwirtschaft sind stetiger Bedrohung ausgesetzt. Unzählige Insekten und Unkraut setzen den Nutzpflanzen in erheblichem Maße zu. Um ihre Ernte zu sichern, setzen Landwirte im konventionellen Anbau auf den Einsatz bewährter Pflanzenschutzmittel. Doch wie ermittelt man die optimale Dosierung? Die Lösung lautet: durch den Einsatz eines Lysimeters. Mit Hilfe dieses in Jülich entwickelten realitätsnahen Versuchsaufbaus lassen sich wichtige Informationen zum Verhalten von Agrochemikalien sowohl in der Pflanze als auch im Boden gewinnen. Diese Daten benötigen beispielsweise die Hersteller von Herbiziden, Fungiziden oder Insektiziden für die Zulassung dieser Pflanzenschutzmittel und die Festlegung einer adäquaten Dosierung.

Berührungslos und fast ohne Verschleiß –

Lebensrettende Herzpumpe dank Jülicher Magnetlager

Weltweit warten rund 15 Millionen chronisch herzkrank Menschen auf eine Transplantation. Demgegenüber stehen lediglich 2500 Spenderherzen. Die einzige Alternative, Leben zu retten, ist eine implantierbare Herzpumpe. Sie übernimmt die blutfördernde Funktion des lebenswichtigen Organs. Bei der im Forschungszentrum Jülich entwickelten Magnetlager-Technologie lagert der Rotor berührungslos und nahezu verschleißfrei im Inneren des Geräts zwischen Permanentmagneten. Da der Rotor kei-

GMR effect, and 14 international licensees have profited to date from the basic research that led to its discovery. The GMR effect has also generated more than € 10 million in licensing fees for Research Centre Jülich.



Ein „Sandwich“ dünner magnetischer und unmagnetischer Schichten zeigt den Riesen-Magneto-Widerstand und erhöht die Speicherdichte digitaler Informationen erheblich.

A “sandwich” of thin magnetic and non-magnetic layers exhibits giant magnetic resistance and considerably increases the storage density for digital information.

Bacteria in the amino acid factory:

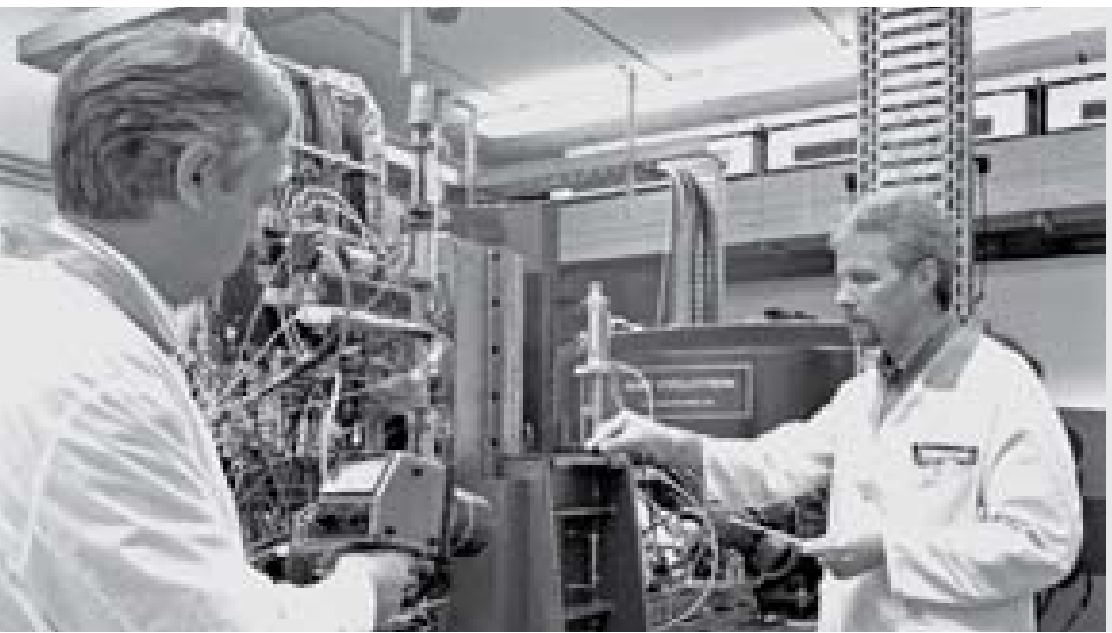
efficient methods for producing animal feed additives

Not all of the substances that human beings and animals require for survival can be produced by the body. Several essential amino acids, such as L-isoleucine, L-lysine and L-valine, must be added to foods. Synthesising such acids using traditional chemical processes makes no economic sense. However, certain types of bacteria are capable of producing these molecules from inexpensive substances such as sugar. By successfully modifying the regulatory processes of such bacteria, researchers in Jülich induced them to produce much larger quantities of the acids than would normally be the case. In 1979, a cooperation was formed with Degussa, which has allowed the chemical giant to successfully produce a high-quality animal feed additive on the basis of the Jülich technique. Amino acids produced in this manner are also becoming increasingly important as ingredients for infusions and sports foods and drinks.

Looking into the soil: top crop protection through optimal doses of herbicides and insecticides

Earnings within the agricultural sector are constantly under threat by countless insects and weeds that can damage crops. To protect their crops, farmers generally turn to proven crop-protection products. But how do they know how much to spray? The answer is to use a lysimeter. With the aid of this realistic experimental set-up developed in Jülich, important information can be gained on the behaviour of agricultural chemicals both in plants and the soil. Manufacturers of herbicides, fungicides and insecticides

nerlei Berührung zum Gehäuse der Pumpe hat, entsteht auch praktisch keine Reibungswärme, und das Blut kann sehr schonend transportiert werden. Doch diese innovative Technologie ist nicht nur in der Medizin im Einsatz. Sie versieht ihren Dienst ebenso in Turbomolekularpumpen, Gasreibungsvakuummetern und Choppersystemen.



Energiequellen der Zukunft – Jülicher Weltrekord bei der Leistungsfähigkeit von Brennstoffzellen

Dauerhaft hohe Energiepreise und ein Schwinden der Ressourcen fossiler Energieträger läuten langsam, aber sicher ein neues Zeitalter der Energietechnologie ein. Auch der Ruf der Gesellschaft nach umweltschonenden, nachhaltigen Energieträgern erfordert ein Umdenken in der Energiepolitik. Viel versprechend ist die Entwicklung von Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Dabei nimmt das Forschungszentrum Jülich eine Vorreiterrolle ein. Im Jahre 2004 setzten die Jülicher bei der Leistungsfähigkeit bereits eine neue Bestmarke. Der Vorteil dieser Technologie: Aus Brennstoffen wie Wasserstoff und Erdgas lässt sich besonders viel Strom und Wärme gewinnen, wobei im Wasserstoffbetrieb überhaupt kein Kohlendioxid entsteht.

Software aus Jülich weltweit im Einsatz – Reaktorsicherheit im Visier

International wird weiterhin verstärkt auf den Einsatz der Kernenergie gesetzt. Ein wesentlicher Aspekt bei der Nutzung dieser Energie ist die Sicherheit der Anlagen. Gemäß den Anforderungen an eine katastrophensichere Kerntechnik werden das technische Potenzial sowie die Sicherheitseigenschaften von Kernreaktoren und anderen kerntechnischen Einrichtungen theoretisch untersucht. Dies geschieht auf internationaler Ebene mit Software

Radiopharmaka, hergestellt mit dem Jülicher Babyzyklotron, machen ohne chirurgische Eingriffe Stoffwechselfunktionen im lebenden Organismus sichtbar.

Radiopharmaceuticals, developed using the Jülich baby cyclotron, make the metabolic functions of living organisms visible without surgical intervention.

require such data, for example, in order to gain approval of their crop-protection products and to determine their proper dosage.

No friction and practically no wear and tear:

lifesaving heart pump thanks to Jülich magnetic bearing

Some 15 million chronically ill cardiac patients around the world are currently waiting for a heart transplant. However, only 2,500 donor hearts are available. The only alternative to save lives is an implantable heart pump, which takes over the blood circulation function of this vital organ. Using the magnetic bearing technology developed by Research Centre Jülich, the rotor is held without contact inside the device between permanent magnets. As a result, it is practically immune to wear and tear. Moreover, because the rotor has absolutely no contact with the pump's housing, there is virtually no frictional heating and the blood can be transported without damage. This innovative technology is not only being used for medical applications; it can also be found in turbo-molecular pumps, spinning rotor gauges and chopper systems.

Jülich researchers set new world record for energy

output: fuel cells – energy source of the future

Permanently high energy prices and the depletion of fossil fuel resources are slowly but surely ushering in a new era in energy technology. The growing public demand for environmentally friendly and sustainable forms of energy necessitates a shift in attitudes towards energy policy. The high-temperature fuel cell holds much promise. Research Centre Jülich is leading the way forward. In 2004, Jülich scientists set a new world record for the performance efficiency of fuel cells. The advantage of this technology is that it can be used to generate especially large amounts of electricity and heat from alternative fuel sources such as hydrogen and natural gas. In addition, hydrogen-based fuel cell systems produce absolutely no carbon dioxide. For companies from various industrial sectors, such as the automobile manufacture BMW, which cooperates closely with Research Centre Jülich, these are very strong arguments in favour of using fuel cells.

Software from Jülich used round the world:

focusing on reactor safety

As nuclear power continues to make an important contribution to the international energy mix, safety at nuclear power plants remains a key issue. In line with the requirements for catastrophe-free nuclear energy, the technical potential and safety features of nuclear reactors and other nuclear facilities are being theoretically examined. This is being done on an international scale with software from Jülich. In this way, Research Centre Jülich will continue to make a key contribution to the safe and peaceful use of nuclear energy.

aus Jülich. So leistet das Forschungszentrum Jülich auch zukünftig einen entscheidenden Beitrag zur sicheren friedlichen Nutzung von Kernenergie.

Stoffwechselfunktionen werden sichtbar –

Radiopharmaka erleichtern Diagnose von Krankheiten

Radiopharmaka sind Arzneimittel, die Radionuklide enthalten. Ihr besonderer Nutzen für die Diagnose von Erkrankungen liegt darin, dass sie ohne operative Eingriffe Stoffwechselfunktionsstörungen sichtbar machen können und dabei den Patienten nur einer geringen Strahlenbelastung aussetzen. So können selbst kleinste pathologische Veränderungen im Körper, die sich durch einen abweichenden Stoffwechsel bemerkbar machen, aufgespürt werden. Das Forschungszentrum Jülich verfügt über langjährige Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung dieser Substanzen. Durch die Bereitstellung von 18-Fluor markierter Glukose (FDG) für die Positronen-Emissions-Spektrometrie (PET) wird jährlich mehr als 1000 Menschen eine Untersuchung beispielsweise bei Hirntumoren ermöglicht. Lizenzeinnahmen von gut 600.000 Euro belegen die Bedeutung.

Jülicher Know-how sorgt für Leistungsschub –

Neue Werkstoffe für innovative Technologien

In Gasturbinen, Brennstoffzellen oder als Hüftimplantate – neue Werkstoffe sorgen stets für eine deutliche Leistungsverbesserung. Jülicher Wärmedämmschichten ermöglichen bei Gasturbinen höhere Betriebstemperaturen in der Brennkammer und auf den Turbinenschaufeln und können Strom daher erheblich effektiver und damit umweltschonender herstellen. Um die Erzeugung von elektrischer Energie geht es auch bei den Brennstoffzellen. Auch hier stellen hohe Temperaturen hohe Anforderungen an das Material. Mit ThyssenKrupp hat das Forschungszentrum einen kompetenten Entwicklungspartner für die großindustrielle Umsetzung neuer Materialien gefunden. Auch BMW erprobt das Material bereits in Prototypen.

Modulares Ausbildungskonzept mit Lernzielkontrolle –

MONALISA fördert Technologietransfer in der Ausbildung

Für die zeitgemäße Ausbildung von Elektronikern wurde von Jülicher Ausbildern das Projekt MONALISA entwickelt. Im Mittelpunkt des modularen Ausbildungskonzepts steht dabei ein multifunktionales Netz- und Prüfgerät, das im Laufe der Ausbildung von den Azubis selbst schrittweise hergestellt wird. Dabei stehen für jeden Projektbaustein Unterlagen mit Leittexten, Stücklisten, Konstruktionsplänen, Datenblättern und Lernzielkontrollen zur Verfügung. Dieses Konzept ist inzwischen durch entsprechende Lizenzierung international im Einsatz und belegt, dass das Forschungszentrum auch in der Ausbildung Maßstäbe zu setzen weiß.



Magnetische Lagerung, hier demonstriert an einer frei schwebenden Eisenkugel, ist unter anderem in Herzpumpen im Einsatz und rettet damit Leben.

Magnetic suspension, demonstrated here with a freely suspended iron ball, has a number of applications including its use in heart pumps where it helps to save lives.

Making metabolic functions visible:***radiopharmaceuticals facilitate the diagnosis of illnesses***

Radiopharmaceuticals are medicinal products that contain radioactive nuclides. Their ability to make disorders in metabolic function visible without any need for invasive techniques makes them particularly useful in diagnosing illnesses. What's more, patients are only exposed to small doses of radiation in the process. Even tiny pathological changes that manifest themselves as metabolic irregularities can be identified using such substances. Research Centre Jülich already has many years experience in the development and production of radio pharmaceuticals. By providing 18-fluorine labelled glucose (FDG) for positron emission spectrometry (PET) more than 1,000 people can be examined per annum for potential illnesses such as brain tumours. Licensing fees totalling more than € 600,000 illustrate just how important such applications are.

Jülich know-how boosts performance:***new materials for innovative technologies***

In gas turbines, fuel cells or hip implants – new materials significantly boost performance in a variety of areas. For example, thermal barrier coatings made in Jülich make it possible to achieve higher operating temperatures in gas turbine combustion chambers and on turbine blades. Power generation is much more efficient and more environmentally friendly as a result. When it comes to producing electrical energy, fuel cells are also involved. High temperatures make high demands on the materials involved here too. In ThyssenKrupp, Research Centre Jülich has a competent development partner for the industrial application of new materials. BMW is also testing new materials from Jülich in its prototypes.

Modular training concept with progress monitoring:***"MONALISA" promotes technology transfer in training***

Training experts at Research Centre Jülich launched the MONALISA project in order to ensure that electronics engineers receive state-of-the-art training. At the heart of the modular training concept is a multi-functional power supply and testing unit that the trainees gradually build during the programme. Documents containing explanatory texts, parts lists, design plans, data sheets and guides for progress monitoring are provided for each module. This training concept, which is now being employed under license around the world, illustrates that the Research Centre is also setting standards in the area of staff training.

Hochauflösende Mikroskopie ermöglicht innovative Werkstoffe – Willkommen in der Nanowelt

Computerchips werden von Generation zu Generation immer leistungsfähiger. Immer mehr Transistoren lassen sich im Prozessor auf immer engerem Raum unterbringen. Der Leistungsgewinn stößt jedoch aufgrund der extremen Wärmeentwicklung der Komponenten an seine Grenzen. Neue Materialien auf der Nanometerebene müssen analysiert werden. Um die Forschung und Entwicklung vorantreiben zu können, bedarf es höchstauflösender Mikroskope, mit denen man die Atomstrukturen exakt auflösen kann. Mit der Gründung des „Ernst Ruska-Centrums für höchstauflösende Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen“ und der Entwicklung äußerst leistungsfähiger Mikroskope schafften das Forschungszentrum Jülich und die RWTH Aachen die Voraussetzungen dafür.

Isotopenanalyse ermittelt Herkunft von Lebens- und Futtermitteln – Dem Etikettenschwindel auf der Spur

Mit der Analyse stabiler Isotope lässt sich die Herkunft vieler Lebensmittel eindeutig feststellen. Das Verfahren basiert auf der Tatsache, dass praktisch alle Elemente, auch solche wie Sauerstoff, Stickstoff oder Schwefel, aus denen unsere Nahrung besteht, in unterschiedlich schweren Varianten, so genannten „Isotopen“, vorkommen. Die Wissenschaftler ermitteln, in welchem Verhältnis die Isotope eines Elements in einer Probe vorliegen. Dieser Isotopen-„Fingerabdruck“ ist charakteristisch für eine bestimmte geographische Region. Somit lässt sich für Wein, Karotten, Äpfel, Spargel ebenso wie für Schweine- oder Rindfleisch und Eier die Herkunft anhand umfangreicher Datensätze ermitteln. Diese zunächst im Forschungszentrum etablierte Analytik mündete 2001 in einer Ausgründung durch einige der damaligen Mitarbeiter. Der im Technologiezentrum Jülich ansässigen Agrolab GmbH ist es gelungen, dieses Verfahren erfolgreich im Markt zu etablieren.

Silizium-Dünnschichtsolarzellen auf dem Vormarsch – Mit Sonnenlicht zum preiswerten Strom

Sonnenlicht preiswert und direkt in elektrischen Strom zu transformieren, ist das Ziel moderner Energieforschung. In Kooperation mit mehreren Industriepartnern und Universitäten entwickelte das Forschungszentrum Jülich vergleichsweise kostengünstige Silizium-Dünnschichtsolarzellen. Aufgrund des gesteigerten Wirkungsgrads großflächiger Module im Langzeitbetrieb und der Senkung der Herstellkosten ist ein Durchbruch in greifbare Nähe gerückt. Mit den Industriepartnern wird nun eine Produktionslinie für Solarmodule mit einem deutlich höheren Wirkungsgrad aufgebaut.

High-resolution microscope enables production of innovative materials: welcome to the nanoworld

Computer chips are becoming increasingly more powerful from generation to generation, and more and more transistors can now be accommodated on ever-smaller processors. However, this increase in performance is reaching its limits because the components involved get extremely hot very quickly. New materials must be analysed at the nano level. In order to further research and development, we require extremely high-resolution microscopes that are capable of revealing atomic structures in minute detail. Research Centre Jülich and RWTH Aachen University have created the conditions necessary for this development by establishing the Ernst Ruska Centre for Microscopy and Spectroscopy with Electrons, and by developing extremely powerful microscopes. Germany has thus won a place at the international scientific and industrial table of nanoelectronics.



Hochauflösende Mikroskope machen den Wissenschaftlern Dinge sichtbar, die sich dem menschlichen Auge verschließen.

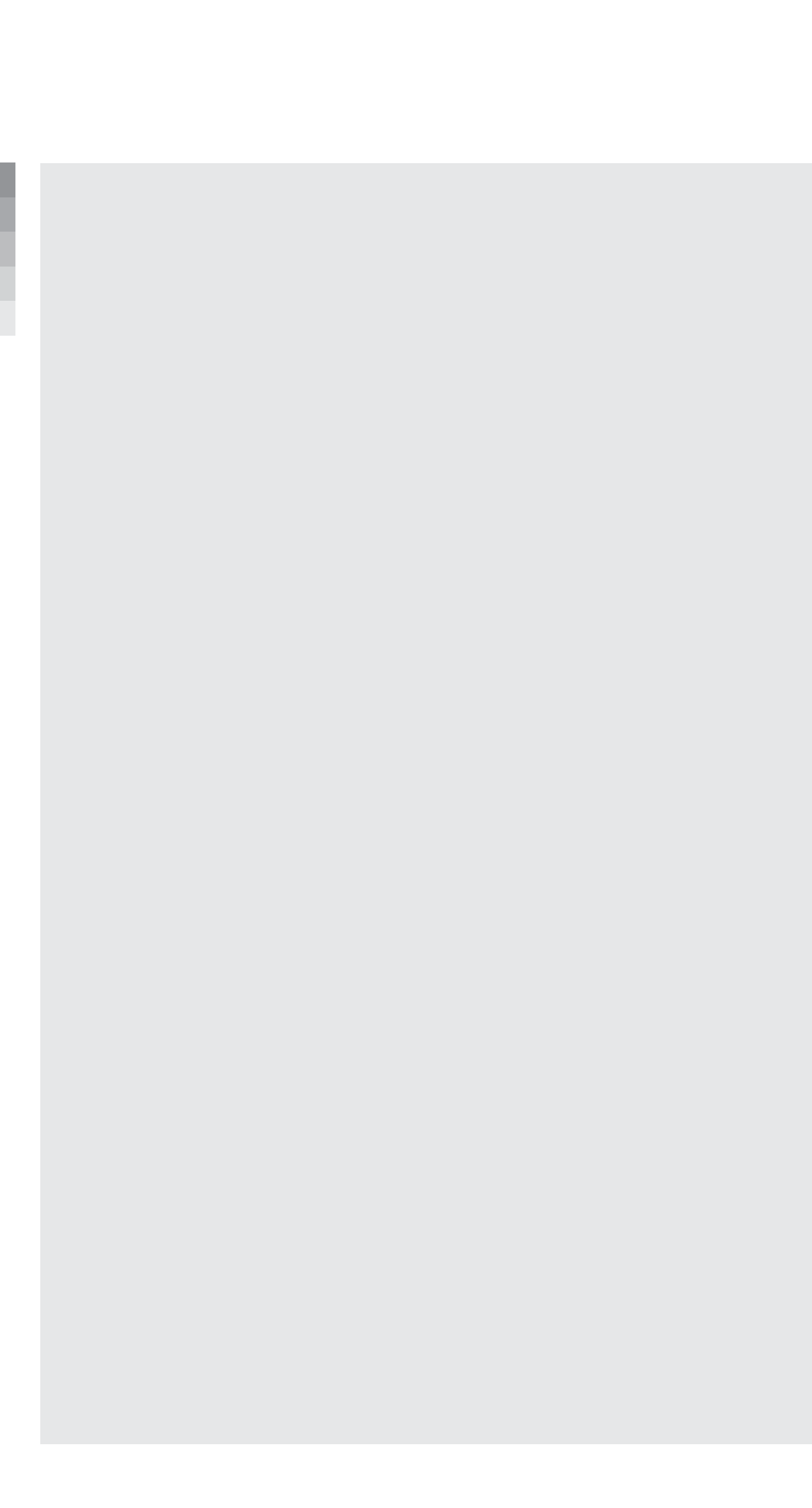
High-resolution microscopes reveal things to scientists that are invisible to the naked human eye.

Isotope analysis identifies the origin of foods: putting a stop to fraudulent labelling

The true origin of many types of food can be ascertained by analysing stable isotopes. The procedure is based on the fact that nearly all of the elements that our food is composed of – including oxygen, nitrogen and sulphur – occur as isotopes of various different weights. Scientists can determine the proportion of an isotope of a certain element in a sample. As this isotope “fingerprint” is characteristic of a specific geographic region, the geographic origin of products like wine, carrots, apples, asparagus and even pork, beef and eggs can be identified using extensive sets of data. This analytical method, which was initially developed at Research Centre Jülich, provided the launching pad for a spin-off company founded by some of the Research Centre’s staff in 2001. Having begun its operations at the Jülich Technology Centre, the new company, Agroisolab GmbH, successfully established the isotope analysis procedure on the market.

Thin-film silicon solar cells gaining ground: sunlight for low-cost electricity

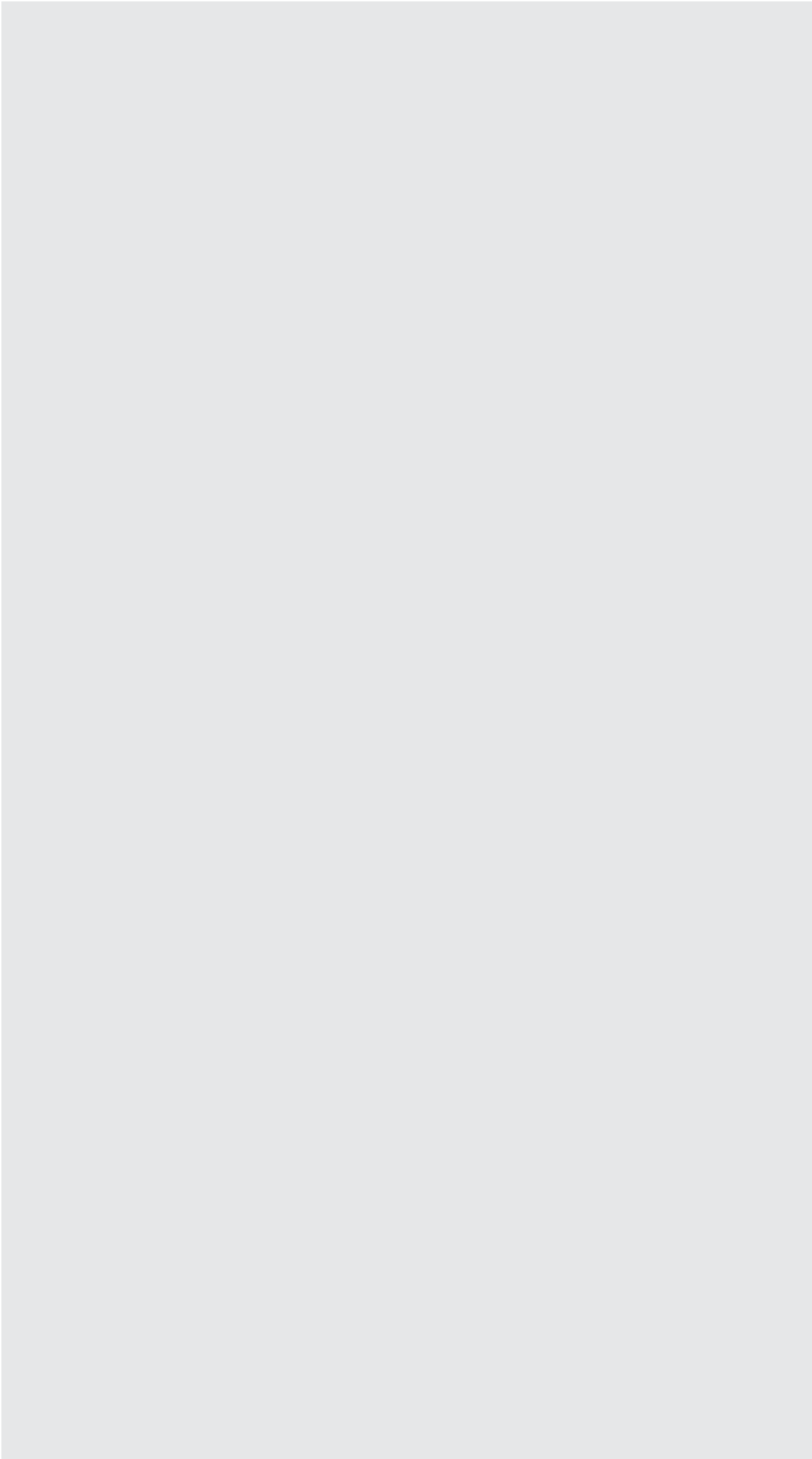
One of the goals of modern energy research is to directly transform sunlight into electrical energy at low cost. In co-operation with several industrial partners and universities, Research Centre Jülich has developed a comparatively low-cost thin-film silicon solar cell. Thanks to improved efficiency achieved by large-area modules in long-term operation and reduced manufacturing costs, a breakthrough is now on the cards. In cooperation with its industrial partners, Research Centre Jülich is now constructing a production line for solar modules with significantly higher efficiency ratings.



Chronologie großer Momente *Big Events*

Ein Gang durch die Geschichte des Forschungszentrums von 1956 bis 2006
A Stroll through the History of the Research Centre 1956 – 2006





Gründung

Landtag NRW beschließt

Gründung eines Atomforschungszentrums

1956

Foundation

State Parliament of North Rhine-Westphalia (NRW)

resolves to found an atomic research centre



Quelle/Source: Bildarchiv des Landtags Nordrhein-Westfalen

Am 11.12.1956 stimmt der Landtag von Nordrhein-Westfalen der Errichtung einer „Atomforschungsanlage“ zu – die Geburtsstunde unseres heutigen Forschungszentrums.

On 11.12.1956 the State Parliament of North Rhine-Westphalia votes to set up an "atomic research establishment" – this marks the birth of our present Research Centre.

Standortfestlegung

Standortfestlegung für die KFA

1957

Site selection

Site chosen for KFA



Der Stetternicher Staatsforst bei Jülich setzt sich am 19.11.1957 gegen 11 weitere Orte durch. Für Jülich ein Glücksfall, der zu wirtschaftlichem Aufschwung führte.
On 19.11.1957 a decision is made in favour of Stetternich Forest near Jülich in preference to 11 other sites. This was a stroke of luck for Jülich and led to an economic upturn.



Grundstein

Grundstein für das KFA-Gelände gelegt

1958

Foundation stone

Foundation stone laid for KFA campus



Fritz Steinhoff, damaliger NRW-Ministerpräsident, legt am 11.06.1958 den Grundstein für die erfolgreiche Forschung in Jülich.

Fritz Steinhoff, the then Prime Minister of NRW, lays the foundation stone for future research successes at Jülich on 11.06.1958

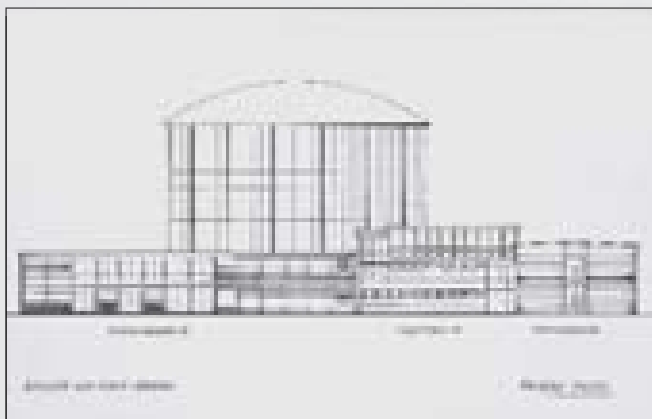
Richtfest

Richtfest für Forschungsreaktoren DIDO und MERLIN

1959

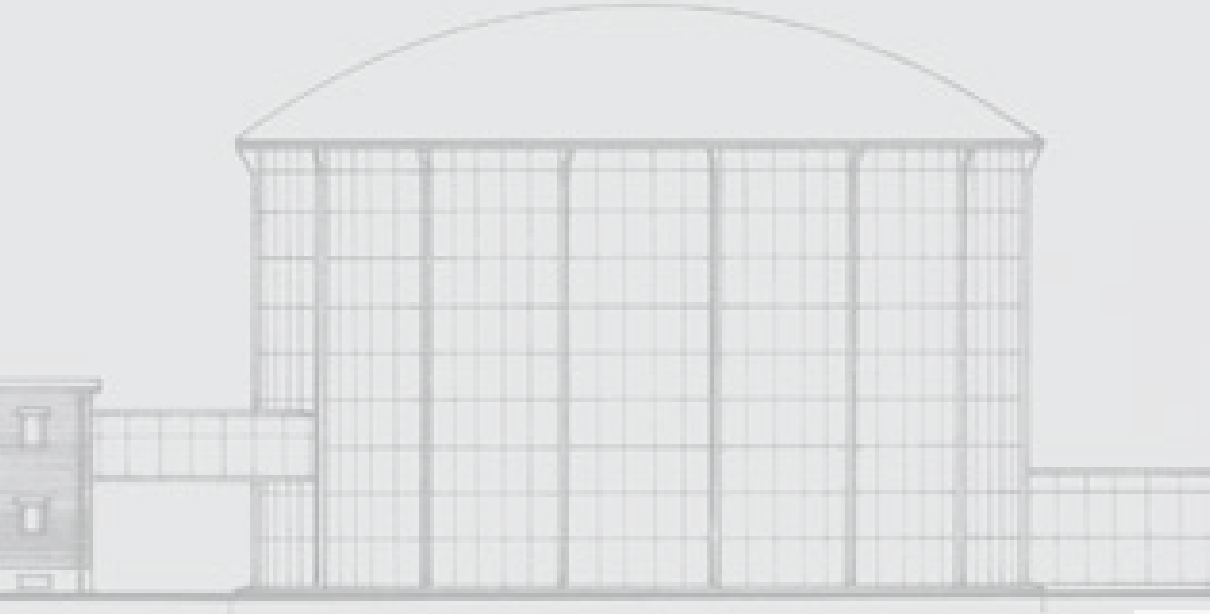
Topping-out ceremony

Topping-out ceremony for the two research reactors DIDO and MERLIN



Am 10.07.59 feiert man bereits Richtfest für die beiden Reaktoren MERLIN und DIDO. Nach vielen erfolgreichen Experimenten werden MERLIN 1985 und DIDO 2006 abgeschaltet. *The topping-out ceremony for the two reactors MERLIN and DIDO is held on 10.07.59. After many years of successful experiments MERLIN shuts down in 1985 and DIDO in 2006.*





Ein tonnenschweres Ungetüm, der Schwerwassertank des DIDO, wird montiert.
Schweres Wasser dient als Kühlmittel und Moderator im laufenden Betrieb.

A monster weighing several tonnes – DIDO's heavy water tank is installed. Heavy water serves as a coolant and moderator during operation.



Schwerwassertank

Tank für Forschungsreaktor DIDO geliefert

1960

Heavy water tank

Tank arrives for the DIDO research reactor



Der „Vater der Kernchemie“, Otto Hahn, und NRW-Ministerpräsident Franz Meyers (Foto) weihen die KFA am 28.09.1961 ein.

Otto Hahn, the “father of nuclear chemistry,” and the Prime Minister of NRW, Franz Meyers (photo), officially open KFA on 28.09.1961.

Einweihung

Einweihung der KFA durch
Ministerpräsident Franz Meyers und Otto Hahn

1961

Inauguration

*KFA officially opened by Prime Minister
Franz Meyers and Otto Hahn*

Vortrag

Die Entwicklung der KFA

1962

Speech

The development of KFA



Die Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich
des Landes Nordrhein-Westfalen -a.V.

(Vortrag des Ministerpräsidenten des Landes Nordrhein-
Westfalen vor dem Haupt-, dem Haushalts- und Finanz-
und dem Kulturausschuss des Landtages Nordrhein-Westfalen
bei deren gemeinsamer Sitzung am 10. Januar 1962)

Am 10.01.1962 hält Ministerpräsident Franz Meyers einen Vortrag vor Ausschüssen des NRW-Landtages. Bis dahin wurden rund 166 Mio. DM in Jülich investiert.

On 10.01.1962, Prime Minister Franz Meyers reports on KFA to committees of the NRW State Parliament. By that time about DM 166 million had already been invested in Jülich.

10 MW Nennleistung

Forschungsreaktor DIDO erstmals auf 10 MW Nennleistung

1963

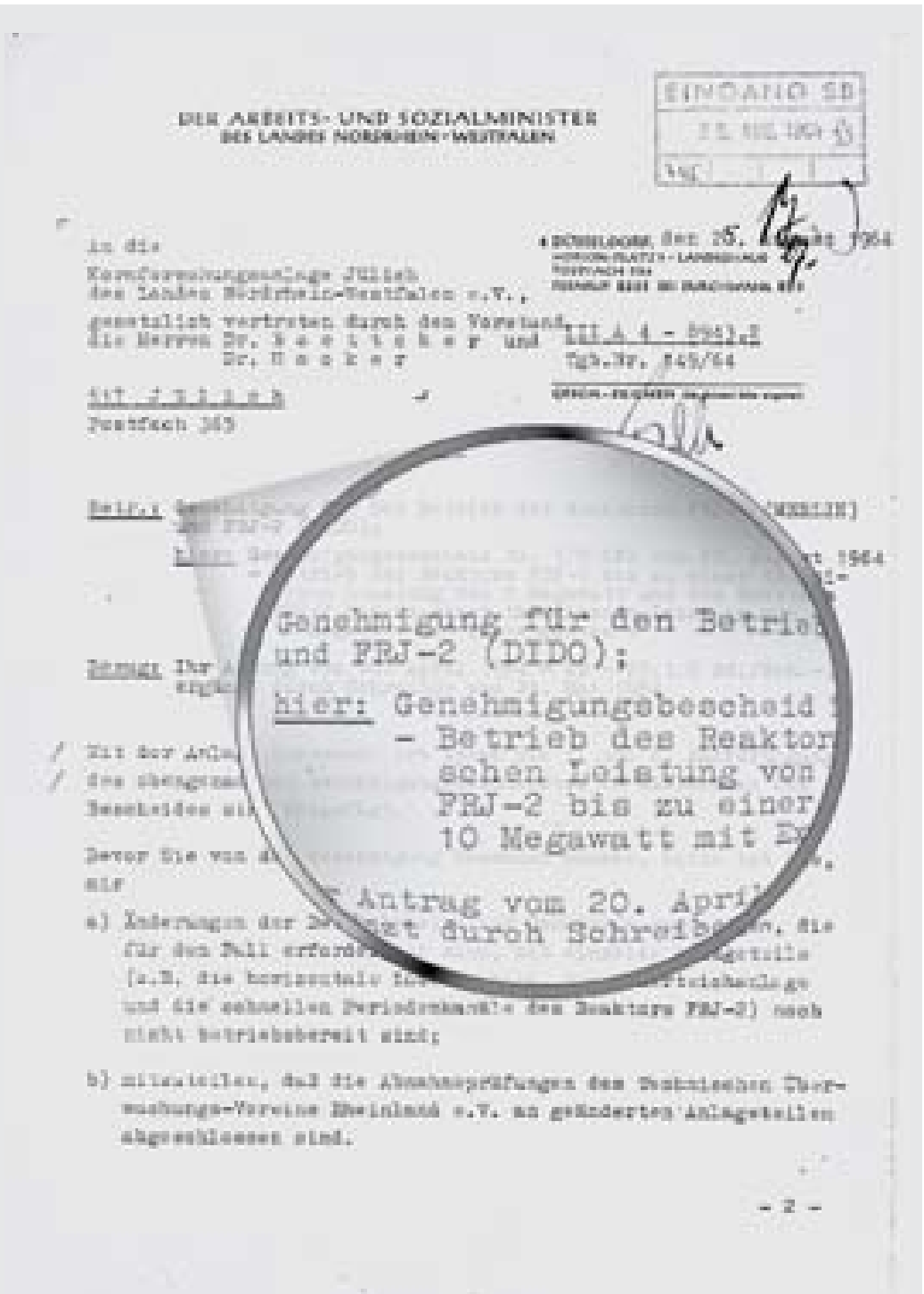
Nominal power of 10 MW

DIDO research reactor achieves a nominal power of 10 MW for the first time

Am 4. September 1963 erreichte der Reaktor FIU-2 zum ersten Mal seine volle Leistung von 10 MW. Insgesamt war der Reaktor ca. 400 Stunden in Betrieb und hat dabei ca. 1800 MWh geleistet.



Schon im September 1963 erreicht DIDO erstmals mit 10 MW seine Nennleistung.
DIDO already achieves its nominal power of 10 MW in September 1963.



Genehmigung

Genehmigungsbescheid vom Ministerium für DIDO

Der Arbeits- und Sozialminister des Landes NRW erteilt am 25.08.1964 der KFA die Genehmigung für den Leistungsbetrieb von MERLIN und DIDO. On 25.08.1964, the Ministry of Labour and Social Affairs of NRW grants KFA permission for the power operation of MERLIN and DIDO.

1964

Approval

Notice of approval for DIDO from the Ministry

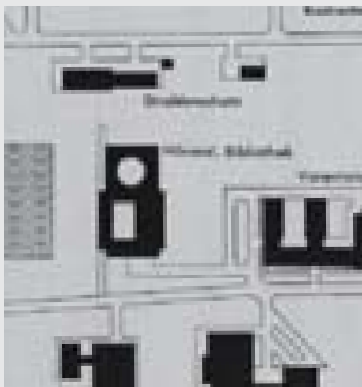
Vollendung

Hörsaal und Bibliotheksgebäude vollendet

1965

Completion

Lecture theatre and library building completed

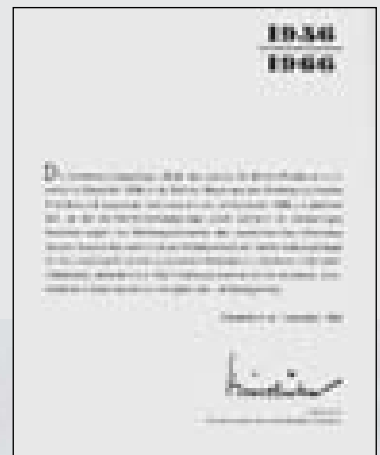


52 000 Bücher und 25 000 Zeitschriften ziehen nach über zweijähriger Bauphase in die neue Zentralbibliothek ein. Nach Plänen von Prof. Winter entstand ein modernes Gebäude.

After a construction phase of more than two years, the new Central Library becomes home to 52,000 books and 25,000 journals. The modern building was designed by Prof. Winter.

10 Jahre und kein bisschen leise. Die KFA feiert die erste Dekade ihres Bestehens. Das ist eine erste Festschrift wert.

Ten years old and alive and kicking: KFA celebrates its first decade. This is well worth a first commemorative publication.



Jubiläum

10 Jahre KFA

1966

Anniversary

KFA's 10th anniversary

Gesellschaftsvertrag

Gesellschaftsvertrag Bund/Land zur KFA-GmbH

1967

Partnership agreement

Partnership agreement between the Federal Government and
NRW: KFA now a limited company - GmbH

Die Erklärenden erklären, die Bundesrepublik Deutschland und das Land Nordrhein-Westfalen wollen eine GmbH gründen und schließen folgenden Gesellschaftsvertrag der "Kernforschungsanlage Jülich Gesellschaft mit beschränkter Haftung":



Gerhard Stoltenberg (re.), damals Wissenschaftsminister des Bundes, und NRW-Ministerpräsident Heinz Kühn (Mi.) unterzeichnen den Gesellschaftsvertrag für die „Kernforschungsanlage Jülich GmbH“; Land und Bund sind Gesellschafter. *Gerhard Stoltenberg (right), the then Federal Science Minister, and Heinz Kühn (centre), Prime Minister of NRW, sign the partnership agreement for “Kernforschungsanlage Jülich GmbH;” a limited company whose partners are the state of NRW and the federal government.*



Der Nachfolger Lübkes im Amt des Bundespräsidenten, Dr. Gustav Heinemann, besucht schon ein Jahr später das Forschungszentrum. Das unterstreicht die herausragende Stellung der Jülicher Forschung. *Lübke's successor as President, Dr. Gustav Heinemann, visits the Research Centre just a year later. This underlines Jülich's outstanding position in German research.*

Zu Gast

Bundespräsident Heinemann besucht die KFA

1969

Guest

Federal President Gustav Heinemann visits KFA

Hoher Besuch

Willi Brandt zu Gast

1970

A special visit

Willi Brandt comes to Jülich

1. Der oben stehende Text ist eine fiktive Darstellung eines Besuchs von Willi Brandt in Jülich.

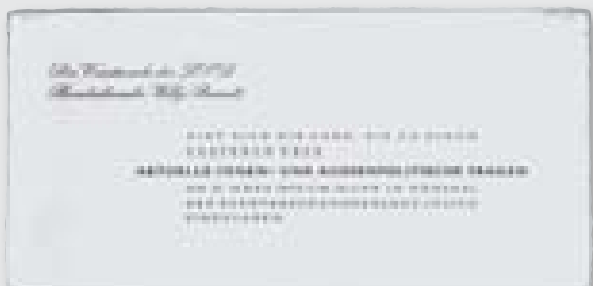
Die die Sachverhalte des Besuchs werden auf jeden Fall als fiktionalisiert betrachtet werden. Es ist nicht möglich, die Sachverhalte des Besuchs zu rekonstruieren, da es keine Aufzeichnungen gibt.

Der Besuch von Willi Brandt in Jülich wird nicht als ein Ereignis betrachtet, das die Beziehung zwischen der DDR und der BRD verbessert.

2. In einem Interview mit der Zeitung "Die Welt" am 1. März 1970 hat Willi Brandt erklärt, dass die DDR ein wichtiger Bestandteil der deutschen Einheit ist. Er hat auch erklärt, dass die DDR ein wichtiger Bestandteil der deutschen Einheit ist.

Die Frage des großen Interesses an der DDR ist ein Thema, das in der DDR sehr wichtig ist. Die DDR ist ein wichtiger Bestandteil der deutschen Einheit. Die DDR ist ein wichtiger Bestandteil der deutschen Einheit.

3. Die Bedeutung des Besuchs von Willi Brandt in Jülich ist ein Thema, das in der DDR sehr wichtig ist. Die DDR ist ein wichtiger Bestandteil der deutschen Einheit. Die DDR ist ein wichtiger Bestandteil der deutschen Einheit.



Bundeskanzler Willi Brandt besucht am 21.03.1970 die Jülicher Forschungsstätte.
Federal Chancellor Willi Brandt visits the Jülich research establishment on 21.03.1970.

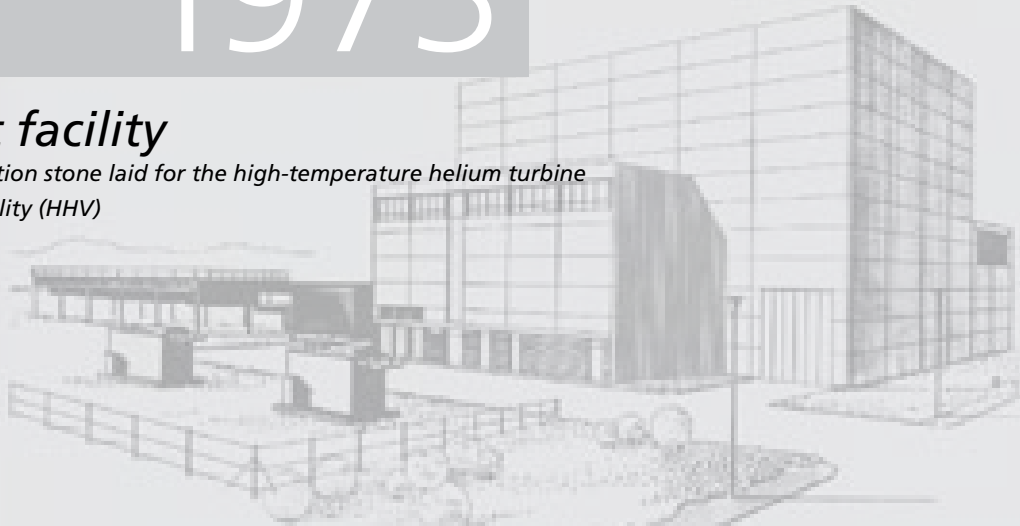
Versuchsanlage

Grundsteinlegung für die
Hochtemperatur-Heliumturbinen-Versuchsanlage HHV

1973

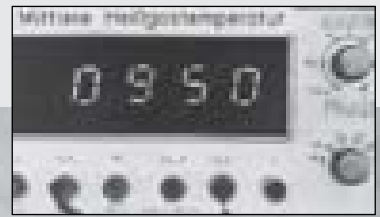
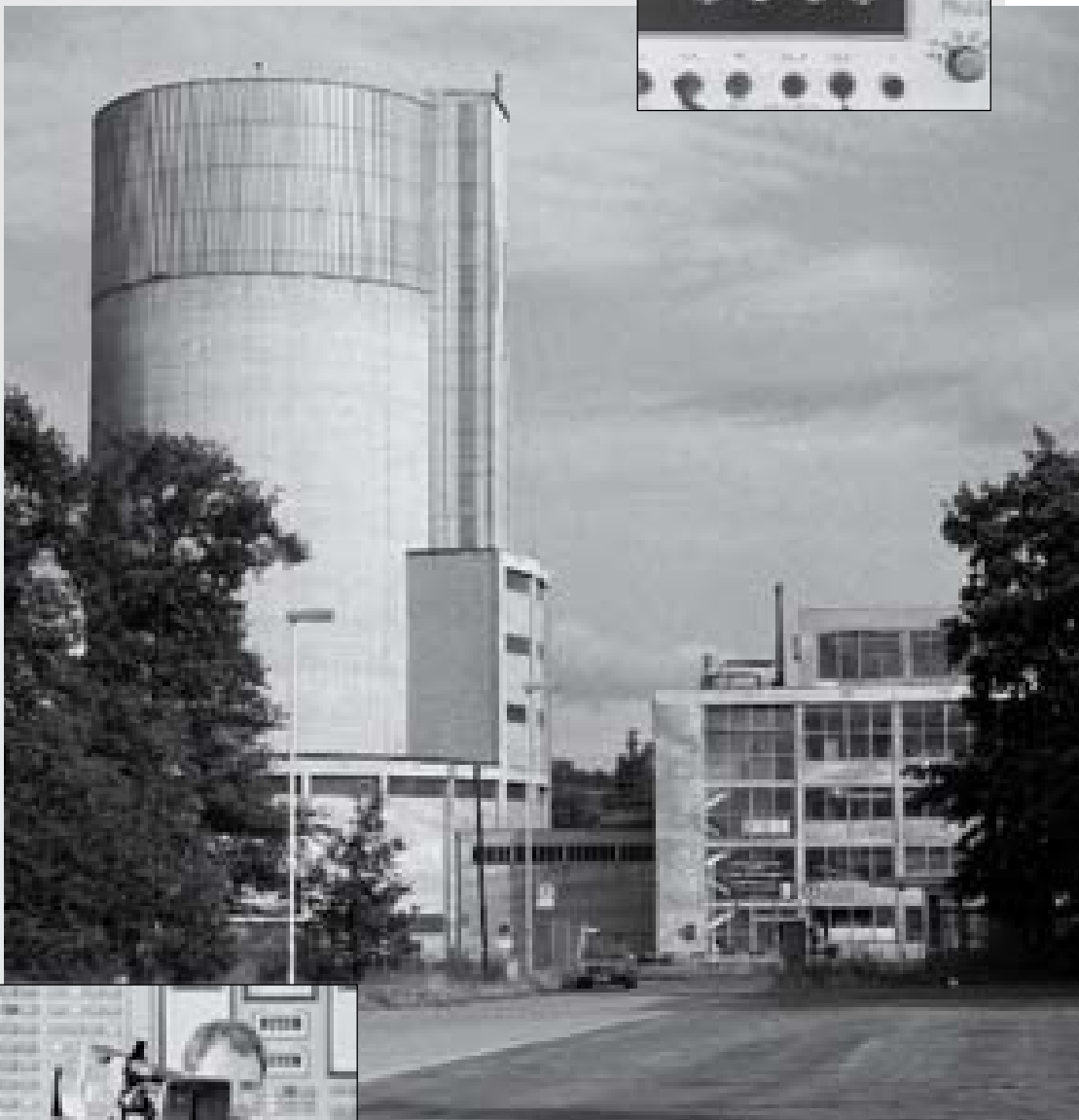
Test facility

Foundation stone laid for the high-temperature helium turbine test facility (HHV)



Die Hochtemperatur-Heliumturbinen-Versuchsanlage (HHV) soll demonstrieren, wie bis zu 1000 Grad heißes Helium aus dem Hochtemperaturreaktor eine Turbine und damit einen Generator antreiben kann. Die Grundsteinlegung erfolgte am 24.05.1973.

The high-temperature helium turbine test facility (HHV) is to demonstrate how helium from the high-temperature reactor, as hot as 1000 degrees, can drive a turbine and thus a generator. The foundation stone is laid on 24.05.1973.



950 Grad

Jülicher Hochtemperaturreaktor AVR erreicht 950 Grad

1974

950 Degrees

Jülich high-temperature reactor (AVR) reaches 950 degrees

Am 27.02.1974, um genau 9.50 Uhr, stellt der Jülicher Kugelhaufenreaktor der Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH (AVR) mit 950 °C Heißgastemperatur einen neuen Weltrekord auf. *At precisely 09:50 on 27.02.1974, the Jülich pebble-bed reactor of the AVR Experimental Nuclear Power Plant sets a new world record with a hot gas temperature of 950°.*

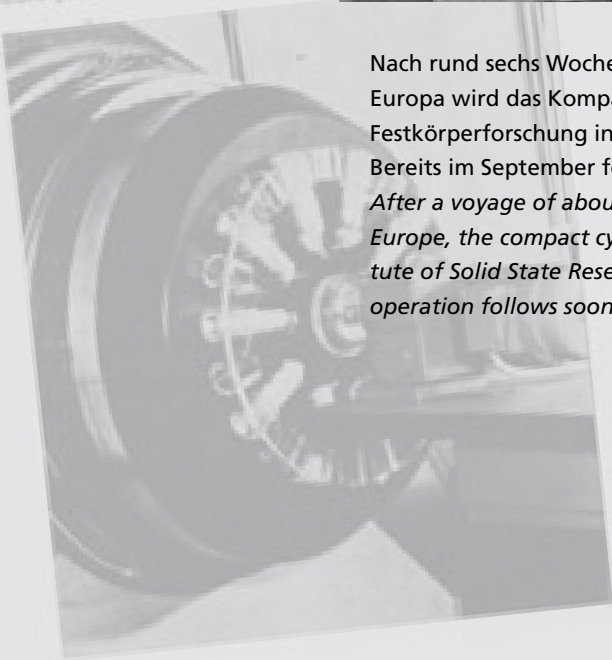
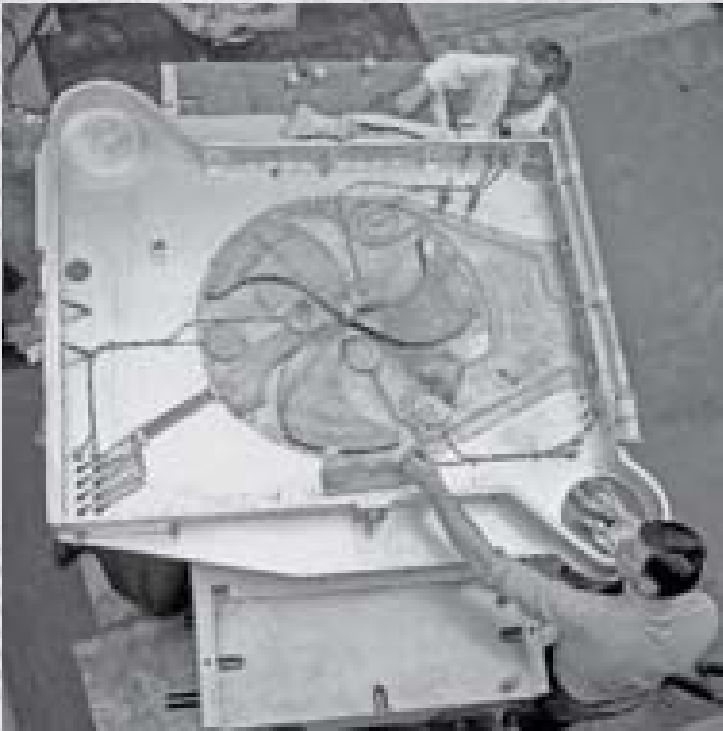
Zyklotron

Kompaktzyklotron installiert

1975

Cyclotron

Compact cyclotron installed



Nach rund sechs Wochen Seeweg von Kalifornien nach Europa wird das Kompaktzyklotron im Institut für Festkörperforschung in nur drei Tagen installiert. Bereits im September folgte der erste Probetrieb. After a voyage of about six weeks from California to Europe, the compact cyclotron is installed at the Institute of Solid State Research in just three days. First trial operation follows soon after in September.

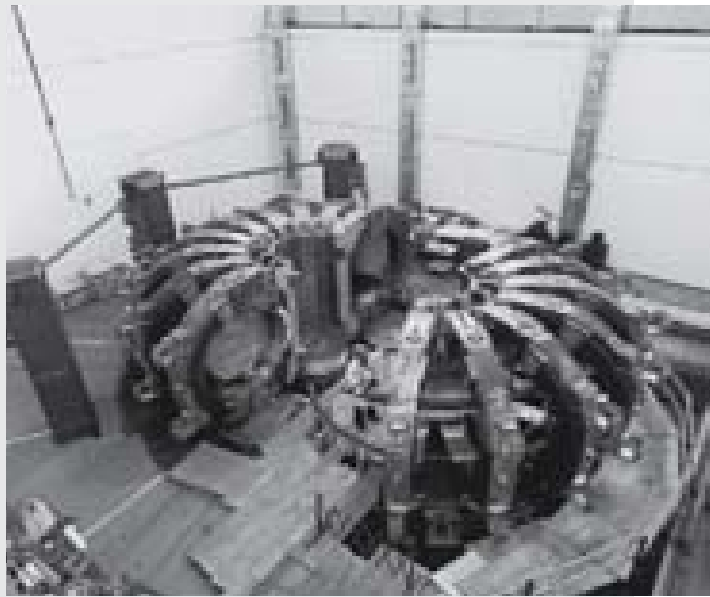
TEXTOR

Aufsichtsrat stimmt Bau von Textor zu

1976

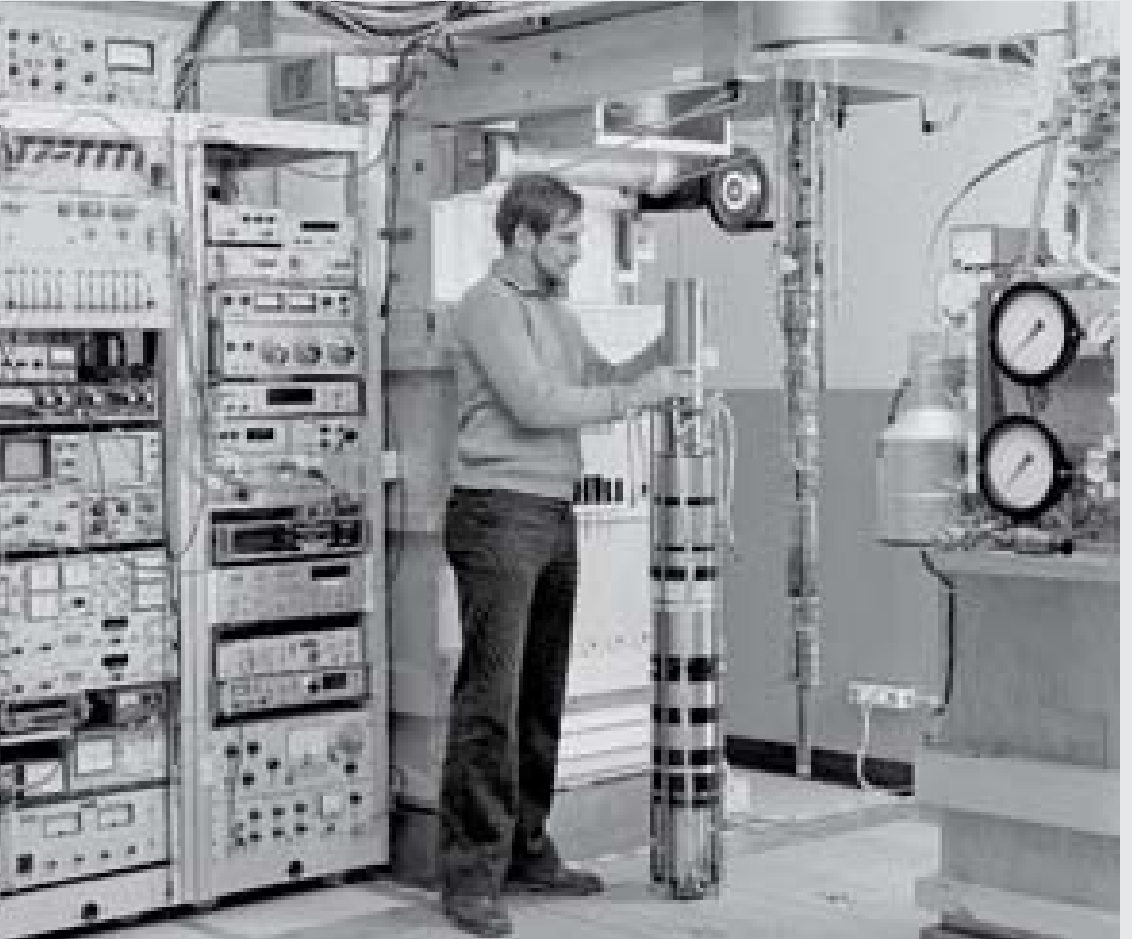
TEXTOR

Supervisory Board approves construction of TEXTOR



Am 29.10.1976 stimmt der Aufsichtsrat dem Bau von TEXTOR zu. TEXTOR ist ein wesentlicher Teil der europäischen Kernfusionsforschung.

On 29.10.1976, the Supervisory Board approves the construction of TEXTOR. TEXTOR is an integral part of European nuclear fusion research.



Kälterekord

Kälterekord auf 50 Mikrokelvin verbessert

1978

Bereits 1976 wurde beschlossen, am Institut für Festkörperforschung (IFF) eine Tiefsttemperaturanlage zu installieren. Damit erreichen die Jülicher Forscher den Minusrekord von 50 Mikrokelvin und sind nur 0,000005 Grad vom absoluten Nullpunkt entfernt.

In 1976, it had already been decided to install a cryo-facility at the Institute of Solid State Research (IFF). Researchers now reach the lowest temperature on record at 50 microkelvin and are thus only 0.000005 degrees above absolute zero.

Low-temperature record

Low-temperature record down to 50 microkelvin

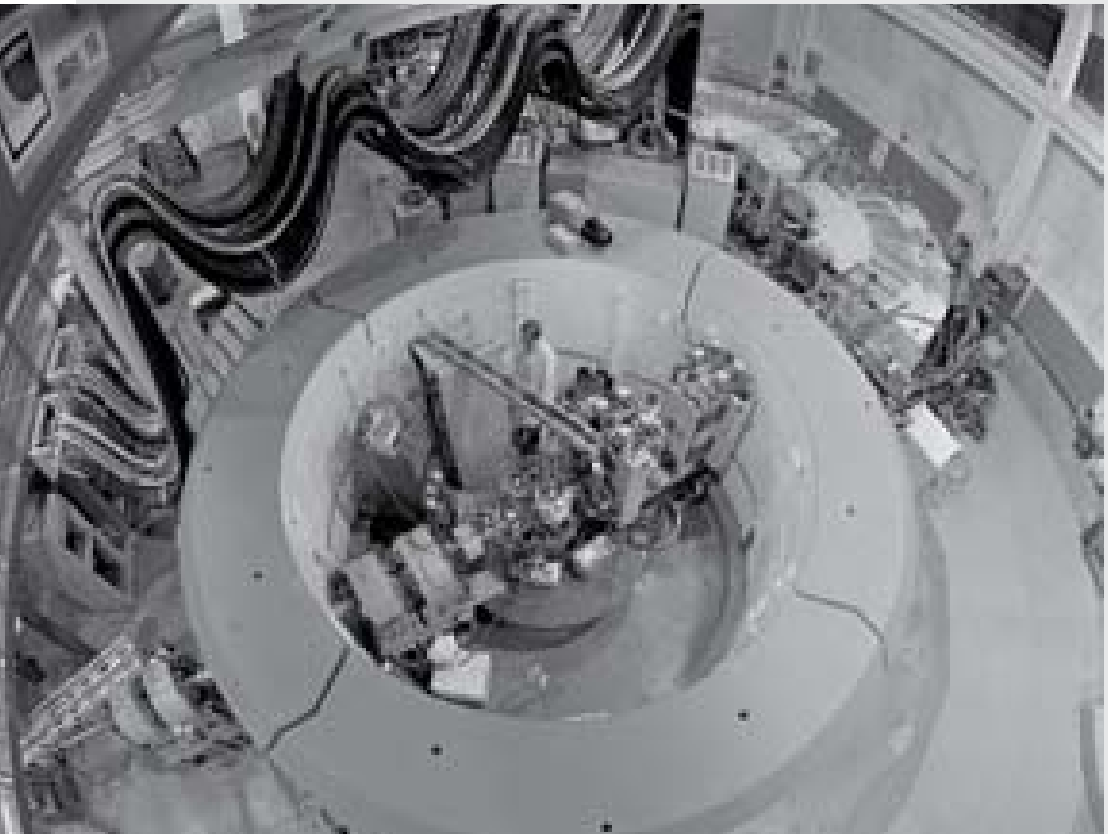
BIG KARL

Inbetriebnahme am Institut für Kernphysik IKP

1979

BIG KARL

Commissioning at the Institute for Nuclear Physics IKP



BIG KARL

Magnetspektrograph am
Jülicher Isochron-Zyklotron

BIG KARL

*magnetic spectrograph at the
Jülich isochronous cyclotron*



Eine der Schlüsselkompetenzen der Jülicher Forschung war und ist das Scientific Computing.

Der IBM 3033 war zu seiner Zeit ein wahres Rechengenie.

One of the key competencies in Jülich research was and is scientific computing. In its day, the IBM 3033 was a real computational wizard.

Rechengenie

Neuer Großrechner IBM 3033

1980

Number cruncher

New IBM 3033 computer

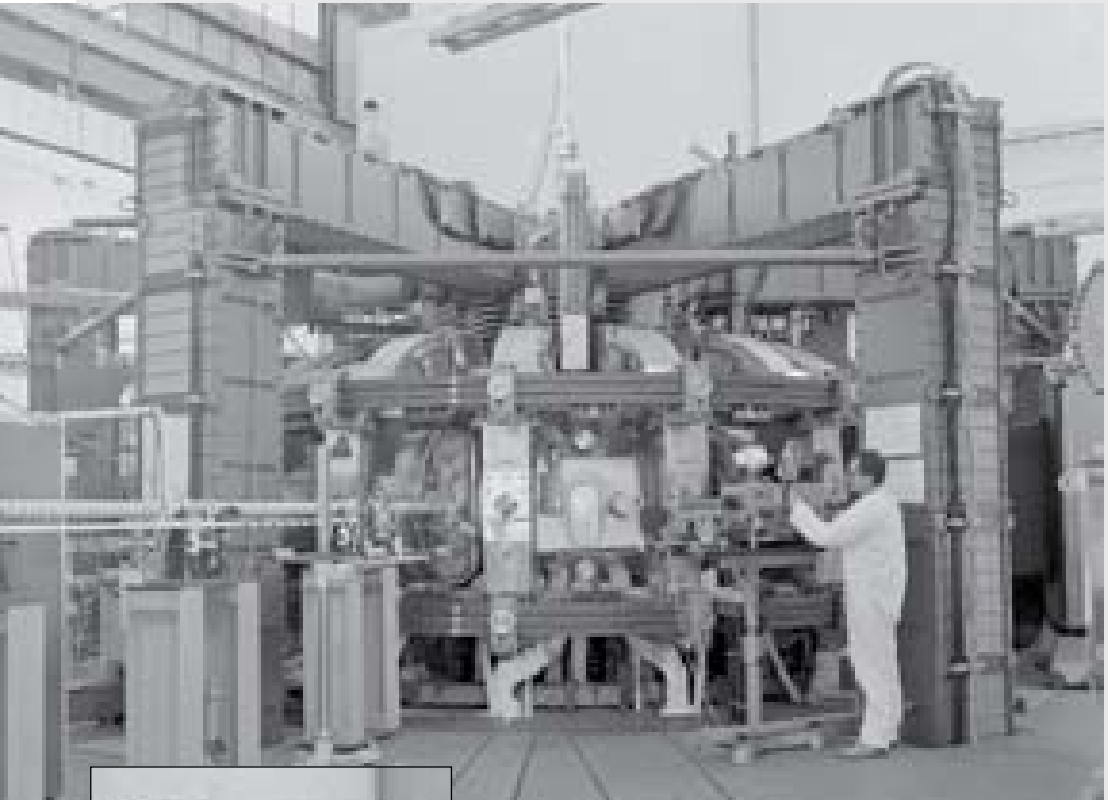
Beginn

Beginn der TEXTOR-Inbetriebnahme

1981

Commissioning

Commissioning of TEXTOR begins



Am 11.09.1981 erzeugt TEXTOR nach vierjähriger Laufzeit zum ersten Mal ein Plasma; 10 Kiloampere über 0,2 Sekunden – ein Meilenstein der Fusionsforschung.
On 11.09.1981, after operating for four years, TEXTOR produces plasma for the first time; 10 kiloamperes for 0.2 seconds – a milestone in fusion research.

TEXTOR läuft an
Am 11. September dieses Jahres war es soweit: Nach viereinhalb Jahren Bauzeit begann im Institut für Plasmaphysik der KFA die Phase der Gesamtinbetriebnahme von TEXTOR. An diesem Tag wurde zum ersten Male Plasma toroidal erzeugt: 10 Kiloampere über 0,2 Sekunden. Zwischen Strom und

Inbetriebnahme

Inbetriebnahme der Molekularstrahlepitaxie-Anlage

1982

Start of operation

Commissioning of the molecular beam epitaxy plant



Die Herstellung und Erforschung moderner Halbleiter- und magnetischer Schichtstrukturen werden ab 1982 mit der Anlage für Molekularstrahlepitaxie in Jülich möglich.

From 1982, it becomes possible to produce and investigate modern semiconductor and magnetic film structures in the molecular beam epitaxy plant at Jülich.

Molekularstrahlepitaxie jetzt auch im IFF

Eine Anlage für Molekularstrahlepitaxie ist im zweiten Halbjahr 1982 im Institut für Festkörperforschung einfügig fertiggestellt und ihrer Bestimmung übergeben worden.

Diese Anlage, die im Teilinstitut Magnetismus aufgebaut wurde, dient zur Herstellung von schichtförmigen Einkristall-Proben mit genau definierter Zusammensetzung. Die chemische Zusammensetzung kann über die Dicke der Schicht beliebig variiert werden. Während der Abscheidung der Schicht aus mehreren Molekularstrahlen im Hochvakuum können ihre Eigenschaften nach verschiedenen Analysemethoden laufend überwacht werden.

Das Verfahren, das vor allem für die Halbleiterherstellung große Bedeutung gewonnen hat, wird im Institut für Festkörperforschung zur Erzeugung spezieller magnetischer Schichtstrukturen verwendet.

Peter W. Fieseler

Die KFA hat jetzt eine Tochter

Aufgabe der „IES“ ist die Erdexploration mit Computerhilfe

Die Kernforschungsanlage Jülich GmbH hat – zusammen mit dem Leiter ihres Instituts für Erdöl und Organische Chemie, Prof. Dietrich Wörle – eine Tochtergesellschaft gegründet: Die „IES Gesellschaft für integrierte Explorations-Systeme mit beschränkter Haftung“. Gegenstand des Unternehmens, das nach rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten arbeiten und keine staatlichen Zuwendungen erhalten wird, ist die Anwendung und Entwicklung modernster wissenschaftlicher Methoden für die Exploration von Erdöl und Erdgas sowie anderen Rohstoffen oder Energieträgern.

In erster Linie wird die Arbeit für eigene Bohrstudien vorangetrieben, das auf rechnergestützten Simulationsmodellen aufgebaut ist. Es handelt sich hier um eine Spitzentechnologie, die im Institut von Prof. Wörle entwickelt und in der Praxis eingesetzt wurde. Sie gestattet eine weitgehend sichere Bestimmung und Lokalisierung von Kohlenwasserstoff-Potentialen in Sedimenten. Die hochentwickelten Methoden (Deep-seek) zur Bohrlochplanung ist eine zusätzliche Innovation und mit ihrem Mitarbeiterstab direkt anwendbar.

Beitrag zum Fortschritt

Die KFA bemüht sich ständig, so viel wie möglich Ergebnisse ihrer naturwissenschaftlich-technischen Forschung in neue Produkte und Verfahren zu verwandeln. Sie will so einen Beitrag zur Wirtschaft und zum technischen Fortschritt der deutschen Wirtschaft leisten. Die Gründung der Gesellschaft für integrierte Explorations-Systeme gehört dazu.

Die Gesellschaft wird selbst arbeiten, ihre Auftraggeber sind sowohl größere private

Tochterfirma

IES als KFA-Tochterfirma gegründet

1983

Subsidiary

Integrated Exploration Systems (IES) founded as a KFA subsidiary



Erdöl- oder Gasexploration mittels modernster Computertechnologie. Bereits 1983 gründet Jülich dafür eine Tochterfirma.

Oil or gas exploration by means of state-of-the-art computer technology. As early as 1983, Jülich sets up a subsidiary for these services.

Die CRAY im Dienst der Forschung

Einweihung des Supercomputers mit Festkolloquium im Hörsaal

Bevor zwei Jahre nach Installation des ersten Rechners für die numerische Lösung wissenschaftlich-technischer Probleme der Großrechner in der Kernforschung Anlage Jülich mit der zentralen Steuerungseinheit der KFA in eine neue Ära: Die im Jahre 1984 wurde – als weltweit zweite Anlage überhaupt – der neue Rechenleistungsrechner CRAY X-MP im Zentralinstitut für Angewandte Mathematik für den Benutzerbetrieb freigegeben. Die offizielle Einweihung folgte Ende Februar im Rahmen eines strategischen Festkolloquiums im Großen Hörsaal der Zentralbibliothek. Mit diesem Schritt in das Zeitalter parallelverarbeitender Rechner mit höchster Leistungsfähigkeit verfügt die KFA mit dem Supercomputer CRAY X-MP und drei Universitätsrechner der gleichen Kapazitätsklasse (IBM 3090, 1 x IBM 3090) über das leistungsfähigste Rechenzentrum für wissenschaftlich-technische Forschung in Europa.

Rechenleistungsrechner wie die CRAY X-MP müssen heute gemeinhin als „Experimentierfeld“ für die Forschung und Wissenschaft verstanden werden: sie haben für die Theoretiker eine ähnliche Funktion wie die großen Teilchenbeschleuniger oder die Forschungsreaktoren und in Zukunft auch die Superleitendensensoren für Experimentatoren. Die ermöglichten nämlich wissenschaftliche Studien und Forsch-

ungen. Ein wesentliches Instrument. Dagegen wird deutlich, daß der neue Hochleistungsrechner nicht nur für die KFA, sondern auch für angrenzende Hochschulen, Forschungsinstitute und Industrieformen ein wichtiges Hilfsmittel sein wird.

Nichtlineare Dynamik

Erst im letzten Jahrzehnt der

Rechnen. Hier werden erst die nächsten Computergenerationen die Möglichkeiten schaffen, Probleme anzugehen, die über einfache Spezialrechner hinausgehen.

Möglichkeiten aufgezogen

In diesem Sinne kamen anläßlich der Einweihung der CRAY X-MP in der KFA vom 27. bis 29. Februar 1984 bei einem Kolloquium Antworten auf den verschiedenen Bereichen der Naturwissenschaften mit Spezialisten für Computerarchitektur und Algorithmikentwicklung zusammen, um in Vorträgen und Fachdiskussionen einen ersten Überblick über die optimale Nutzung des neuen Rechners aufzuzeigen, andererseits aber auch die Notwendigkeit und Zerstörung für die Entwicklung der nächsten Computergenerationen deutlich zu machen.

Obwohl in diesem Sinne der Rechner CRAY X-MP nur ein erster Schritt in diese Richtung ist, wird er doch einige Superrechner auf. Theoretisch verfügt er in jeder Sekunde bis zu 500 Millionen Rechenoperationen auszuführen (die leistungsfähigsten Rechenrechner benötigen es bestenfalls auf einige wenige Minuten pro Sekunde).

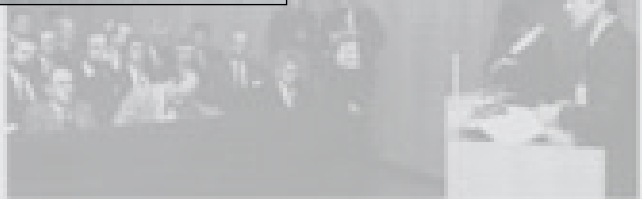
„Fließband-Methode“

Der Trick bei Rechnern wie der CRAY X-MP ist dabei, die Rechenoperationen in Teilaufgaben zu zerlegen, die in verschiedenen Teilen des Rechners an einem Fließband abgearbeitet werden („Pipeline“-Prinzip). Voraussetzung dafür, daß diese Fließbandmethode funktioniert, ist allerdings, daß immer die gleichen Rechenoperationen auf große Zahlenreihen („Vektoren“) angewendet werden. Computervorgänge, die



bedeutungsvolle Ergebnisse gewonnen werden.

Nachdem die KFA in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich 100 nunmehr eine Studie über die Einweihung von Rechenleistung aufzunehmen und zu veröffentlichen sucht nach einem geeigneten Rechenleistungsrechner, befindet sich die CRAY X-MP ebenfalls im



Im Verbund mit den bestehenden IBM-Anlagen betreibt das Forschungszentrum mit dem neuen Supercomputer Cray X-MP die leistungsstärkste Rechenanlage Europas. Cray X-MP wiegt 5 Tonnen!

In conjunction with the existing IBM computers, the new Cray X-MP means that the Research Centre operates the most powerful computing facility in Europe. The Cray X-MP weighs 5 tonnes!

Supercomputer

Einweihung der CRAY X-MP im ZAM

1984

Supercomputing

CRAY X-MP officially put into operation at the Central Institute for Applied Mathematics (ZAM)

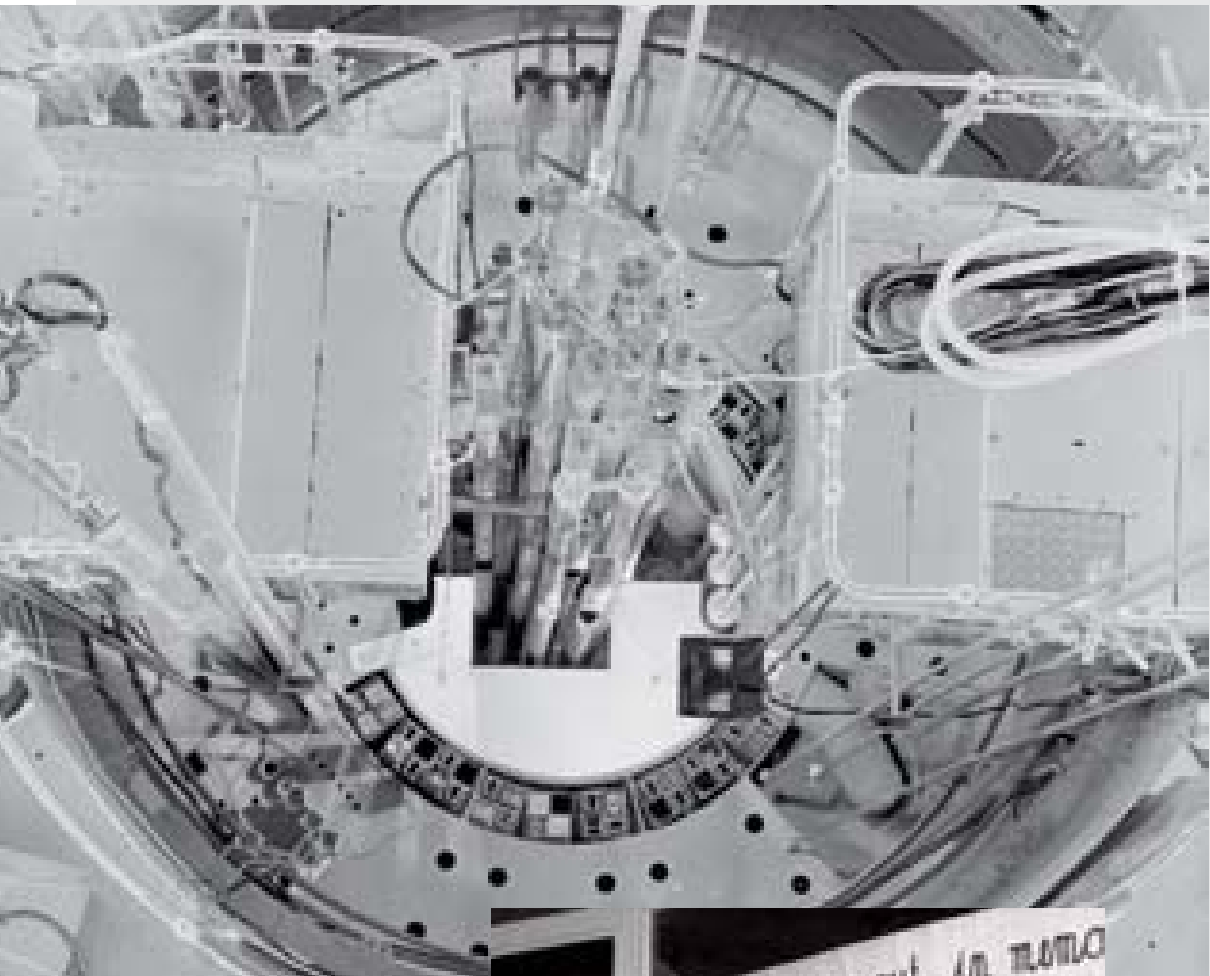
Abgeschaltet

Forschungsreaktor FRJ-1 MERLIN abgeschaltet

1985

Decommissioning

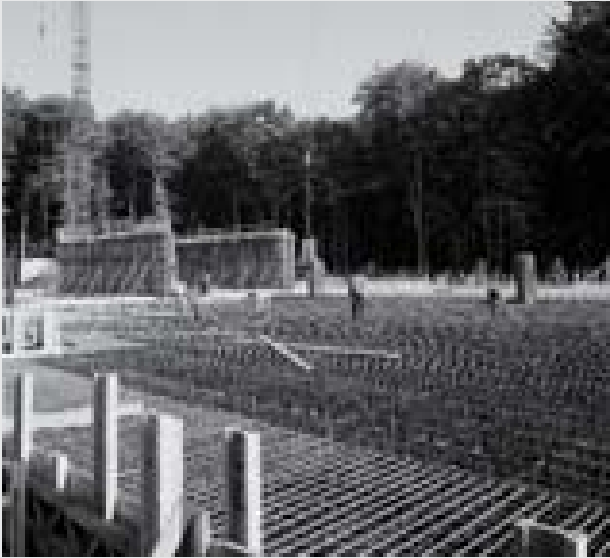
FRJ-1 research reactor (MERLIN) decommissioned



Nach 23 Jahren geht am 22.03.1985 der Forschungsreaktor MERLIN in den „Ruhestand“. Mit dem Spruchband „Your fire is going out“ verabschieden sich die Mitarbeiter von ihm.

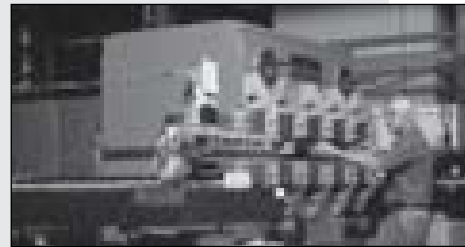
After 23 years, the MERLIN research reactor is “pensioned off” on 22.03.1985. The staff bid farewell to their reactor with a banner saying “Your fire is going out.”





Baubeginn von COSY (COoler SYnchrotron), dem Teilchenbeschleuniger mit einem Umfang von 184 m. Er wird bis heute rege genutzt.

Start of construction work on COSY (COoler SYnchrotron), the particle accelerator with a circumference of 184 m. It is still in great demand today.



Teilchenbeschleuniger

Bauanfang COSY Jülich

1986

Particle accelerator

Start of construction work on COSY Jülich

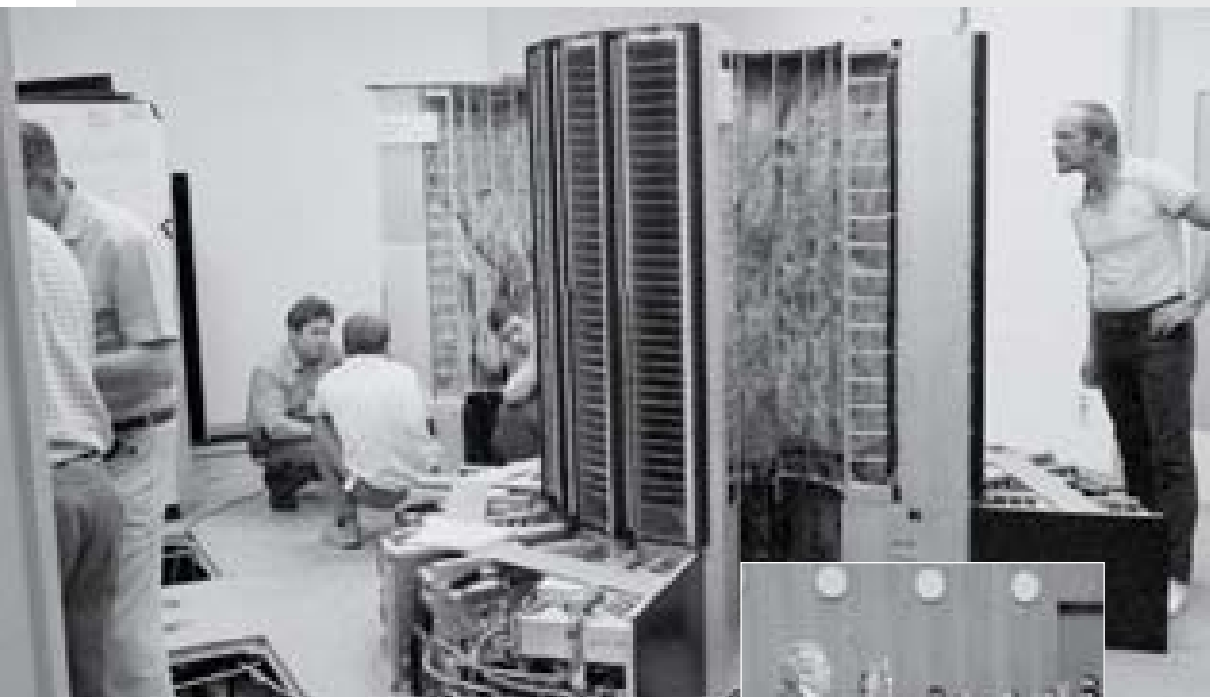
Gründung

HLRZ-Gründung (CRAY X-MP/48)

1987

Foundation

Supercomputer Centre founded (CRAY X-MP/48)



Die Gründung des Höchstleistungsrechenzentrums (HLRZ) belegt den Jülicher Willen, bei wissenschaftlicher Rechenleistung weiterhin führend zu bleiben.

The establishment of the Supercomputer Centre (HLRZ) is testimony to Jülich's determination to remain at the forefront of scientific computing power.

Im Bereich der Biotechnologie zeigen die Jülicher Exzellenz durch den Bau des Biotechnikums. Hier werden in Bioreaktoren Mikroorganismen zur Gewinnung von Enzymen kultiviert.

Jülich demonstrates its excellence in the biotechnological field by constructing a pilot-scale bioengineering facility. Microorganisms are cultivated here in bioreactors in order to obtain enzymes.



Biotechnikum

Inbetriebnahme des Biotechnikums

1988

Bioengineering

Commissioning of the pilot-scale bioengineering facility

Auch in Jülich werden nun Hochtemperatur-Supraleiter erforscht. Im Januar 1989 knackt das Forschungszentrum den Europa-Rekord.

In Jülich, research is now conducted on high-temperature superconductors. In January 1989, the Research Centre breaks the European record.

Bonner Generalanzeiger - 28.1.89

Temperatur-Rekord bei Supraleitern

Jülich. (dpa) Einen Hochtemperatur-Supraleiter, der schon bei 130 Kelvin (minus 143 Grad Celsius) den elektrischen Strom ohne Verluste leitet, haben Wissenschaftler der Kernforschungsanlage Jülich (KFA) hergestellt. Der neue Supraleiter besteht aus Bismut, Blei, Antimon, Strontium, Calcium, Kupfer und Sauerstoff. Diese Mischung hatten chinesische Forscher vorgeschlagen.

Ob das Ergebnis einen Welt- oder „nur“ einen europäischen Rekord darstellt, steht erst dann fest, wenn andere chinesische Versuche bestätigt werden – angeblich fanden dort Forscher mit der gleichen Verbindung Supraleitung schon bei 185 Kelvin. Bis vor zwei Jahren kannte man nur Materialien, die bei sehr tiefen Temperaturen bis zu etwa 23 Kelvin (minus 250 Grad Celsius) verlustfrei den elektrischen Strom leiteten. Dann entdeckten Georg Bednorz und Alex Müller diesen Effekt schon bei deutlich höheren Temperaturen.

Rekord

Europa-Rekord bei Hochtemperatur-Supraleiter

1989

Record

European record for high-temperature superconductors

Namensänderung

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Gesellschaftsversammlung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH hat nach Konsultation von Vorstand, Wissenschaftlich-Technischem Rat und Aufsichtsrat in ihrer Sitzung am 10. November 1989 beschlossen, den Namen der Gesellschaft in

Forschungszentrum Jülich GmbH

zu ändern. Diese Änderung tritt zum 1. Januar 1990 in Kraft.

Mit der Namensänderung wird der Tatsache Rechnung getragen, daß in unserem Forschungsprogramm seit Jahren nicht-nukleare Themen überwiegen: Materialentwicklung, Umweltforschung, Grundlagenforschung zur Informationstechnik sowie ein breites Spektrum an Themen von der Medizin über die Biotechnologie bis zur Festkörperforschung.



Neuer Name – neuer Chef

Namensänderung in Forschungszentrum Jülich und
Antritt Prof. Joachim Treusch

1990

Zur Person

Joachim Treusch interessiert sich für Grenzfragen der Wissenschaft, wozu er als hochqualifizierter Vortragsredner über Physik und Philosophie gehört hatte. Dies gilt für den heute 49 Jahre alten Vorstandsvorsitzenden des Forschungszentrums Jülich GmbH nicht nur im theoretischen Bereich, sondern auch in der Forschungsmisik. Zu seinen Aufgaben zählt die Vernetzung aller im Forschungszentrum vorhandenen Strukturen im Rahmen eines „Supercomputing“. Im Zusammenhang über die Institute- und Fachabteilungen hinweg steht er der Zukunftsplanung der Großforschungsanlage, an deren Spitze er am ersten Mai 1990 trat. Er hat Wolf Hübner ab, Treusch, ein geborener Domander, der im oberrheinischen Badisch aufgewachsen ist, in Berlin studiert, in Marburg promoviert und sich habilitiert hat, danach in Dortmund theoretische Physik gelehrt, sich dort aber auch als Promotor mit Bau- und Planungsfragen beschäftigt hat, ist seit 1987 in Jülich tätig. Seine Fachkompetenz führt dazu, daß man ihn, den Theoretiker, mit einem doch stark experimentell orientierten Vorstellbildnis kennen. In Zukunft wird er 4000 Mitarbeiter unter ihnen vor allem die 800 Wissenschaftler, neu zu motivieren haben. Die Forschungsgemeinschaft fordert am Jahresanfang ihren Namen, um zu signalisieren, daß sich das Jülicher Forschungsprogramm gewandelt hat – „die nicht-nukleare Themen überwiegen“.

New name – new chairman

Name changes to Research Centre Jülich and Prof.

Joachim Treusch takes over

Gleich zwei Highlights: Ab 01.01.1990 nennt sich die KFA „Forschungszentrum Jülich“ und demonstriert damit die Breite ihrer Forschung. Prof. Joachim Treusch wird neuer Vorstandsvorsitzender.

Not one but two highlights this year: on 01.01.1990, the KFA changes its name to "Research Centre Jülich" thus demonstrating the breadth of its research and Prof. Joachim Treusch is appointed new Chairman of the Board of Directors.



Millionen

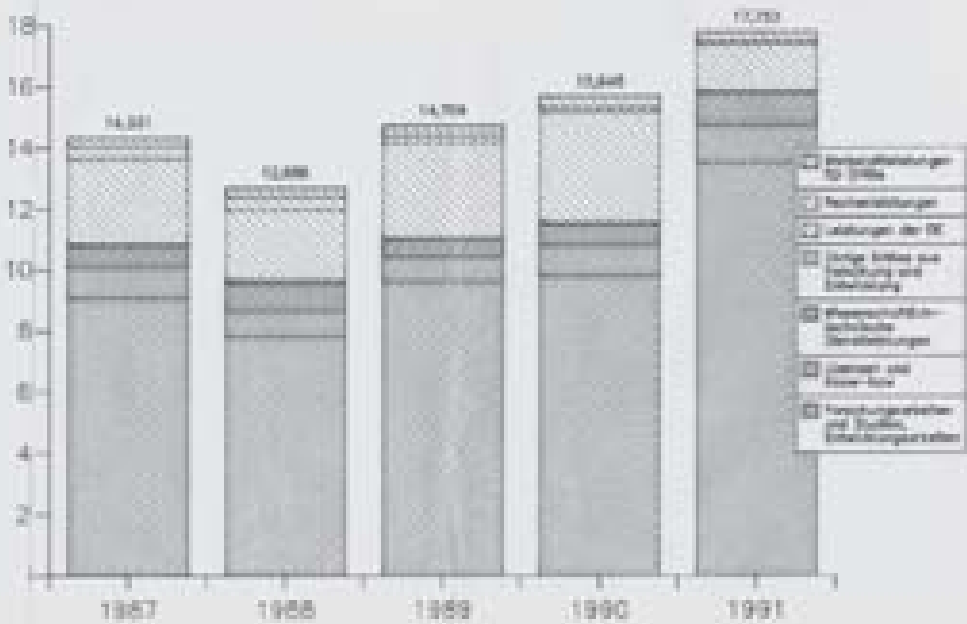
Millionengrenze bei Lizenzeinnahmen überschritten

1991

Millions

Income from royalties exceeds one million

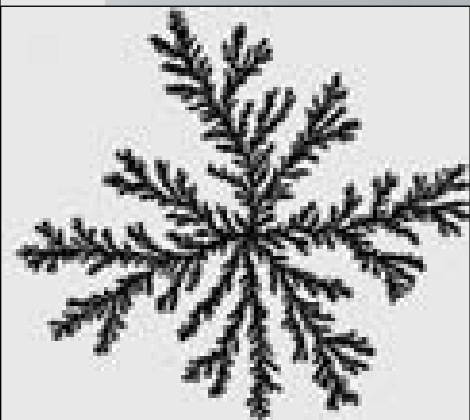
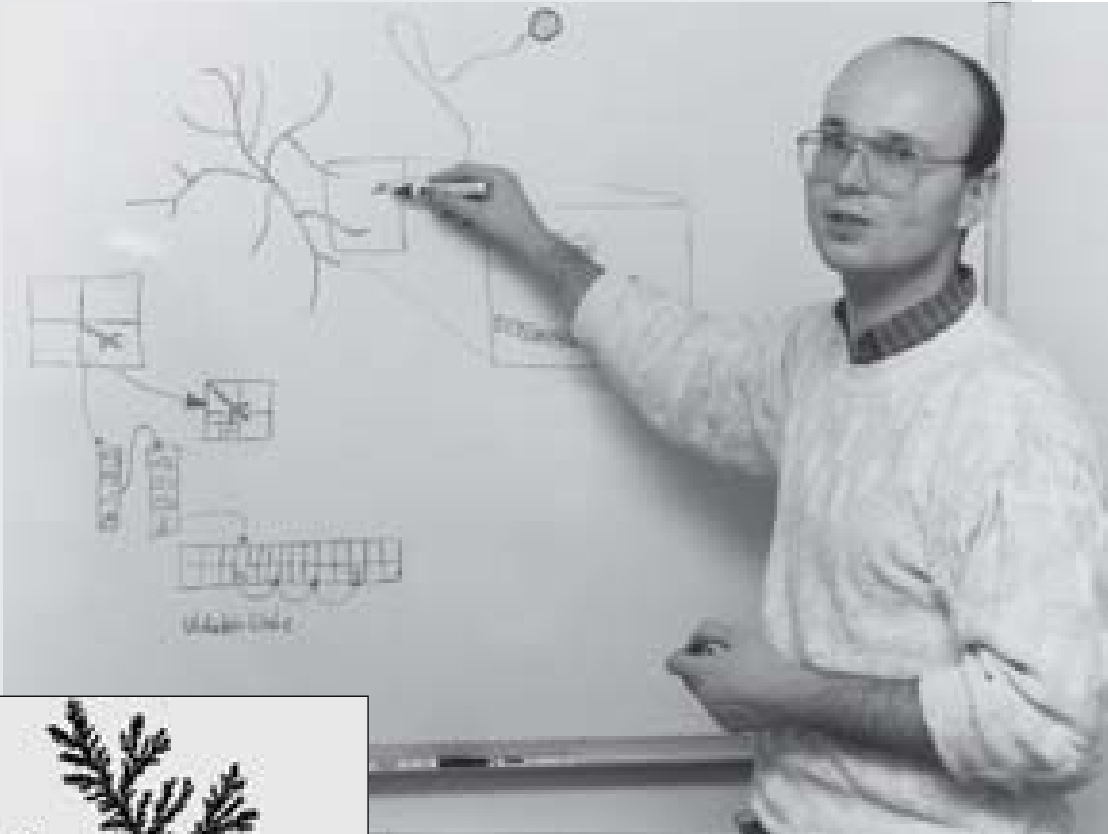
Erlöse aus Forschung und Entwicklung (in TDM)



Das abstrakte Wort Technologie-Transfer wird durch eine Zahl untermauert. Erstmals wird durch Lizenzeinnahmen aus Forschungsergebnissen eine Million DM erwirtschaftet.

The abstract concept of technology transfer is made tangible by this figure. For the first time, income from licences based on research results tops one million DM.

Einen neuen Weltrekord meldet das Forschungszentrum Jülich: die Simulation von 50 Millionen Ameisen. Was auf den ersten Blick wie Spielerei wirkt, dient in Wirklichkeit der Aufklärung technologisch wichtiger Probleme.
Research Centre Jülich reports a new world record: the simulation of 50 million ants. What at first glance appears to be a mere gimmick actually serves to solve technologically important problems.



Ameisenrekord

Weltrekord: 50 Mio. Ameisen simuliert

1992

Record by ants

World record: 50 million ants simulated

Es ist so weit: Nach siebenjähriger Bauzeit wird COSY in Anwesenheit von Bundespräsident Richard von Weizsäcker eingeweiht.

At last! After a seven-year construction period, COSY is finally officially opened in the presence of the German President Richard von Weizsäcker.



Kühlersynchrotron

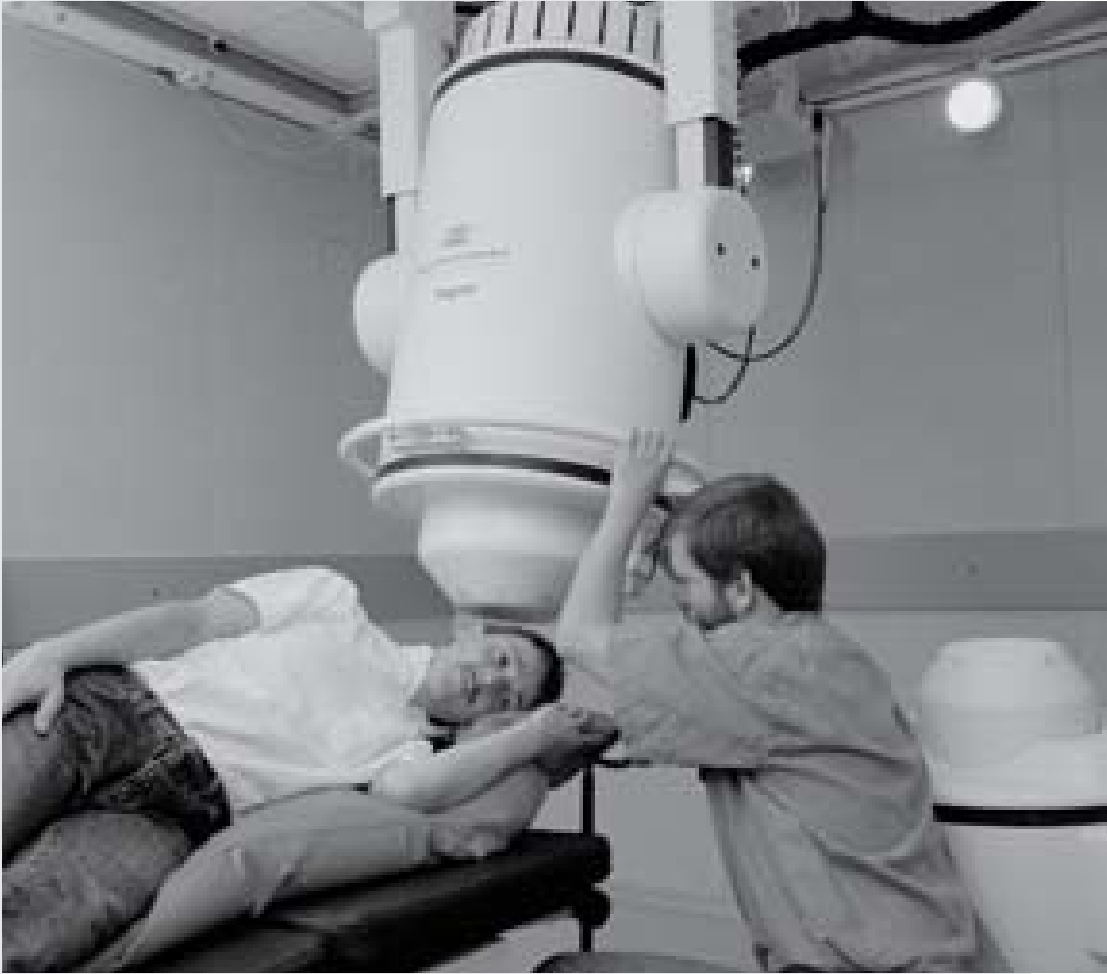
Inbetriebnahme COSY Jülich
in Anwesenheit von Bundespräsident von Weizsäcker

1993

Cooler Synchrotron

COSY goes into operation in the presence of the German President Richard von Weizsäcker





Die medizinische Forschung in Jülich macht einen großen Schritt mit der Einweihung des Magnet-enzephalographen. Hiermit werden Hirnfunktionen sichtbar gemacht.

Medical research at Jülich takes a great leap forward with the official opening of the magneto-encephalograph, which is used to make brain functions visible.

Hirnfunktionen

Magnetenzephalograph in Betrieb

1994

Brain functions

Magneto-encephalograph put into operation

Antimaterie

Erstmals Wasserstoff-Atome aus Antimaterie erzeugt

1995

Antimatter

Hydrogen atoms are produced from antimatter for the first time



1995 gelingt es einer Arbeitsgruppe unter der Leitung des Jülicher Physikers Prof. Walter Oelert am CERN in Genf weltweit erstmals, Antiwasserstoffatome zu erzeugen.

In 1995, a group at CERN in Geneva, headed by the Jülich physicist, Prof. Walter Oelert, succeed in producing antihydrogen atoms for the first time worldwide.

Bis 2002 in Betrieb ist der Cray T90 achtmal so schnell wie sein Vorgänger. Bundesforschungsminister Rüttgers weiht die Anlage ein.

The Cray T90, in operation until 2002, is eight times faster than its predecessor. Jürgen Rüttgers, Federal Research Minister, officially puts the computer into operation.



Rüttgers zu Gast

Einweihung Cray T90 durch Forschungsminister Rüttgers

1996

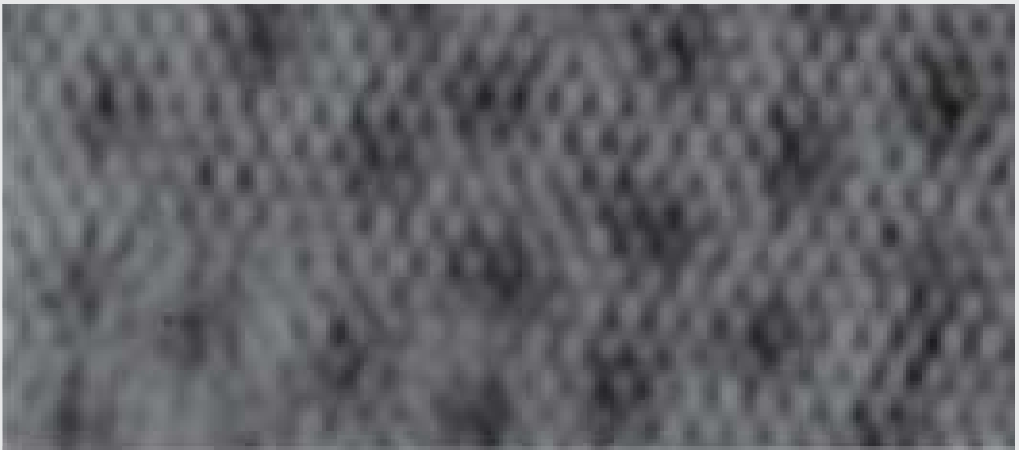
Rüttgers visits

Cray T90 officially opened by Research Minister Rüttgers

Kein anderes Molekül füllt so viele Kapitel in Chemiebüchern wie das Wassermolekül (H_2O). Und doch hatte bisher niemand ein isoliertes Wassermolekül gesehen.

1997 wurden in Jülich die ersten Bilder präsentiert, auf denen die molekulare Struktur von Eis und Wasser zu erkennen ist. Möglich wurden diese Bilder mit einer speziellen Variante des Rastertunnelmikroskops.

No other molecule takes up as many chapters in chemistry books as the water molecule (H_2O). Yet nobody had actually seen an isolated water molecule. In 1997, the first pictures are shown in Jülich, which clearly depict the molecular structure of water and ice. These pictures were made possible using a special type of scanning tunnelling microscope.



10 nm

Sichtbar

Erstmals Wassermoleküle sichtbar
gemacht mit Rastertunnelmikroskopie

1997

Visible

Water molecules are made visible for the first time by scanning tunnelling microscopy

Preisverleihung

Zukunftspreis des Bundespräsidenten für Prof. Grünberg

1998

Award ceremony

Federal President's Future Prize awarded to Prof. Grünberg



Prof. Peter Grünberg vom Jülicher Institut für Festkörperforschung erhielt den Deutschen Zukunftspreis des Bundespräsidenten für seine Entwicklung neuartiger Schichtstrukturen. Damit wird die Speicherdichte von Festplatten mehr als verzehnfacht.

Prof. Peter Grünberg from the Jülich Institute of Solid State Research (IFF) is awarded the German Future Prize by the Federal President for his development of new layer structures. This discovery sees the storage density of hard discs increase more than tenfold.

Tag der offenen Tür

40 000 Besucher beim Tag der offenen Tür „Fun & Facts“

1999

Open Day

40,000 visitors on Open Day – “Fun & Facts”



Mit 40 000 Besuchern wird „Fun & Facts“ 1999, der Jülicher Tag der offenen Tür, ein Publikumsmagnet. Jung und Alt sehen spannende Experimente und Attraktionen.

With 40,000 visitors “Fun & Facts” 1999, the Research Centre’s Open Day, is a real crowd-puller. There are exciting experiments and attractions for young and old alike.



Um aus Sonnenlicht Strom zu gewinnen, gründet das Forschungszentrum Jülich das Institut für Photovoltaik. Besonders erfolgreich ist die Entwicklung der Dünnschichtsolarzelle.

In order to obtain electricity from sunlight, Research Centre Jülich establishes the Institute of Photovoltaics. The development of thin-film solar cells is particularly successful.

Photovoltaik

Institut für Photovoltaik gegründet

2000

Photovoltaics

Institute of Photovoltaics founded

Atmosphärenkammer

Einweihung der Atmosphärenkammer SAPHIR

2001

Atmosphere simulation chamber

SAPHIR atmosphere simulation chamber officially opened



Die weltweit einzige Tageslicht-Atmosphären-Simulationskammer „SAPHIR“ wird in Jülich eingeweiht. Hier erforschen Wissenschaftler die Wirkung von Spurengasen in unserer Atmosphäre.

“SAPHIR”, the only atmosphere simulation chamber in the world, is put into operation at Jülich. Scientists use it to investigate the impact of trace gases in our atmosphere.





Mit dem europaweit stärksten Magnetresonanz-Tomographen erhalten die Jülicher Wissenschaftler neue Einblicke in die Funktionsweise des menschlichen Gehirns.
With the strongest magnetic resonance tomograph in Europe, Jülich scientists are able to gain new insights into the way the human brain works.

Europaweit stark

Jülich erhält neuen Tomographen

2002

Strongest in Europe

Jülich gets new tomographs

Ernst Ruska-Centrum

Forschungszentrum Jülich und RWTH gründen
Ernst Ruska-Centrum für höchstauflösende Mikroskopie und
Spektroskopie mit Elektronen

2003

Ernst Ruska Centre

*Research Centre Jülich and RWTH Aachen University establish
the Ernst Ruska Centre for Microscopy and Spectroscopy with
Electrons*



Das Forschungszentrum Jülich und die RWTH Aachen gründen das „Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen“. Hier stehen Wissenschaftlern zur Erforschung neuer Materialien hochauflösende Elektronenmikroskope zur Verfügung.

Research Centre Jülich and RWTH Aachen University found the “Ernst Ruska Centre for Microscopy and Spectroscopy with Electrons”. Here scientists use high-resolution electron microscopes for investigating new materials.



Künftig werden 30 Mitarbeiter den neuen Forschungsreaktor in Garching für die Forschung mit Neutronen nutzen. Jülicher und Münchner Kompetenz vereinen sich zu einem international führenden Zentrum für die Neutronenforschung.

In future, 30 members of staff will use the new research reactor in Garching for research with neutrons. Jülich and Munich intend to pool their expertise to become a leading international centre for neutron research.



Außenstelle

Gründung Außenstelle am neuen
Münchner Forschungsreaktor

2004

“Outpost”

*Establishment of an “outpost” at the new
Munich research reactor*



Mit einer neuartigen Methode (FET/PET) gelingt Jülicher Forschern die Diagnose von Hirntumoren mit einer Genauigkeit von 97 %; bisherige bildgebende Verfahren erreichen rund 50 %.

Jülich researchers use a new method (FET/PET) to diagnose brain tumours with 97 % precision in comparison to about 50 % with conventional imaging techniques.

Verfahren

Hirntumore: Bessere Diagnostik durch höhere Trefferquote mit bildgebenden Verfahren

2005

Technique

Brain tumours: improved diagnostics with better detection rates using imaging techniques

50 Jahre Zukunft

Jülich feiert in großem Stil

Unter dem Motto „50 Jahre Zukunft“ schreibt das Forschungszentrum Jülich auch weiterhin Geschichte. Blicken Sie mit uns in die Zukunft – wenden Sie dazu einfach das Buch. *Remaining true to its motto “Fifty Years of Innovation”, Research Centre Jülich continues to write history. Why not take a look into the future with us – just turn the book upside down.*

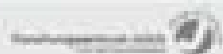
2006

Fifty Years of Innovation

Jülich celebrates its anniversary in style



50 Jahre | Zukunft



Ausblick *Looking Forward*

50 Jahre Zukunft.
Fifty Years of Innovation.

50 Jahre Zukunft. *Fifty Years of Innovation.*



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek.

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://d-nb.ddb.de> abrufbar.

Bibliographical information published by the Deutsche Nationalbibliothek.

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographical data are available on the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Herausgeber / <i>Published by</i>	Forschungszentrum Jülich GmbH 52425 Jülich Telefon: +49 2461 61-4661 Telefax: +49 2461 61-4666 E-Mail: info@fz-juelich.de www.fz-juelich.de
Vertrieb / <i>Distributed by</i>	Zentralbibliothek, Verlag / Publishing House
Redaktion / <i>Editors</i>	Peter Schäfer, Unternehmenskommunikation Janet Carter-Sigglow, Hazel Rochford, Sprachendienst / Language Services (engl.) Bruno Kloubert
Konzept und Realisierung / <i>Project Management</i>	TEMA Technologie Marketing AG
Übersetzungen / <i>Translations</i>	Transform GmbH Köln, Sprachendienst / Language Services des Forschungszentrums
Druck / <i>Printed by</i>	Medienhaus Plump GmbH, Rheinbreitbach
Copyright	Forschungszentrum Jülich GmbH, 2006

Autoren / Authors

Georg Wilhelm Adamowitsch, Frank Bärmann, Markus Bau, Niels Boeing, Frank Frick, Wolfgang Hess, Herbert Kircher, Annika Klein, Bruno Kloubert, Jörn Kranich, Michael O.R. Kröher, Angela Lindner, Norbert Lossau, Birgit Merx, Meyya Meyyappan, Jürgen Mlynek, Michael Müller, Alfred Oberholz, Wiebke Rögener, Bernd-A. Rusinek, Peter Schäfer, Ralf P. Schorn, Ulla Schmidt, Rolf-Michael Simon, Alexander Stirn, Christa Thoben, Eberhard Umbach.

Bildnachweis / Photographs

Bundesministerium für Gesundheit, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Degussa AG, Deutsche Physikalische Gesellschaft, Forschungszentrum Jülich GmbH, Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, IBM Deutschland Entwicklung GmbH, Landtag NRW, Hubert Lorenz, NASA Ames Research Center, Stadt Jülich, TEMA Technologie Marketing AG.

ISBN-10: 3-89336-440-4

ISBN-13: 978-3-89336-440-4

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Neither this book nor any part of it may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, microfilming, and recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

Forschungszentrum Jülich GmbH

Ausblick *Looking Forward*

50 Jahre Zukunft.
Fifty Years of Innovation.

Band 2
Volume 2

Forschungszentrum Jülich
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Inhalt

Vorwort	8
---------	---

I. Zukunft braucht Horizont – Von den Veränderungen der Welt

Herausforderung Gesundheit

Fortschritt für Patienten Ulla Schmidt	12
---	----

Aminosäureproduktion bricht Barrieren Alfred Oberholz	16
--	----

Herausforderung Information

Nanotechnologie, IT und die Zukunft Meyya Meyyappan	20
--	----

Mehr Transistoren als Reiskörner Herbert Kircher	24
---	----

Herausforderung Umwelt

Umwelt im globalen Wandel Michael Müller	28
---	----

Mein Tag im Schülerlabor Annika Klein	34
--	----

Herausforderung Energie

Deutschland und die Energiefrage Georg Wilhelm Adamowitsch	36
---	----

Unser Land braucht gute Ideen Christa Thoben	42
---	----

Herausforderung Höchstleistungsrechnen

Erkenntnisse aus dem Supercomputer Jürgen Mlynek	46
---	----

Herausforderung Physik

Die Zukunft braucht Jülich Eberhard Umbach	50
---	----

Table of Contents

<i>Preface</i>	9
----------------	---

I. The Future Needs a Perspective – On the Changing World

Grand Challenge Health

<i>Progress for Patients</i> <i>Ulla Schmidt</i>	13
---	----

<i>Amino Acid Production Breaks Down Barriers</i> <i>Alfred Oberholz</i>	17
---	----

Grand Challenge Information

<i>Nanotechnology, IT and the Future</i> <i>Meyya Meyyappan</i>	21
--	----

<i>More Transistors than Grains of Rice</i> <i>Herbert Kircher</i>	25
---	----

Grand Challenge Environment

<i>The Environment Experiencing Global Change</i> <i>Michael Müller</i>	29
--	----

<i>My Day at the Schools Laboratory</i> <i>Annika Klein</i>	35
--	----

Grand Challenge Energy

<i>Germany and the Energy Question</i> <i>Georg Wilhelm Adamowitsch</i>	37
--	----

<i>Good Ideas are Needed</i> <i>Christa Thoben</i>	43
---	----

Challenge Supercomputing

<i>Supercomputer as Research Partners</i> <i>Jürgen Mlynek</i>	47
---	----

Challenge Physics

<i>The Future Needs Jülich</i> <i>Eberhard Umbach</i>	51
--	----

II. Horizont schafft Chancen – Die Forschungsbereiche und Schlüsselkompetenzen der Jülicher Forscher

Chance Gesundheitsforschung

Das Verstehen des Gehirns reduziert biologische Risiken 56

Gesundheit@Jülich: Jörg Enderlein ist
fehlerhaften Molekülfaltungen auf der Spur
Wolfgang Hess 66

Chance Informationsforschung

Nano-Chips und Bio-Elektronik erschließen unsere Zukunft 74

Information@Jülich: Andreas Offenhäusser baut
Brücken zwischen Computern und Leben
Niels Boeing 86

Chance Umweltforschung

Der Mensch als Manager des Ökosystems Erde 92

Umwelt@Jülich: Astrid Kiendler-Scharr sucht
Erfolgsgeschichten mit Atmosphäre
Rolf-Michael Simon 102

Chance Energieforschung

Strom erzeugende Systeme für den Bedarf der Menschheit 110

Energie@Jülich: Bernhard Unterberg will
Sonnenfeuer auf der Erde kühlen
Norbert Lossau 120

Schlüsselkompetenz Höchstleistungsrechnen

Supercomputer simulieren Natur und Technik 128

Höchstleistungsrechnen@Jülich: Felix Wolf beschleunigt
die Bytes der Supercomputer
Michael O. R. Kröher 140

Schlüsselkompetenz Physik

Weltbewegende Eigenschaften der Materialien verstehen 146

Physik@Jülich: Erik Koch tastet
in Computereperimenten nach neuen Materialien
Alexander Stirn 156

II. Future Opportunities – Research Areas and Key Competencies of Research at Jülich

Opportunities in Health Research

Understanding the Brain Reduces Biological Risks 57

*Health@Jülich: Jörg Enderlein on the Track of
Defective Molecular Folding
Wolfgang Hess* 67

Opportunities in Information Research

Shaping the Future with Nanochips and Bioelectronics 75

*Information@Jülich: Andreas Offenhäusser Builds
Bridges between Computers and Life
Niels Boeing* 87

Opportunities in Environmental Research

Humankind Managing the Earth's Ecosystem 93

*Environment@Jülich: Astrid Kiendler-Schaff on the Lookout
for Atmospheric Success Stories
Rolf-Michael Simon* 103

Opportunities in Energy Research

Electricity-generating Systems Covering the Needs of Humankind 111

*Energy@Jülich: Bernhard Unterberg Bringing
the Solar Inferno Down to Earth
Norbert Lossau* 121

Key Competency: Supercomputing

Supercomputers Simulating Nature and Technology 129

*Supercomputing@Jülich: Felix Wolf Accelerates
the Bytes of the Supercomputer
Michael O. R. Kröher* 141

Key Competency: Physics

Understanding Earth-shattering Properties of Materials 147

*Physics@Jülich: Erik Koch Seeking
New Materials in Computer Experiments
Alexander Stirn* 157

Vorwort

Der weltweite Wettbewerb um Ressourcen, Marktchancen und Innovationen wird unser Jahrhundert prägen. Für die Menschheit ergeben sich daraus zentrale große Herausforderungen, auf die sie nicht nur politisch, sondern auch naturwissenschaftlich-technisch antworten muss:

- > die Sicherung von Ernährung und **Gesundheit** einer wachsenden Weltbevölkerung,
- > die Bereitstellung und lösungsorientierte Verknüpfung großer Mengen an **Information**,
- > der verantwortliche Umgang mit den natürlichen Ressourcen der **Umwelt** und
- > die nachhaltige und umfassende Versorgung mit **Energie**.

Diesen Herausforderungen, den „Grand Challenges“, widmet sich das Forschungszentrum Jülich und hat sein Jubiläumsjahr 2006 zur weiteren Fokussierung seines einzigartigen Profils genutzt. Organisatorische und strukturelle Veränderungen unterstützen diesen Weg.

Die Anpassung an die Grand Challenges macht das Forschungszentrum Jülich national und international zu einem Modellfall für exzellente wissenschaftliche Einrichtungen. Begutachtungen durch renommierte Experten aus aller Welt haben das Forschungszentrum in diesem Transformationsprozess bestärkt.

Das Expertenurteil bestätigt den Wert des Forschungszentrums Jülich, denn es

- > spielt eine einzigartige, unverzichtbare Rolle in der deutschen Forschungslandschaft,
- > hat alle Attribute, um das führende multiprogrammatische Forschungszentrum Europas zu werden und
- > betreibt exzellente, auf zahlreichen Feldern weltweit führende Forschung.

Preface

The global scramble for resources, market opportunities and innovations will characterise the current century. This gives rise to four grand challenges for humankind, which must be addressed not only in the political but also in the scientific and technical arena:

- > securing food for and the **health** of a growing world population,*
- > provision and solutions-oriented linking of large quantities of **information**,*
- > responsible management of the **environment's** natural resources and*
- > sustainable and holistic **energy** supply.*

These are the four grand challenges that Research Centre Jülich devotes itself to and it has used its anniversary year 2006 to refine the focus of the Centre's unique profile. Organisational and structural changes support this path.

Focusing on the grand challenges has made Research Centre Jülich a model for excellent scientific institutions, both nationally and internationally. Appraisal by renowned experts from all over the world has also recently strengthened the Research Centre's resolve to continue this transformation process.

Expert opinion on Research Centre Jülich:

- > it plays a unique, essential role in the German research community,*
- > it has all the attributes necessary to become the leading multiprogrammatic research centre in Europe and*
- > it conducts excellent research and is among the world leaders in numerous fields.*



Zukunft braucht Horizont

The Future Needs a Perspective

Von den Veränderungen der Welt
On the Changing World



Fortschritt für Patienten

**Ulla Schmidt,
Bundesministerin für Gesundheit**

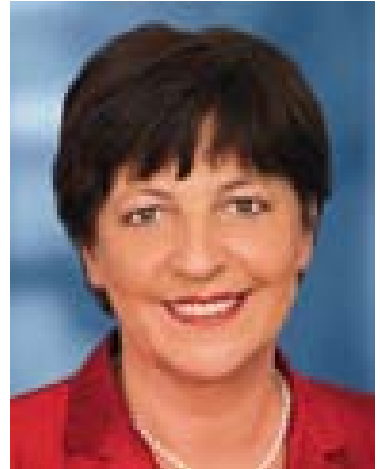
1967 hat der südafrikanische Arzt Dr. Christiaan Barnard die erste Herzverpflanzung durchgeführt. Damals war das ein atemberaubendes Ereignis, ein geradezu unglaublicher medizinischer Fortschritt. Heute, fast 40 Jahre später, haben die Kliniken Herztransplantationen in ihren Alltagsbetrieb aufgenommen. Der medizinische Fortschritt ermöglicht vielen Menschen, schwere Krankheiten zu überwinden und wieder eine hohe Lebensqualität zu gewinnen.

Für mich zählt es zu den wichtigsten Aufgaben, dass wir die Selbstverständlichkeit, mit der wir heute über medizinische Leistungen verfügen, auch für die Generation unserer Kinder und Enkel erhalten. Das wird weitere Anstrengungen von allen fordern – auf Seiten unseres Gesundheitssystems, aber auch auf Seiten der Forschung.

Wie die Gesundheitspolitik, so findet auch die Gesundheitsforschung derzeit unter schwierigen Rahmenbedingungen statt. Die wirtschaftliche Entwicklung lässt die Einnahmen schrumpfen, während die Ansprüche an die Gesundheitsversorgung wachsen.

Die Auseinandersetzung um den effektiven Einsatz und die angemessene Verteilung der knappen Mittel ist schärfer geworden. Gleichzeitig entwickeln sich die Möglichkeiten der modernen Gesundheitsvorsorge rasant. Damit haben wir die große Chance, neue, effiziente Methoden zu entwickeln, die uns bei der Überwindung der anstehenden Herausforderungen helfen. // Ich würde mir wünschen, dass wir eines Tages chronische Erkrankungen und Krankheiten wie Alzheimer wirksam eindämmen können. //

Ohne die medizinische Forschung in Deutschland wäre die Versorgung von Patientinnen und Patienten nicht auf diesem hohen qualitativen Stand, den wir heute vorfinden. Maßgeblich dazu beigetragen haben die Forschungen am Forschungszentrum Jülich. Viele Krankheiten können dank moderner medizinischer Verfahren diagnostiziert und geheilt werden. Andere Krankheiten sind noch immer unheilbar. Auch darum brauchen wir medizinische Forschung auf hohem Niveau. Die Entwicklung der Gesundheitsversorgung wird in den nächsten Dekaden entscheidend von Innovationen aus der Biomedizin und der medizinischen Biotechnologie bestimmt sein. Derzeit gibt es noch wenig Instrumente für eine zielführende Verankerung der Erkenntnisse aus der Biomedizin in das Versorgungssystem.



Die Aufgabe der Forschung ist es, dem modernen Gesundheitssystem mit neuen Entwicklungen und Möglichkeiten ein stabiles Fundament zu bieten. Das Forschungszentrum Jülich gestaltet fortlaufend Grundlagen und innovative Anwendungen für den medizinischen Fortschritt. Parkinson-Patientinnen und Patienten dürfen zum Beispiel auf einen bedarfs-gesteuerten Hirnschrittmacher hoffen.

Progress for Patients

**Ulla Schmidt,
Federal Minister of Health**

In 1967 the first heart transplant, which was carried out by the South African surgeon Christiaan Barnard, was a breathtaking event and an almost unbelievable medical breakthrough. Today, almost 40 years later, heart transplants have become an everyday procedure in hospitals all over the world. Medical progress is enabling many people to overcome severe illness and regain a high quality of life.

I believe that one of the most important challenges we face is to make sure that the medical achievements we take for granted today are also available for our children and grandchildren. Facing this challenge will require continued effort from all of us – including not only our health service but also our research institutions.

The mission of the research community is to offer a stable foundation for a modern health system by generating new developments and possibilities. Research Centre Jülich continually creates innovative applications and lays the foundations for medical progress. To give just one example, patients suffering from Parkinson's disease will in the future benefit from a brain pacemaker that can be controlled according to individual requirements.

Today, both health research and the formulation of health policy are being conducted under difficult circumstances. The state of the economy is causing revenues to shrink, while the demands on the health system are growing.

The debate over the effective use and proper allocation of scarce funding has become increasingly fierce. At the same time, the potential applications of modern health care are growing by leaps and bounds. This is giving us the tremendous opportunity to develop efficient new methods that can help us master the challenges facing us.

/// I hope that one day we will be able to effectively treat chronic diseases and disorders such as Alzheimer's, to name just one example. ///

Without medical research in Germany, patient care would not have reached the high level of quality we enjoy today. The research being conducted at Research Centre Jülich has played an important role here. Thanks to modern medical procedures, a large number of illnesses can now be diagnosed and successfully treated. Meanwhile, other diseases are still incurable, and that's another reason why high-level medical research is necessary.

In the coming decades, the development of health care will be crucially influenced by innovations from the fields of biomedicine and medical biotechnology. As yet, there are not very many tools for purposefully incorporating the results of biomedical research into the health system. That's why developing these tools and fully integrating them into the health service is a fundamental goal of the Federal Ministry of Health.

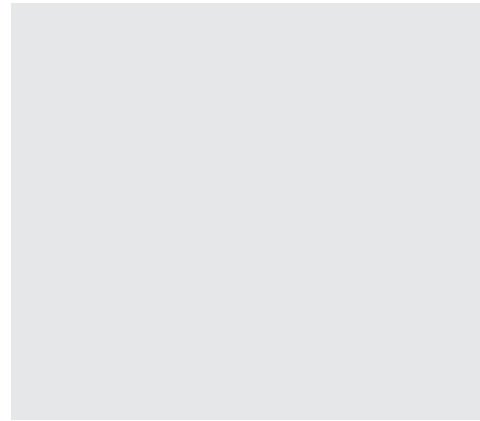
Sie zu entwickeln und nachhaltig zu verankern, wird deswegen ein grundsätzliches Ziel des Bundesministeriums für Gesundheit sein.

Aktuelle Forschungsergebnisse nützen den Patientinnen und Patienten nur, wenn sie auch angewendet werden. Daher wollen wir den wissenschaftlichen Fortschritt und die Innovationen zügig nutzbar machen. Dabei ist es mein Ziel, mit dem Einsatz neuer Technologien Rahmenbedingungen für ein modernes Gesundheitssystem zu schaffen, das weiterhin unser aller Vertrauen genießt. Durch die forcierte Implementierung von Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Qualitätsmanagement wollen wir den Leistungsstand im deutschen Gesundheitswesen auch im internationalen Vergleich auf hohem Niveau halten bzw. womöglich verbessern.

Mit den Jülicher Forschungsergebnissen können Nuklearmediziner heute viele Stoffwechselstörungen nachweisen. Krankheiten werden bereits im Frühstadium erkannt, obwohl die Organe äußerlich betrachtet keine Veränderungen aufweisen. Nuklearmedizinische Untersuchungen können damit auch zur Diagnose und Prophylaxe von Erkrankungen des Gehirns, wie Alzheimer, Epilepsie oder Depression, eingesetzt werden.

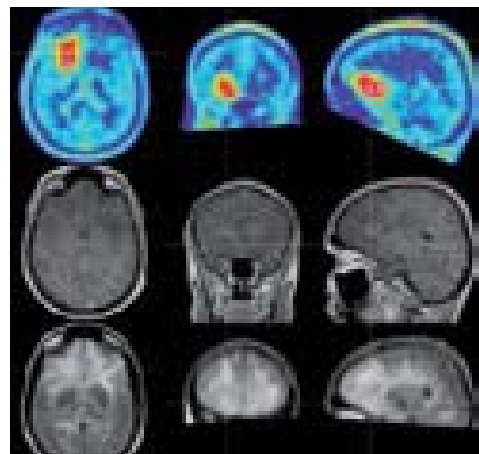
Eine der neuesten medizinischen Errungenschaften aus Jülich hilft, Hirntumore besser und damit auch früher zu erkennen. Je früher ein Tumor entdeckt wird, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Therapie erfolgreich verläuft. Mit einer radioaktiv gekennzeichneten Aminosäure vermeiden die Jülicher Wissenschaftler, dass mehrere Gewebeprobe vom Hirn genommen werden. Das ist jedes Mal ein gefährlicher Eingriff. Weil ein Tumor die Aminosäure viermal stärker aufnimmt als das restliche Gehirn, können die Jülicher Wissenschaftler die Ausmaße sehr genau bestimmen – eine großartige medizinische Leistung und ein wirklicher Fortschritt.

Viele solcher Innovationen werden erforderlich sein, um den Herausforderungen im Gesundheitswesen zu begegnen. In diesem Sinne möchte ich die Jülicher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ermuntern, ihre Anstrengungen fortzusetzen und die Chancen des medizinischen Fortschritts aktiv mitzugestalten.



Hirnaufnahmen eines Patienten mit Hirntumor. Mit einem neuen Verfahren aus Jülich können Lage und Ausdehnung eines Tumors genauer diagnostiziert werden. Dies erleichtert die Behandlung.

Brain images of a patient with a brain tumour. A new method developed at Jülich enables the position and extent of a tumour to be diagnosed more precisely. This makes treatment easier.





Als erste außeruniversitäre Forschungseinrichtung in Deutschland hat das Forschungszentrum Jülich eine eigene medizinische Bettenstation. Jülicher Mediziner können ihre Hochleistungsgeräte in der neurologischen und psychiatrischen Forschung nun effektiver einsetzen, etwa zur Weiterentwicklung des bedarfsgesteuerten Hirnschrittmachers für Parkinson-Patienten.

Research Centre Jülich was the first non-university research institution to have its own hospital ward. Medical scientists at Jülich can now make optimal use of their high-performance equipment for neurological and psychiatric research, for example to further develop the demand-controlled deep brain pacemaker for patients with Parkinson's disease.

New research findings will help patients only if they are actually applied, and that's why we want to make scientific progress and innovations useful in practice as quickly as possible. My personal goal is to use the new technologies to create a framework for a modern health system that will continue to enjoy public trust. By speeding up the introduction of new information and communication technologies and quality management, we aim to maintain the high standards of the German health service in comparison to those of other countries and to improve the system wherever possible.

With the help of the research results generated in Jülich, practitioners of nuclear medicine can now diagnose many metabolic disorders. Diseases can be detected at an early stage, even though no change is visible in the affected organs from the outside. Examinations employing nuclear medical technology can also be used to diagnose and prevent brain disorders such as Alzheimer's disease, epilepsy or depression.

One of the latest medical achievements of the research teams at Jülich is helping doctors to diagnose brain tumours more clearly and thus at an earlier stage of development. The earlier a tumour is discovered, the greater is the likelihood that treatment will be successful. Scientists at Research Centre Jülich use a radioactively labelled amino acid to ensure that tissue samples do not need to be removed from the patient's brain. Each of these surgical interventions is a potentially life-threatening procedure. Because a tumour absorbs the amino acid four times more readily than the rest of the brain, researchers can determine its size very precisely. This is a tremendous medical achievement that's leading to genuine progress in this area of research.

Many more such innovations will be necessary in order to cope with the challenges facing the health system. That's why I am encouraging scientists at Research Centre Jülich to continue their outstanding work and open up even more opportunities for medical progress.

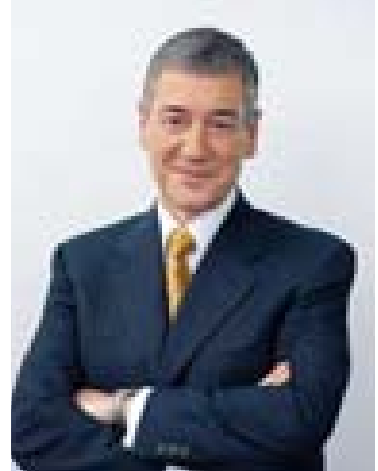
Aminosäureproduktion bricht Barrieren

**Alfred Oberholz,
Vorstand der Degussa AG**

Degussa ist einer der weltweit führenden Aminosäurehersteller. Den Einstieg in diesen Markt haben wir über das rein chemisch hergestellte Produkt DL-Methionin geschafft. Dieses Produkt ist ein Racemat, das heißt, es besteht aus gleichen Teilen der D- und L-Form, zwei Molekülformen, die sich zueinander wie Bild und Spiegelbild verhalten. Das Racemat kann in einem effizienten chemischen Prozess hergestellt werden. Anwendung findet DL-Methionin in der Tierernährung, wo es als Additiv den Nährwert des Futters wesentlich steigert. Methionin stellt insofern unter den 20 natürlichen Aminosäuren einen Sonderfall dar, als D- und L-Form vergleichbaren Nährwert haben. Dies trifft für die übrige Aminosäure nicht zu.

Für Humananwendungen – und hier insbesondere Infusionslösungen – wird jedoch – dem Vorsorgeprinzip folgend – auch beim Methionin die reine, natürliche L-Form bevorzugt. Der Wunsch, auch diesen Markt zu erschließen, veranlasste Degussa Anfang der 80er-Jahre, in die Biotechnologie einzusteigen. Damals waren die Vorbehalte und Widerstände in dem chemischen Traditionsunternehmen Degussa gegen die Biotechnologie noch groß, und es ist ganz wesentlich auch der Beratung und der Überzeugungskraft von Pionieren des Forschungszentrums Jülich, insbesondere Prof. Hermann Sahm und Prof. Christian Wandrey, zu verdanken, dass es gelungen ist, eine biotechnologische Forschung in unserem Hause zu etablieren.

Der erste kommerzielle Erfolg war die Etablierung des L-Methionin-Verfahrens in enger Kooperation mit Jülich. Klassisch wurden reine Aminosäuren durch Kokristallisation mit einem chiralen Hilfsmittel gewonnen, das in gleicher molarer Menge wie das Produkt eingesetzt werden musste. Bei dieser Racematspaltung fällt eine erhebliche Salzfracht an, und das chirale Hilfsmittel (Auxiliar) wie auch das nicht gewünschte Enantiomer, in diesem Fall das D-Methionin, kann in der Regel nicht wieder verwendet werden, sondern fällt als Abfall an. Das teure Auxiliar, die hohen Abfallmengen wie auch die niedrige Ausbeute an dem gewünschten L-Methionin machen ein derartiges Verfahren ökologisch wie ökonomisch unattraktiv. Die wesentliche verfahrenstechnische Innovation, die dem heutigen L-Methionin-Verfahren zugrunde liegt, die Entwicklung des Enzymmembranreaktors, geht auf Arbeiten am Forschungszentrum Jülich zurück.



Es ist ganz wesentlich auch der Beratung und der Überzeugungskraft von Pionieren des Forschungszentrums Jülich zu verdanken, dass es gelungen ist, eine biotechnologische Forschung in unserem Hause zu etablieren.

Amino Acid Production Breaks Down Barriers

Alfred Oberholz,
Member of the Board of Degussa AG

Degussa is one of the world's leading producers of amino acids. We entered this market by means of the product DL-methionine, which is produced by purely chemical processes. This product is a racemate, i.e. a mixture of equal quantities of substances that have molecular structures which are mirror images of each other (the D-form and the L-form). This particular racemate can be produced using an efficient chemical process. DL-methionine is used as an additive that greatly increases the nutritional value of animal feed. Methionine is unique among the 20 natural amino acids because both the D-form and the L-form have comparable nutritional values. This is not the case for the other amino acids.

However, in accordance with the precautionary principle, the pure, naturally occurring L-form of methionine is preferred for human medical applications – particularly those involving infusion solutions. Due to its desire to enter this market as well, Degussa decided to move into the field of biotechnology in the 1980s. At that time, there were considerable reservations about and resistance to biotechnology at Degussa – a company with a long tradition in the chemicals industry. However, it is in no small part due to the advice and powers of persuasion of the pioneers at Research Centre Jülich, especially Prof. Sahm and Prof. Wandrey, that our company decided to establish an in-house biotechnological research unit.

It is in no small part due to the advice and powers of persuasion of the pioneers at Research Centre Jülich that our company decided to establish an in-house biotechnological research unit.

Our first commercial success in this area was the establishment of the L-methionine process in close cooperation with our partners at Jülich. In the classical process, pure amino acids were produced through co-crystallisation with a chiral adjuvant that had to be used in the same molar amounts as the product. This deracemisation process produces a large salt burden, and as a rule the chiral adjuvant and the unwanted enantiomer – in this case, the D-methionine – cannot be reused and thus become waste products. The need for an expensive adjuvant, the large amount of waste products, and the low yield of the desired L-methionine make this process unattractive from both an ecological and an economic standpoint. The crucial innovation in terms of process technology, on which today's production process for L-methionine is based, namely the development of the enzyme membrane reactor, resulted from work done at Research Centre Jülich.

Degussa has been working closely with Jülich ever since. We have recently launched a new joint research project in which Jülich plays a major part. This project, which is

Seit dieser Zeit ist Degussa mit Jülich eng verbunden. In jüngster Zeit haben wir mit starker Jülicher Beteiligung ein neues gemeinsames Forschungsprojekt von ganz erheblicher Bedeutung für unser Unternehmen gestartet. Dieses Projekt könnte wesentlich dazu beitragen, wichtige Produkte, die wir heute noch auf petrochemischer Basis herstellen, zukünftig aus nachwachsenden Rohstoffen zu gewinnen.

Der zweite große Schritt der Degussa in die Biotechnologie war die Entwicklung des Biolys®-Verfahrens. Auch dieser erfolgte in enger Kooperation mit dem Forschungszentrum Jülich. Mitte der 80er-Jahre fasste die damalige Degussa AG den Entschluss, die Palette der Futtermittel – Aminosäuren um L-Lysin zu erweitern. Zunächst wurde intensiv an einem chemischen Herstellverfahren für L-Lysin gearbeitet. Erst nachdem viele Anläufe, L-Lysin chemisch herzustellen, gescheitert waren, wandte man sich der Biotechnologie zu. Die Expertise des Forschungszentrums hat wesentlich zu dieser Entscheidung und damit zur Überwindung einer klassischen Innovationsbarriere beigetragen.

Mitte der 90er-Jahre ging das nachhaltige biotechnologische L-Lysin-Verfahren dann in die großtechnische Produktion. In einem Verbundprojekt mit Prof. Hermann Sahm sowie anderen Partnern wurde in der zweiten Hälfte der 90er-Jahre und somit in der Frühphase der Genomforschung das Genom von *Corynebacterium glutamicum* aufgeklärt. Dies war eine wegweisende Arbeit, aus der sich zahlreiche Ansätze für die weitere Stammverbesserung ergeben haben. Genau hier, an der Schnittstelle zwischen genomischer Grundlagenforschung und industrieller Anwendung, hat Prof. Sahm wesentliche Beiträge geleistet, indem er auf Basis der Kenntnis des Genoms sowie weiterer Analysen immer wieder „Bottlenecks“ im Produktionsorganismus aufgezeigt hat. Hierdurch konnten Produktivität und Ausbeute kontinuierlich gesteigert werden.

Die erfolgreichen Kooperationen mit dem Forschungszentrum Jülich haben uns auch wesentlich ermutigt, unsere Aktivitäten auf dem Gebiet der „weißen“ Biotechnologie noch weiter auszubauen. Im Herbst 2005 haben wir die Gründung eines **Science to Business Centers Biotechnologie** beschlossen. Ein wesentliches Ziel des neuen Science to Business – Forschungszentrums ist die Entwicklung völlig neuartiger biotechnologischer Produktionsverfahren, mit denen wir wichtige Degussa-Produkte, die wir heute noch auf Basis petrochemischer Rohstoffe produzieren, zukünftig aus nachwachsenden Rohstoffen herstellen wollen. Auch im Rahmen dieser neuen, für uns sehr wichtigen Forschungsinitiative wird der engen Kooperation mit Jülich wieder eine zentrale Rolle zukommen.



Je nach Anwendung und Vorlieben der Bakterienstämme beinhalten die Nährmedien verschiedene Substanzen.

of vital significance for our company, could in the future help us to use renewable raw materials to manufacture important products that are currently produced on a petrochemical basis.

The second giant step taken by Degussa in the area of biotechnology was the development of the Biolys® process. This step was also taken in close cooperation with Research Centre Jülich. In the mid-1980s our company, which was then called Degussa AG, decided to add L-lysine to its range of amino acids for animal feed. Work initially concentrated on designing a chemical process for producing L-lysine. Only after many attempts at producing L-lysine using a chemical process had failed did the researchers turn to biotechnology. The expertise of our partners at Research Centre Jülich played an important role in this decision, which required us to overcome a traditional barrier to innovation.

In the mid-1990s we began to use the sustainable biotechnological process for the large-scale technical production of L-lysine. In a collaborative project with Prof. Sahm and other partners, we mapped the genome of *Corynebacterium glutamicum* in the second half of the 1990s – in other words, in the early phase of genome research. This pioneering piece of work resulted in numerous further approaches for improving the stem line. It is precisely at this interface between basic genomics research and industrial applications that Prof. Sahm's expert knowledge of the genome and advanced analyses proved so valuable. In particular, Prof. Sahm assisted us by repeatedly pointing out bottlenecks in the production organism. This enabled us to continuously improve our productivity and our yields.

Our successful cooperative projects with Research Centre Jülich have also greatly encouraged us to further expand our activities in the area of "white" biotechnology. Last autumn we decided to establish a Science to Business Centre for Biotechnology. One major objective of this new Science to Business research centre will be to develop entirely new types of biotechnological production processes that will enable us to use renewable raw materials to manufacture important Degussa products that we are currently producing from petrochemical raw materials. In this new research initiative, which is very important for us, our close cooperation with Research Centre Jülich will once again play a central role.



The culture media contain different substances depending on the application and the preferences of the bacterial strains.

Nanotechnologie, IT und die Zukunft

Meyya Meyyappan,
Direktor am NASA Ames Research Center

Lassen Sie uns zunächst einmal definieren, was Nanotechnologie überhaupt ist. Zum einen bezeichnet die Nanotechnologie die Erstellung von nützlichen funktionsfähigen Materialien, Geräten und Systemen jeglicher Größe durch die Kontrolle bzw. Manipulation von Materie auf der Nanometer-Längenskala. Zum anderen umfasst sie die Nutzung neuer Phänomene und Eigenschaften, die aufgrund der Nanometer-Längenskala entstehen.

Nanotechnologie ist eine Schlüsseltechnologie: Im Bereich der Informationstechnologie (IT) gilt dies besonders für die Datenverarbeitung, den Speicher und die Datensicherung sowie die Kommunikation. Obwohl die Nanotechnologie noch zahlreiche weitere Bereiche beeinflusst, konzentriere ich mich auf ihre fundamentalen Auswirkungen auf den IT-Bereich.

Nanoelektronik und Datenverarbeitung

Werfen wir zunächst einen Blick in die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Computers. In der Vergangenheit haben wir mit Tausenden von Nutzern einen Großrechner geteilt, während heute der PC dominiert. Und in Zukunft wird die allgegenwärtige Informationsverarbeitung den Alltag bestimmen. Tausende von Computern werden jeden von uns umgeben. Sie werden beispielsweise in Wände, Stühle, Kleidung, Lichtschalter und Autos integriert sein. Unser Alltag wird gekennzeichnet sein durch die Verknüpfung von realen Dingen mit Rechenvorgängen.

Der Weg, der (auf einer logarithmischen Skala) vor uns liegt, ist mindestens genauso weit wie der vom Zeitalter des ENIAC-Computers bis heute. Das Ende der CMOS-Skalierung stellt sowohl eine Chance als auch eine Gefahr dar. Stan Williams, HP

4 bis 8 CMOS-(Halbleiter)-Generationen liegen vielleicht noch vor uns, aber die Kosten für den Aufbau von Produktionsstätten steigen schneller als ihre Absatzerlöse. Die Physik lässt Raum für das 109-fache der aktuellen Technologie, basierend auf einer Verlustleistung von 1 Watt und 10^{18} ops/sec, aber es ist bislang nicht klar, wie wir dieses Ziel erreichen wollen! Weitere Zukunftsaussichten umfassen kleine Massenspeicher-Geräte, Multi-Terabit-Ebenen, Integration von Logik, Speicher, Sensorik u.v.m. Die Forschung bietet eine Reihe von Möglichkeiten, beispielsweise die molekulare



Nanotechnology, IT and the Future

Meyya Meyyappan,
Director at NASA Ames Research Center

Let's start with a definition of nanotechnology. Nanotechnology is the creation of useful / functional materials, devices and systems (of any size) through control / manipulation of matter on the nanometre length scale and exploitation of novel phenomena and properties which arise because of the nanometre length scale.

Nanotechnology is an enabling technology: in the area of information technology (IT) this includes especially computing, memory and data storage as well as communication. Although nanotechnology has an impact in many more areas, here I will focus on the crucial impact of nanotechnology on the IT sector.

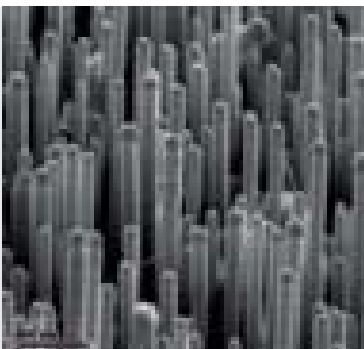
Nanoelectronics and computing

So let's look at the past, present and future of the computer. In the past we had shared computing with thousands of people sharing a mainframe computer. Today the personal computer is dominant. In the future ubiquitous computing will dominate. Thousands of computers sharing each and every one of us; with computers embedded in walls, chairs, clothing, light switches, cars; characterised by the connection of things in the world with computation.

/// There is at least as far to go (on a logarithmic scale) from the present as we have come from ENIAC. The end of CMOS scaling represents both an opportunity and a danger. /// Stan Williams, HP

Durch Selbstorganisation wachsen ganze Wälder aus Nanodrähten. Größe und Form bestimmen ihre Eigenschaften.

Entire forests of nanowires grow as a result of self-assembly. Size and shape determine their properties.



We have perhaps 4-8 CMOS generations left, but the cost of building fabs is going up faster than sales. Physics has room for 109x current technology based on 1 watt dissipation, 10^{18} ops/sec, but there are no clear ways to achieve this! Further prospects are: small mass storage devices: multiterabit levels, integration of logic, memory and sensing, and more. Research offers a range of possibilities such as molecular nanoelectronics, quantum cellular automata, and chemically synthesised circuits, etc. Although it is not clear which will prove to be the solution, there are some general requirements on future nanoelectronics, for example, the reduction of the manufacturing costs by e. g. self-assembly techniques, defect-tolerant architectures, and – as the dominating requirement – the further reduction of the switching energy of electron devices. Otherwise, the heat dissipation problem will put an end to every evolution of computing systems. Alternative technologies beyond silicon CMOS must be

Nanoelektronik, Quantum Cellular Automata, chemisch aufgebaute Schaltkreise usw. Zum jetzigen Zeitpunkt steht zwar noch nicht fest, welche die richtige Lösung sein wird. Dennoch sind einige allgemeine Anforderungen an die Nanoelektronik von morgen zu nennen, wie die Senkung der Herstellungskosten z. B. durch Selbstmontage-Techniken, fehlertolerante Architekturen sowie – und das ist die wichtigste Anforderung – die weitere Reduzierung der Schaltenergie von Elektronengeräten. Ansonsten würde das Problem der Wärmeabgabe jeglicher Entwicklung von Rechensystemen ein Ende setzen.

Alternative Technologien über Silizium-CMOS (Halbleiter) hinaus müssen in der Herstellung einfacher und günstiger sein als CMOS (Halbleiter). Weitere Anforderungen sind:

- > Hochstrombetrieb, die Fähigkeit, Kapazitäten von Verbindungsleitungen jeglicher Länge anzutreiben,
- > ein hohes Maß an Integration ($>10^{10}$ Transistoren/Schaltkreis),
- > hohe Reproduzierbarkeit (besser als $\pm 5\%$),
- > Zuverlässigkeit (Betriebszeit > 10 Jahre),
- > niedrige Kosten ($< 1 \mu\text{Cent/Transistor}$),
- > optimierte Wärmeabgabeeigenschaften und Kühllösungen,
- > neuartige Architekturen sind erforderlich: Fehlertolerant? Evolvierbar? Neural?
- > neuartige Zustandsvariablen: auf Basis des Spins?

Die neue Technologie muss in jeder Hinsicht überzeugen und gleichzeitig eine bessere und kosteneffizientere Skalierbarkeit als CMOS (Halbleiter) aufweisen: Erst wenn diese beiden Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind, wird die gewaltige Silizium-Infrastruktur den Silizium-Motor weiter antreiben.

Eine mögliche Evolution der Technologie folgt den Top-down- bis Bottom-up-Ansätzen. Mit Lithographie, Dünnschicht und Ätzen befinden wir uns derzeit im Top-down-Stadium. Das ultimative Ziel ist der Bottom-up-Ansatz, der die Selbstmontage, Supra-Chemie usw. umfasst. Anstatt abzuwarten, sollten wir uns in der Zwischenzeit der Hybrid-Nanotechnologie widmen. Die Hybrid-Nanotechnologie wird die Lücke schließen, indem sie sich auf Nanokomponenten und die Nanoherstellung konzentriert.

Vier mögliche Wege, um dieses Ziel zu erreichen, sind:

- > halbleitende, einwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen,
- > anorganische Nanodrähte (Si, GaAs, InP...),
- > organische molekulare Schalter und
- > Selbstmontage nach molekularen und biomolekularen (DNS-) Vorlagen.

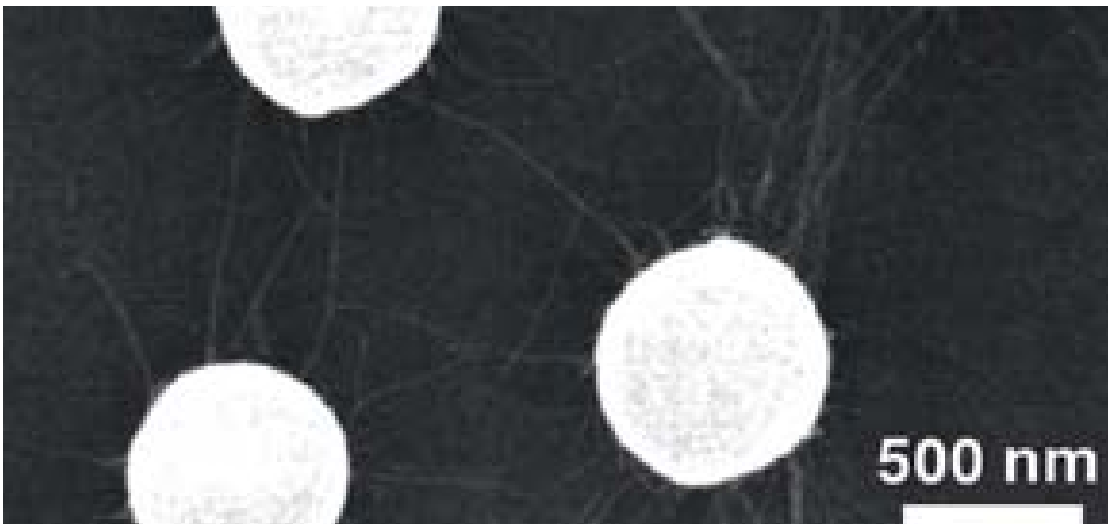


Neuartige Nanodrähte und Halbleiter werden kompakte Schaltkreise ermöglichen.

New types of nanowires and semiconductors will make compact circuits possible.

easier and cheaper to manufacture than CMOS. Other requirements also include:

- > High current drive; ability to drive capacitances of interconnects of any length
- > High level of integration ($> 10^{10}$ transistors/circuit)
- > High reproducibility (better than $\pm 5\%$)
- > Reliability (operating time > 10 years)
- > Very low cost (< 1 μ cent/transistor)
- > Better heat dissipation characteristics and cooling solutions
- > Novel architectures are required: Fault-tolerant? Evolvable? Neural?
- > Novel state variables: Spin-based?



Neuronale Netzwerke, wie sie Zellen in der Natur formen, sind Vorlage für effektive Signalverarbeitung auch in der Nanoelektronik.

Neural networks and the way that they form cells in nature are models for effective signal processing, even in nanoelectronics.

Everything about the new technology must be compelling and simultaneously must show a better and more cost-effective scalability than CMOS. Until these two happen together, the enormous infrastructure built around silicon will keep the silicon engine humming.

A possible evolution of the technology follows the top-down to bottom-up approaches. At the moment we are at the top-down stage, with lithography, thin-film and etching. The ultimate goal is the bottom-up approach involving self-assembly and supra-chemistry etc. In the meantime we should be looking at hybrid nanotechnology rather than just waiting. Hybrid nanotechnology will bridge the gap by focusing on nanocomponents and nanofabrication.

Four possible avenues to achieve this are:

- > Semiconducting single-wall carbon nanotubes
- > Inorganic nanowires (Si, GaAs, InP...)
- > Organic molecular switches
- > Molecular and biomolecule (DNA) templated self-assembly

Mehr Transistoren als Reiskörner

Herbert Kircher,
Geschäftsführer der IBM Deutschland Entwicklung GmbH

In den letzten 25 Jahren hat die Informations- und Kommunikationsindustrie Wirtschaft, Gesellschaft und Wissenschaft nachhaltig verändert. Keine andere Branche generiert ein ähnliches Wachstum, eine vergleichbare Innovationskraft und Dynamik wie diese.

Als Beleg für den enormen Impuls und Wettbewerb in der Informationstechnologie kann die Entwicklung bei den Mikroprozessoren gelten: Während die Leistung von Computerchips in den letzten Jahrzehnten jedes Jahr um etwa 60 Prozent gesteigert werden konnte, sank ihr Preis in jedem Jahr um 35 Prozent.

// 2005 wurden weltweit erstmals mehr Transistoren hergestellt als Reiskörner geerntet, // schreibt der Verband der Halbleiterindustrie in seinem Jahresbericht 2005. Auch wenn uns diese Aussage nachdenklich stimmt, so ist sie doch Ausdruck einer Branche, die pro Jahr um fünf bis acht Prozent wächst und damit etablierte Industriezweige wie den Automobilbau längst hinter sich gelassen hat.

Innovationen bei Computern und Software ermöglichen heute den Einsatz von Informationstechnologie auf Gebieten, in denen das bis vor wenigen Jahren noch unvorstellbar war. Informationstechnologie ist inzwischen ein integraler Bestandteil unseres Alltags geworden: Wer heute in sein Auto steigt, ist von mehr Computertechnologie umgeben als die Astronauten der ersten Mondfähre. Informationstechnologie ist die Lebensader von Unternehmen aller Größen, ein Wettbewerbsvorteil von Wirtschaftsstandorten und aus dem wissenschaftlichen Bereich nicht mehr wegzudenken: Ob Klimaforschung, Geologie, Biologie oder Materialwirtschaft – in keinem Bereich sind heute noch Forschungsergebnisse möglich ohne den Einsatz von Bits und Bytes.

Diese Veränderung und Durchdringung vieler Lebensbereiche durch Informationstechnologie markiert einen historischen Wendepunkt in der Weltwirtschaft: Carlota Perez, Wirtschaftswissenschaftlerin an der University of Cambridge in Großbritannien, hat fünf solcher Wendepunkte in der Geschichte identifiziert, an denen Technologie eine neue Ära eingeläutet hat: die industrielle Revolution, den Einsatz von Dampfmaschinen und Eisenbahn, das Zeitalter des Automobils und der Massenproduktion und jetzt das Zeitalter der Informationstechnologie und Kommunikation.



More Transistors than Grains of Rice

Herbert Kircher,

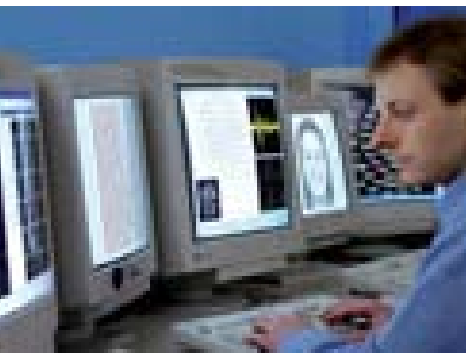
Managing Director of IBM Deutschland Entwicklung GmbH

In the past 25 years, the information and communications industry has brought about an ongoing transformation in business, science and society at large. No other sector generates similar growth or has comparable innovative force and dynamism.

One good example of the tremendous momentum and competitiveness of information technology is the development of microprocessors. Whereas the capacity of computer chips has increased by about 60 % annually over the past decades, their price has decreased by 35 % a year.

/// 2005 was the first year in which the number of transistors produced exceeded the number of rice grains harvested, /// according to the Semiconductor Industry Association in its annual report for 2005. Although this statistic makes us stop and think, it's a clear reflection of a sector that is growing by five to eight per cent annually, leaving traditional industries such as automotive engineering far behind.

Today, innovations in the fields of computers and software are making it possible to utilise information technology in areas where its use was unimaginable just a few years ago. Information technology has become an integral part of our daily life. Today's drivers, for example, are surrounded by more computer technology than the astronauts who travelled on the first mission to the moon. Information technology is the lifeline of businesses of all sizes, a competitive advantage of business locations, and a crucial aspect of scientific research. From climate research and geology to biology and materials science, there is no field today where research results can be generated without recourse to bits and bytes.



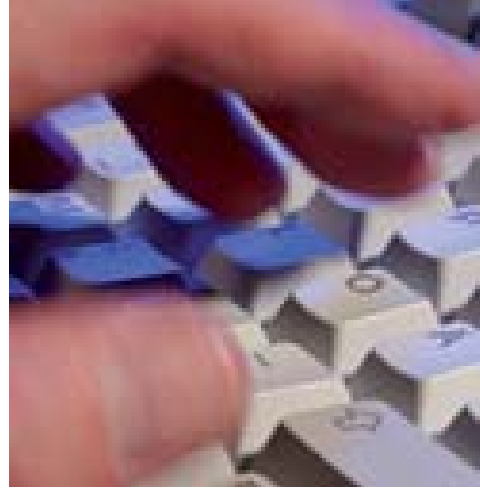
In keinem Bereich sind heute noch Forschungsergebnisse möglich ohne den Einsatz von Bits und Bytes. There is no field today where research results can be generated without recourse to bits and bytes.

The transformation of and permeation into many areas of our lives by information technology marks an historic turning point for the global economy. Carlota Perez, an economist at the University of Cambridge in the UK, has identified five such turning points in history, when technology rang in a new era: the Industrial Revolution; the advent of steam engines and railways; the age of steel, electricity and heavy engineering; the age of the automobile and mass production; and the current age of information technology and telecommunications.

Während jedoch die früheren epochalen Fortschritte oft Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte in Anspruch nahmen, geschehen Veränderungen auf Basis von Informationstechnologie wesentlich schneller. Der Wandel von der Industrie- zur Informationsgesellschaft ist bereits in vollem Gange, und viele Länder und Gesellschaften machen schon jetzt den nächsten Schritt hin zu einer Wissensgesellschaft, in der nicht die pure Information einen Wert darstellt, sondern erst das Wissen, wie aus dieser Information Innovation entsteht. In Japan und Großbritannien stellen die amtierenden Regierungen Innovation, Forschung und Wachstum in den Mittelpunkt ihrer Aktivitäten. In Indien, einer der kommenden Wirtschaftsmächte, wird bereits darüber nachgedacht, was getan werden muss, wenn die momentan rasant wachsende Wirtschaft zu moderatem Wachstum zurückkehrt. Auch wir in Deutschland müssen uns dringend konzentriert und strukturiert den Herausforderungen dieses Wandels annehmen und die darin liegenden Chancen für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft konsequent nutzen.

Eine zentrale Rolle bei diesen Veränderungen spielt das Internet mit seinen jährlichen Wachstumsraten von 18 Prozent und den mehr als einer Milliarde Nutzern. Das sind erstaunliche Zahlen für ein Medium, das bis vor zwei Jahrzehnten nur wenigen Experten bekannt war. Aber auch das Internet steht erst am Anfang: Denn zu der ständig wachsenden Anzahl an Nutzern kommt eine um den Faktor 100 größere Zahl an Gegenständen hinzu, die inzwischen mit dem World Wide Web verbunden sind und darüber ihre Daten austauschen. Wir erleben inzwischen schon den Wandel vom „Internet der Menschen“ hin zum „Internet der Dinge“. Dieses neue Internet ist das Sinnbild für eine Welt, in der Informationstechnologie die Basis von Kommunikation, Wissen und Kollaboration darstellt.

Kollaboration meint dabei aber mehr als gemeinsames Arbeiten. Es geht vielmehr um eine anhaltende und systematische Form von Wissensaustausch. Diese Art der Zusammenarbeit bleibt nicht auf eng abgegrenzte Teilnehmergruppen oder Themen beschränkt, sondern umspannt Disziplinen, Industrien, den öffentlichen wie wirtschaftlichen Bereich. Auf Basis einer gemeinsamen Infrastruktur können so neue Ansätze und Lösungen für die anstehenden Herausforderungen gefunden werden. Denn eines ist heute schon sicher: In einer vernetzten Welt ist kein Unternehmen, keine Forschungseinrichtung und kein Wirtschaftsstandort eine Insel. Schon heute sind wir alle Teilnehmer, Nutzer oder nur Zuschauer der globalen Veränderungen, die die Dynamik der Informationstechnologie mit sich bringt.



Computer ermöglichen uns jederzeit den Zugriff auf unendliche Informationswelten.



Computers give us endless access to endless worlds of information.

However, whereas former eras of progress often required decades or even centuries to make themselves felt, the changes based on IT take place much faster. The transformation from an industrial society to an information society is now in full swing, and many countries and societies are already taking the next step: they are becoming knowledge societies, which value not pure information but rather the knowledge of how this information can be used to generate innovation. The current governments of Japan and the UK are focusing their activities on innovation, research and growth. In India, one of the up-and-coming economic powerhouses, the experts are already considering what to do if the country's currently booming economy slows down to a merely moderate rate of growth. In Germany as well, we must meet the challenges posed by these changes in a timely, focused and structured manner and take advantage of the opportunities they offer business, science and society.

A central role is played in these changes by the Internet, which has an annual growth rate of 18 % and more than a billion users. Those are amazing figures for a medium that was known only to a handful of experts just two decades ago.

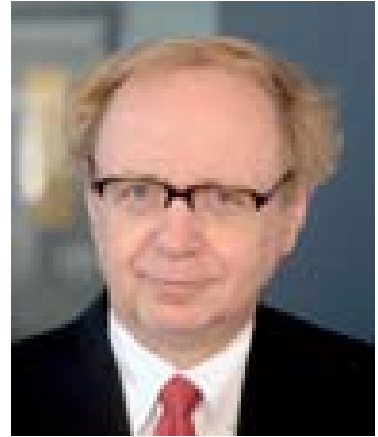
But even the Internet is only at the beginning of its trajectory, because in addition to the constantly growing number of users, it is also increasing by a factor of 100 the number of entities that are connected to the World Wide Web and use it to exchange data. In other words, we are already experiencing a transformation from "an Internet of people" to "an Internet of things." This new Internet is the symbol of a world in which information technology forms the basis of communication, knowledge and collaboration.

"Collaboration" in this sense refers to more than just working together. Rather, it denotes an ongoing and systematic method of exchanging knowledge. This type of cooperation is not limited to precisely defined themes or groups of participants; instead, it is an interdisciplinary and cross-sector process that encompasses the public sphere as well as the world of business. On the basis of a shared infrastructure, this process can lead to the discovery of new approaches and solutions for the challenges we currently face. After all, one thing is already certain today: in a networked world, no company, no research institute and no business location is an island. All of us are already participants, users or simply observers of the global transformations that the dynamics of information technology are generating today.

Umwelt im globalen Wandel

Michael Müller,
Staatssekretär im Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Die Idee des Fortschritts muss neu definiert und erweitert werden. Dies ist auch wichtig für die nächsten 50 Jahre des Forschungszentrums Jülich. In der Vergangenheit sind wichtige Impulse für große Reformbewegungen immer da entstanden, wo man Gefahren nicht nur einfach beschrieben, sondern daraus auch Chancen für die Modernisierung von Wirtschaft und Gesellschaft entwickelt hat. In wenigen Jahrzehnten wird der entscheidende knappe Faktor die Fähigkeit der intelligenten Vernetzung von Kompetenzen, der Innovation, der Wissensgesellschaft sein. Das heißt, dass der Mensch und seine kreativen Fähigkeiten wieder ins Zentrum rücken. Dabei stehen Sie als eine Einrichtung der Kreativität für die Verbindung von Wissenschaft in Verantwortung für Wirtschaft und Gesellschaft. Die Zentral-These von Max Horkheimer und Theodor Adorno heißt, dass jeder Fortschritt immer auch den Keim des Rückschritts in sich trägt, wenn wir nicht in der Lage sind, Prozesse zu modernisieren. Dieser spiegelt sich besonders in dem spannungsreichen Wechselverhältnis zwischen Wirtschaft, Gesellschaft und Natur oder Umwelt wider.



Mit einer Radiometer-Antenne auf dem Meteorologischen Turm messen die Umweltforscher auf einer Waldfläche den Feuchtigkeitsgehalt im Boden. Informationen zur Bodenfeuchte nutzen Hydrologen, um die Speicherfähigkeit des Bodens einzuschätzen und Grund- und Hochwasserstände vorherzusagen.



Mein Innovationsverständnis ist stark geprägt von dem Gedanken, dass Innovationen sozial bestimmte Prozesse sind, die einer Gemeinschaftsanstrengung bedürfen, um breitenwirksam zu werden. Die Chancen solch eines Prozesses möchte ich am Beispiel der Energiepolitik verdeutlichen. In kaum einem anderen Bereich gilt so sehr der Satz von Erich Kästner:

The Environment Experiencing Global Change

Michael Müller,
State Secretary of the Federal Ministry for the
Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

With a radiometer antenna on the meteorological tower, environmental scientists measure the moisture content in woodland soil. Hydrologists use information from soil moisture to estimate the storage capacity of the soil and to predict the groundwater and high-water levels.



We urgently need to redefine and enlarge our idea of progress. Such a task is also of crucial significance for the next 50 years at Research Centre Jülich. In the past, an important impetus for major reforms has always emerged when a potential danger was not merely recognised as such but also taken as an opportunity to modernise the economy and society. In a few decades' time the economic resource most in demand will be the ability to network skills, innovations and the knowledge society in an intelligent manner. This in turn will mean that people and their creative abilities will once again occupy centre stage. As an institution dedicated to promoting creativity, the Research Centre therefore represents the responsibility of science for the economy and society. The central thesis of Max Horkheimer and Theodor Adorno is that all progress also contains within it the seeds of decline – unless, that is, we are capable of modernising our processes. This is particularly evident in the complex interrelationships between the economy, society and nature or the environment. My understanding of innovation is that it is always a socially conditioned process that requires a common effort in order to have a widespread impact. I would like to illustrate the dynamics of this process using energy policy as an example.

*In no other area is Erich Kästner's bon mot quite so fitting: **///** Things can't go on like this if things are to go on like this. **///** This applies to a number of aspects of this problem; I would like to consider three of them here. The first aspect concerns the worldwide demand for resources. At present some 1.3 billion people enjoy an industrialised standard of living and consume around 70 – 75 percent of the world's commercial energy supply. Within a few decades this figure will have risen to 4 – 5 billion. With prosperity increasing in heavily populated countries such as China, India, Brazil, Mexico and South Africa, world economic output is set to triple by the middle of this century. Add to this the impact of population growth – assuming current conditions for consuming energy and raw materials – and you have a recipe for environmental disaster.*

The second aspect is climate change and the global warming that is forecast to accompany it. In the face of this global challenge, is the human race capable for the first time of acting before such foreseeable trends turn into a catastrophe? Or will we only react when we are forced to do so? At present we are conducting an assault

// Es geht auf keinen Fall so weiter, wenn es so weiter geht. // Das trifft für verschiedene Aspekte zu; ich will es an dreien aufzeigen. Der erste Aspekt betrifft die weltweite Inanspruchnahme von Ressourcen. 1,3 Milliarden Menschen, unter industriellen Bedingungen lebend, nutzen rund 70 - 75 % der kommerziellen Energieangebote – in wenigen Jahrzehnten werden dies 4 bis 5 Milliarden Menschen sein. Durch ein steigendes Wohlstandsniveau in bevölkerungsreichen Ländern wie China, Indien, Brasilien, Mexiko und Südafrika wird sich das Weltsozialprodukt bis Mitte unseres Jahrhunderts verdreifachen. Rechnet man gleichzeitig noch das Bevölkerungswachstum hinzu unter den Bedingungen der heutigen Nutzung von Energie und Rohstoffen, dann wäre dies für die Ökosysteme eine Katastrophe.

Der zweite Aspekt ist die Klimaproblematik und die damit einhergehende prognostizierte Erwärmung. Ist bei dieser globalen Herausforderung die Menschheit erstmals dazu in der Lage zu agieren, bevor absehbare Zukunftstendenzen zur Katastrophe werden? Oder werden wir erst reagieren, wenn wir dazu gezwungen werden? Was wir heute anrichten ist ein Angriff, den wir erst in der Zukunft in aller Tragweite spüren, da z.B. das Klimasystem sehr träge reagiert. Sind wir geistig, kulturell, politisch-ökonomisch auf ein ganz anderes, ein prozessuales Vorgehen unter Berücksichtigung der Zeitverzögerung vorbereitet? Auch hier geht es auf keinen Fall so weiter.

Sind wir also in der Lage, vor dem Hintergrund unseres Wissens über die Zukunft, in der Gegenwart die Konsequenzen daraus zu ziehen, die wir ziehen müssten? Beim dritten Aspekt geht es um die Ungleichheit in der Verteilung der Ressourcen. Persönlichkeiten wie James Schlesinger oder Henry Kissinger sehen hierin den entscheidenden Konfliktpunkt. Weltmacht Energie bedeutet auch eine Auseinandersetzung mit der Frage, wer über die billigen, massenhaft anzubietenden Ressourcen bestimmt. Dass dies eine Frage ist, die möglicherweise mit kriegerischen Konflikten verbunden ist, wissen wir seit einigen Jahren. Diese drei Aspekte machen deutlich: Die bisherige Philosophie der Menschheit, Ressourcen massenhaft und billig zu nutzen, geht aus ökologischen, ökonomischen und politischen Gründen nicht mehr. Sind wir in Anbetracht dieser Lage im Stande, möglichst schnell zu einem anderen Verständnis in der Nutzung von Energie und Ressourcen zu kommen?

Die Schlüsselfrage ist, ob wir eine absolute Senkung des Energie- und Rohstoffverbrauchs erreichen können, die wirtschaftlich interessant und ökologisch notwendig ist. Ist es nicht eine große Chance, die Produktivitätsentwicklung zu verlagern von dem Faktor Arbeit auf die Nutzung von Rohstoffen und Energie? Ist das nicht eine faszinie-

on the environment whose full impact we will only feel much later, because our climate, for example, only reacts very slowly. Are we mentally, culturally, politically and economically prepared to undertake a completely different, process-related approach that takes this time lag into account? Once again, things can't go on as they have. Are we therefore capable, on the basis of what we already know about the future, of taking the necessary measures here and now?



Um den Anteil der Ozonbildung durch Pflanzen zu bestimmen, werden einzelne Pflanzenteile in Teflon-Küvetten verpackt und die Aufnahme und Abgabe von Spurengasen gemessen.

In order to determine the role played by plants in ozone formation individual parts of the plants are enclosed in Teflon cuvettes and the uptake and release of trace gases measured.

The third aspect concerns the inequality in the distribution of resources. Prominent figures such as James Schlesinger and Henry Kissinger have identified this as the decisive point of conflict. Resolving the geopolitical issue of access to energy involves a consideration of who should control cheap and widely available resources. That the tensions involved can lead to military conflict has been demonstrated only too clearly in recent years. These three aspects show that the current philosophy of making natural resources cheaply and widely available is no longer tenable for ecological, economic and political reasons. Given this realisation, are we now capable of developing as quickly as possible a different understanding of how best to utilise energy and natural resources? Here the key question is whether we can achieve an absolute reduction in our consumption of energy and raw materials – and do so in a way that is economically attractive as well as ecologically necessary.

Indeed, doesn't this situation provide us with a major opportunity to start achieving productivity increases in terms not of labour but rather the usage of raw materials and energy? Is it not a fascinating vision that rather than technology making people obsolete, labour and technology might soon replace the use of energy and raw materials with the aim of creating jobs, protecting

rende Vision, statt Menschen durch Technik arbeitslos zu machen, Energie und Rohstoff durch Arbeit und Technik zu ersetzen mit dem Ziel, Arbeit zu schaffen, die Umwelt zu schützen und neue Märkte zu entwickeln, die überall in der Welt gebraucht werden?

Ich glaube, jede leistungsfähige Wirtschaft ist davon abhängig, ob sie in Basis- und Querschnittstechnologien führend ist und ob sie über eine entsprechende Infrastruktur verfügt. Die entscheidende Basistechnologie der Zukunft und damit entscheidender ökonomischer Erfolgsfaktor wird das Prinzip der Energie- und Rohstoff-intelligenz sein. Und die Volkswirtschaft, die hierfür die beste Infrastruktur hat, wird auch ökonomisch führend sein. Ziel wäre, in einem gemeinsamen Verbund zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, die Voraussetzung für eine derart führende Rolle zu schaffen. Damit verbunden ist der Sprung in eine regenerative Zukunft. Bereits heute haben 46 Staaten in der Welt das deutsche System in der Förderung regenerativer Energien im Strombereich übernommen, welches uns einen Anteil von 10,2 Prozent erneuerbarer Energien in der Stromversorgung eingebracht hat. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass man mit dem Mut, als Vorreiter neue Wege zu beschreiten, viel bewegen konnte.

So sollte unser gemeinsames Ziel darin bestehen, die Ökologie nicht als Bedrohung, sondern als Chance zur Erneuerung der Wirtschaft und zur Zukunftsfähigkeit der modernen Gesellschaften zu begreifen!

Außenfassade des Jülicher Schülerlabors JuLab: So sehen Kinder die Zukunft.



the environment and developing new markets that are required throughout the world?



Façade of the Jülich Schools Laboratory (JuLab): this is how children see the future.

A crucial factor for all high-performance economies, in my opinion, is that they should lead the way in basic and cross-sectional technologies as well as possessing the requisite infrastructure. The key basic technology of the future, and therefore the decisive factor for economic success, will be the intelligent use of energy and raw materials. The national economy with the best infrastructure in this regard will also perform the best. Our aim should therefore be to create, through an alliance between industry, science and politics, the conditions required to attain such a leading role. Going down this road also involves a leap into a regenerative future. Today 46 countries around the world have already adopted the German system of promoting the use of renewable energy sources in the field of power generation. As a result of this policy, renewable energy sources already account for 10.2 percent of the power supply in Germany. This example shows that with the courage to pioneer new approaches, it is possible to initiate meaningful change.

Our shared aim should therefore be to realise the ecological challenge is not a threat, but rather a golden opportunity to renew the economy and to make modern society fit to face the future.

Mein Tag im Schülerlabor

Annika Klein,
Schülerin einer Grundschule, besuchte JuLAB,
das Schülerlabor im Forschungszentrum Jülich

20.9.05 Mein Tag im Schülerlabor



Wir fahren am 20.9.05 mit der Klasse zum Forschungszentrum ins **JuLAB**. Als wir ankamen, erwarteten uns schon die Betreuerinnen. Sie führten uns in einen Raum, in dem wir uns setzten und gaben uns Anstecknadeln die unseren Namen trugen. Als uns Karl ein paar Fragen gestellt hatte, gingen wir nach draußen und holten in drei Eimern drei verschiedene Bodenarten: Aufgeschütteter Boden, Waldboden und Laubstreu. Danach ging es wieder nach drinnen, in einen großen Laborraum. Vor dem Raum standen zwei große Tafeln, mit einem dicken blauen Filzdeck. Auf einer Tafel stand **Positiv** auf der anderen **Negativ**. Die Tafel mit dem **Positiv** stand für Tischen die man gut fand, jedoch die mit dem **Negativ** für schlechtes. Die meisten fanden es sehr schön und haben daher etwas gutes geschrieben. Aber es gab natürlich auch welche, die es nicht so toll fanden. Nun aber wieder zurück zu den Experimenten.

Das 1. Experiment fand ich am besten, dabei hatte man vier verschiedene Tische. Die Tische musste man aufeinander stapeln und dann die gezielte Erde mit Inkt in ein Skript kleben.

Bei Versuch Nr. 2 konnte man mit einigen Tischen arbeiten. Zuerst musste man 100g Waldboden und 100g aufgeschütteten Boden in zwei gleiche Gefäße schütten. Danach brauchten wir 200ml Wasser. Das Wasser mussten wir dann zweimal über den Waldboden und 2mal über den

My Day at the Schools Laboratory

Annika Klein,
primary school pupil visited JuLAB,
the Schools Laboratory of Research Centre Jülich



Deutschland und die Energiefrage

Georg Wilhelm Adamowitsch,
Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie*

Deutschland befindet sich mitten in einer Phase energiepolitischer Grundsatzdebatten. Immer dringlicher stellen sich die Fragen: // Wie wird unsere Energiezukunft aussehen? Welchen Weg soll Deutschland einschlagen? Welchen Beitrag kann und muss die Politik leisten? //

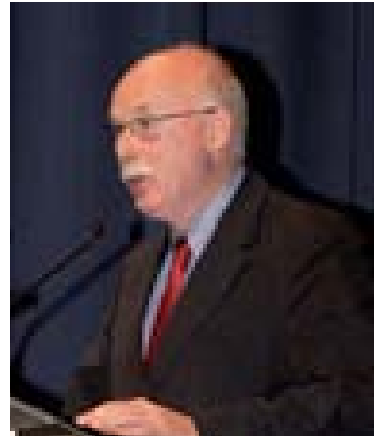
Ein neuer Diskussions- und Meinungsbildungsprozess wurde auf dem Energiegipfel am 3. April 2006 begonnen. Ziel ist die Erarbeitung eines energiepolitischen Gesamtkonzeptes bis 2020. Damit will die Bundesregierung Wirtschaft und Verbrauchern eine Orientierung und verlässliche Grundlage für ihre Investitionsentscheidungen geben.

Blicken wir zurück auf den Anfang der 1950er-Jahre. Deutschland war noch stark von den Auswirkungen des Krieges gezeichnet. Die Energiesituation dieser Zeit war schwierig, die für die Energiepolitik Verantwortlichen zogen am gleichen Strick – um es plastisch zu sagen, am „Kohlestrick“. So betrug der Beitrag der Kohle zur Primärenergiebedarfsdeckung Deutschlands rund 85 Prozent. Durch den sich beschleunigenden Wirtschaftsaufschwung galt damals die Faustregel: „Der Energiebedarf verdoppelt sich im Laufe von jeweils 14 Jahren.“

Die Erwartung einer drohenden „Energienücke“ macht das damalige klare „Ja“ zur heimischen Steinkohle und eine Nutzung der Kernenergie verständlich, von der sich manche sogar die Lösung aller Energieprobleme – und zwar „auf ewig“ – erhofften.

Heute wissen wir, dass die Entwicklung durch viele Überraschungen anders verlaufen ist. Stichwörter sind unter anderem „Sturz des persischen Schah-Regimes“, „Störfall im Tschernobyl-Reaktor“ und „die Ratifizierung des Kyoto-Protokolls“.

Es zeigt sich, dass die Wahrheit von heute oft der Irrtum von morgen ist. Gerade deshalb ist Forschung und Entwicklung von so großer Bedeutung.



Kohlekraftwerke liefern einen Baustein der deutschen Energieversorgung.



* Aus einer Rede, gehalten am 23. Mai 2006 auf dem Jülicher Zukunftsforum Energie in Essen. Georg Wilhelm Adamowitsch ist Ende August 2006 aus dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie ausgeschieden.

Germany and the Energy Question

**Georg Wilhelm Adamowitsch,
State Secretary in the Federal Ministry of Economics and
Technology***

Germany is currently in the midst of a lively debate regarding energy policy, and finding answers to the following questions is becoming increasingly urgent:

/// What does the future hold with regard to our energy supply? What path should Germany take? What role can and must be played by policy-makers? ///

The German energy summit on 3 April 2006 initiated a new phase of the discussion as well as a new opinion-shaping process. The government's aim is to create an overall framework for energy policy up to 2020, which will provide orientation for businesses and consumers and create a reliable basis for making investment decisions.

Let's look back to the early 1950s, when Germany was still suffering greatly from the effects of World War II. The country faced an extremely difficult energy supply situation, and those responsible for Germany's energy policy were in agreement that the focus should be on coal, the "black gold" which supplied about 85 percent of Germany's primary energy needs at the time.

As the country's economic miracle accelerated, the rule of thumb was that Germany's energy demand would double every 14 years. Given the resulting fears of an "energy gap", it is easy to understand why policy-makers at the time promoted coal mining and the use of nuclear energy, which some even thought could provide a "permanent" solution to all Germany's energy problems. Things turned out entirely differently than anticipated, however, due to a number of surprising developments, including the overthrow of the Shah of Persia, the Chernobyl disaster and the ratification of the Kyoto Protocol, to name just a few events.

All of this should remind us that today's truths often become tomorrow's delusions – and that's why research and development continue to be so important.

Coal power plants provide a building block for the German energy sector.



* From a speech given on 23 May 2006 at the Jülich Innovation Forum on Energy in Essen. Georg Wilhelm Adamowitsch left the Federal Ministry of Economics and Technology at the end of August 2006.

Zur Optimierung des gesamten Energiesystems erscheint es sinnvoll, die künftige Energiepolitik Deutschlands auf fünf Leitlinien zu gründen:

1. Deutschlands Zukunft liegt in einem ausgewogenen Energiemix aus Öl, Gas, Steinkohle, Braunkohle, Kernenergie und erneuerbaren Energien.
2. Prioritär für Deutschland sind international wettbewerbsfähige Energiepreise.
3. Der wichtigste Schlüssel zur Lösung der Energiefrage in Deutschland liegt auf dem Feld der Energieeffizienz.
4. Die einen substantiellen und wirtschaftlichen Beitrag zur Energieversorgung Deutschlands leistenden erneuerbaren Energien müssen weiter ausgebaut werden.
5. Zwei gegenläufige Trends, Steigerung der Importquote bei gleichzeitiger Abnahme von Deutschlands Anteil an dem weltweiten Energieverbrauch, bedeuten für Deutschland eine wachsende Abhängigkeit vom Ausland.

Unter der Annahme eines moderaten wirtschaftlichen Wachstums, hoher Ölpreise und eines Verzichts Deutschlands auf die Kernenergie zeigen sich folgende Trends: Der Primärenergieverbrauch Deutschlands geht leicht zurück. Im Jahr 2030 wird er rund 15 Prozent unter dem Niveau des Jahres 2005 liegen. Die Struktur des Primärenergieverbrauchs verschiebt sich. Mineralöl verliert, bleibt aber mit einem Beitrag von 38 Prozent im Jahr 2030 der mit Abstand wichtigste Energieträger. Die Energieeffizienz verbessert sich deutlich; von 2000 bis 2030 um rund 1,5 Prozent jährlich. Die energiebedingten CO₂-Emissionen gehen weiter zurück. Im Jahr 2030 liegen sie fast 30 Prozent unter dem im Kyoto-Protokoll genannten Referenzjahr 1990. Deshalb muss das gesamte Energiesystem von der Energiegewinnung über die Umwandlung bis zur Bereitstellung der Energiedienstleistungen optimiert werden.

Die großen Unsicherheiten der künftigen Entwicklung bedürfen einer Stärkung von Forschung und Entwicklung moderner Energietechnologien. Wer Energiegeschichte schreiben will, muss in Technologien investieren; in erster Linie ist das eine Aufgabe der Wirtschaft. Die Bundesregierung unterstützt diesen Prozess durch Konzentration der Förderpolitik auf fünf Bereiche:

- > Moderne Kraftwerkstechnologien auf der Basis von Kohle und Gas einschließlich CO₂-Abtrennung und Speicherung.
- > Weitere Forschungsarbeiten zu Brennstoffzellen, die für eine kommerzielle Anwendung geeignet sind.

If we postulate a moderate rate of economic growth, higher oil prices and the phasing out of nuclear energy in Germany, we can envision a scenario marked by the following trends. Primary energy consumption will decline slightly in Germany. By 2030 it should be about 15 percent lower than it was in 2005. There will be a shift in the structure of primary energy consumption. Although consumption of crude oil will decline, this fossil fuel will still account for 38 percent of the country's primary energy needs in 2030, remaining the most important single source of energy by far. Energy efficiency will improve substantially, increasing by about 1.5 percent annually



Beim Jülicher Zukunftsforum wird die notwendige Diskussion zum Thema Energie-Mix vorangetrieben.

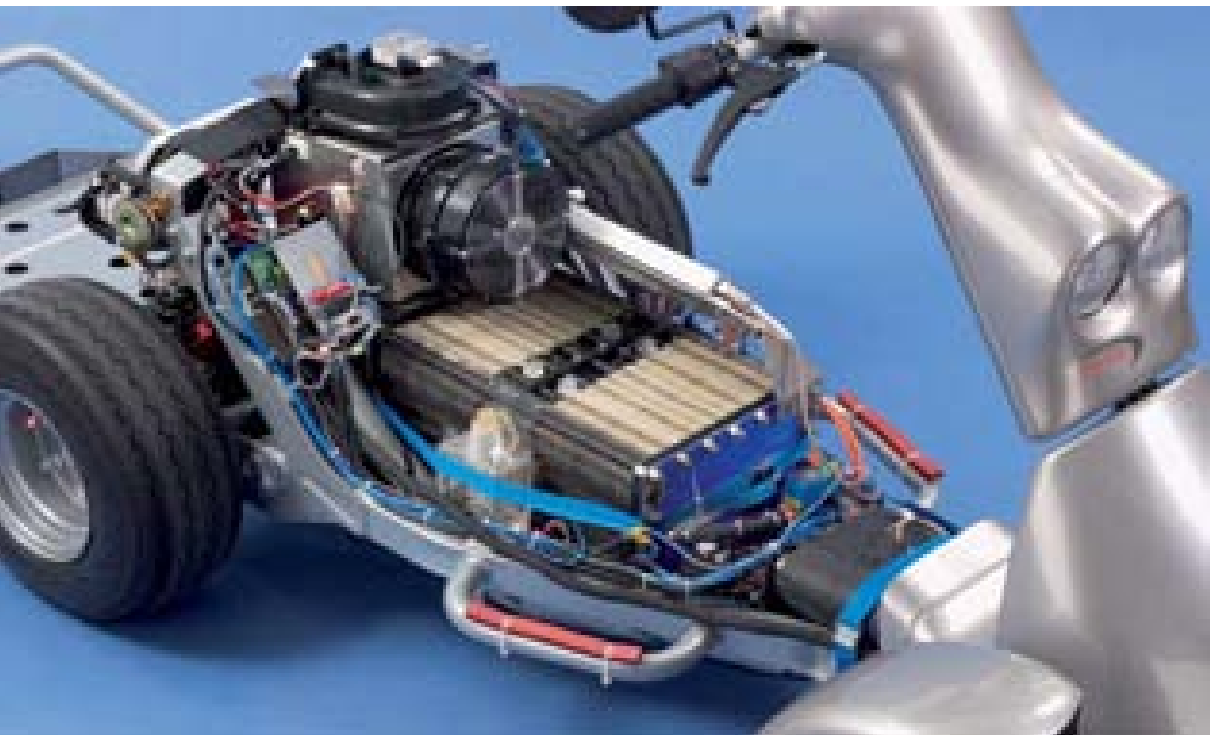
In "Innovation Forum Jülich", the essential issue of the energy mix was teased out.

from 2000 to 2030. Energy-related CO₂ emissions will continue to decline. By 2030, they will be almost 30 percent below the level of 1990, the reference year of the Kyoto Protocol. As a result of these developments, the entire energy system has to be optimised – from energy generation and transformation to the supply of energy-related services.

In view of this situation, it would be sensible to base Germany's future energy policy on five principles:

1. Germany's future is dependent on creating a balanced energy mix consisting of oil, natural gas, coal, lignite, nuclear power and renewable sources of energy.
2. The top priority is to ensure internationally competitive energy prices in Germany.
3. The key to solving Germany's energy problems is to increase energy efficiency.
4. Germany must expand the use of renewable sources of energy that can make a substantial, economically viable contribution to the country's energy supply.

- > Technologien und Verfahren für den Bereich „Energieoptimiertes Bauen“ zur Erschließung besonders großer und wirtschaftlich zu erschließender Energieeinsparpotenziale.
- > Intensivierung von Forschung und Entwicklung zur Kostensenkung bei der Nutzung von erneuerbaren Energien sowie neue Akzente bei der Nutzung der Bioenergie.
- > Ausbau der nuklearen Sicherheits- und Endlagerforschung zur Sicherstellung von Betrieb und Entsorgung von Kernkraftwerken nach dem neuesten Stand von Wissenschaft und Technik und unter höchsten Sicherheitsstandards.



Das international anerkannte Forschungszentrum in Jülich hat insbesondere auf dem Gebiet moderner Energietechnologien einen ausgezeichneten Ruf. Moderne Energietechnologien sind für eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung Deutschlands unverzichtbar. Das Bundeswirtschaftsministerium erwartet daher vom Forschungszentrum Jülich auch in den nächsten 50 Jahren herausragende Forschungsergebnisse. Ich wünsche mir, dass mein Nachfolger beim 100-Jahres-Jubiläum im Jahr 2056 das bestätigen kann, was ich heute feststelle: // Das Forschungszentrum Jülich hat sich um Forschung und Entwicklung moderner Energietechnologien in Deutschland verdient gemacht. //

Eine Brennstoffzelle liefert Strom für den Scooter JuMOVE.

A fuel cell provides electricity for the JuMOVE scooter.

5. *Germany is facing two opposing trends. Although the country is accounting for a smaller share of the world's energy consumption, a larger share of the energy it uses is being imported. As a result, Germany is becoming more dependent on foreign sources of energy.*

With the great uncertainty regarding future developments, there is a need to intensify research and development in the area of advanced energy technologies. Adding a new chapter to energy history will require investment in new technologies – a mission that will have to be accomplished by industry, for the most part. However, the German government is providing support for this process by promoting five key areas:

- > *State-of-the-art power plant technologies using coal and natural gas, including systems for CO₂ separation and sequestration.*
- > *Continuing fuel cell research with the aim of achieving commercial applications.*
- > *Technologies and processes for optimising the energy efficiency of buildings, in order to exploit potential energy savings that are very large and economically feasible.*
- > *Intensified research and development to cut costs of using renewable sources of energy and to create new approaches to using bioenergy.*
- > *Intensified research in the areas of nuclear safety and final disposal of nuclear waste, with the aim of safeguarding the operation of nuclear power plants and nuclear waste management by using state-of-the-art technology according to the latest scientific findings and in line with the most stringent safety standards.*

The internationally recognised research centre at Jülich has an excellent reputation, particularly in the development of cutting-edge energy technologies. Such technologies are essential if we intend to provide Germany with a secure, economical and environmentally friendly supply of energy. The Federal Ministry of Economics and Technology therefore expects that Research Centre Jülich will continue to provide outstanding research results over the next 50 years as well. When the Centre celebrates its centenary in 2056, I hope my successor will be able to confirm the message I would like to share with you today, // namely that Research Centre Jülich has made a major contribution to the research and development of advanced energy technologies in Germany. //

Unser Land braucht gute Ideen

Christa Thoben,
Ministerin für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des
Landes Nordrhein-Westfalen

Deutschland hat sehr lange geglaubt, als wohlhabendes Land vor Versorgungsengpässen und -unsicherheiten geschützt zu sein. Notfalls, so der Trugschluss, ließe sich irgendwo auf dem Weltmarkt die erforderliche Energie kaufen. Doch Dauerkrisen im Nahen Osten, Zweifel an der Verlässlichkeit der Gasversorgung sowie Abhängigkeit von wenigen Lieferländern mit teils unzulänglichen demokratischen Strukturen werfen die Frage nach einer sicheren Energieversorgung neu und mit großer Dringlichkeit auf.

Nordrhein-Westfalen begrüßt deshalb, dass die Bundesregierung die Initiative zur Entwicklung eines nationalen Energiekonzepts ergriffen hat. Wir brauchen nationale Verabredungen über die Vorsorgestrategie im Hinblick auf die weltweit knapper werdenden fossilen Ressourcen. Einzubeziehen sind dabei *alle* Felder; ich würde aus nordrhein-westfälischer Sicht nichts ausschließen wollen. Die Frage ist, ob es gelingt, jeder Energiequelle unter Berücksichtigung der drei Ziele Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit einen nachvollziehbaren Stellenwert bei der Lösung von Versorgungsproblemen beizumessen.

Dabei wird nach meiner Überzeugung die Steigerung der Energieeffizienz einen hohen Stellenwert einnehmen. Das gilt für Strom, Wärme und Kälte sowie für Antriebsstoffe. Im Kraftwerksbereich liegt ein besonders großes Potenzial zur Effizienzsteigerung – übrigens auch mit positiven Wirkungen auf den Arbeitsmarkt. Und spektakulär sind auch die Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand – eine Einsparquelle, die noch völlig unterschätzt wird, denn hier besteht, z. B. beim Energieverbrauch für Raumwärme, ein Sparpotenzial von ca. 50 Prozent.

Nordrhein-Westfalen setzt auf einen Versorgungsmix. Wir wollen durch den vermehrten Einsatz heimischer Energieträger die Importabhängigkeit reduzieren. Aber: Was ist ein heimischer Energieträger? Gehört dazu, unabhängig von der Wirtschaftlichkeit der Förderung, alles, was im Boden vorzufinden ist? Oder ist das vielleicht nur eine Ressource, und eine Reserve ist nur der Teil, der sich unter wirtschaftlichen Bedingungen heben lässt? Wer den Hinweis als leichtes Fragezeichen hinter die Steinkohlepolitik in Deutschland setzt, hat ihn richtig verstanden. Wir wollen auch, und das wird für Nordrhein-Westfalen die schwierigste Frage werden, die Steinkohlepolitik neu aus-



Die weltweite Entwicklung im Energiebereich, die Verknappung der Ressourcen, die wachsende, teils auch schmerzhaft Importabhängigkeit und der notwendige Schutz des Weltklimas erfordern dringend eine Neuausrichtung der Energiepolitik. Inzwischen ist Energiepolitik – was vielen lange Jahre nicht bewusst war – ein Kernelement der Wirtschaftspolitik, sie ist Strukturpolitik, verzahnt mit Industrie-, Technologie-, Forschungs- und Mittelstandspolitik, und sie ist zunehmend auch Außen- und Sicherheitspolitik.

Good Ideas are Needed

Christa Thoben,
Minister of Economic Affairs and Energy of the State of
North Rhine-Westphalia

Germany believed for a very long time that as a wealthy country it could remain immune to shortages and instability in the energy supply. In the worst case, according to this fallacy, whatever energy the country required could be obtained somewhere on the world market. However, the permanent state of crisis in the Middle East, doubts concerning the reliability of natural gas supplies, and dependence on just a few supplier countries whose democratic structures are in some cases clearly inadequate have led to a re-evaluation of the issue of secure energy supplies, as well as a greater sense of urgency in this regard.

The state of North Rhine-Westphalia therefore welcomes the federal government's initiative for the development of a national energy concept. We need nationwide agreements on a supply strategy in view of the dwindling fossil resources at our disposal. From the perspective of North Rhine-Westphalia, no energy-relevant area should be excluded here. The key question is whether when defining solutions to supply problems in terms of the three goals of economy, security of supply, and environmental compatibility, we will be able to assign a role to every energy source .

Global developments in the energy sector, scarce resources, the growing – and in some cases painful – dependence on energy imports, and the need to protect the global climate all point to the urgent necessity of refocusing energy policy. For many years, people failed to realise that energy policy is a basic element of economic policy; it is a component of structural policy that is linked to industrial, technological, and research policy, and also policy regarding small and medium-sized businesses. It is also increasingly becoming a part of foreign and security policy.

I firmly believe that increasing energy efficiency will be a top priority here – whether this involves electricity, heat, refrigeration or motor fuels. There is particularly great potential for raising energy efficiency in power plants, and this can have a positive impact on the job market as well. There are also spectacular possibilities for increasing energy efficiency in buildings, a source of savings that's still completely underestimated. In fact, the savings potential in terms of space heating is around 50 percent.

North Rhine-Westphalia is pursuing the strategy of a mixed energy supply. We want to reduce import dependency by using more domestic energy carriers. But what exactly is a domestic energy carrier? Should this designation include anything in the ground, regardless of how much it costs to extract it? Or does the term energy reserves only include those resources that can be extracted in an economical way? Those who interpret this as questioning Germany's policy regarding hard coal are right on the mark. We also want to refocus hard-coal policy, and this will be the most difficult energy issue for North Rhine-Westphalia. When more than 50 percent of the NRW Ministry of Economic Affairs' budget is spent

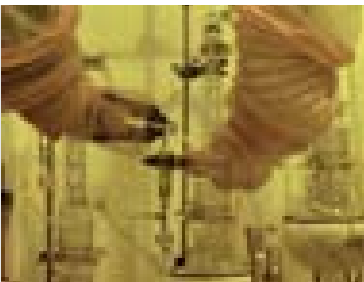
richten. Wenn über 50 Prozent des Etats des Ministeriums des Landes an 38 000 Arbeitsplätze im Steinkohlebergbau gehen und gleichzeitig eine Million Menschen Arbeit suchen, dann ist das eine Botschaft, die sich nach meiner Überzeugung nicht lange aufrechterhalten lässt. In Nordrhein-Westfalen haben wir einen sozialverträglichen Ausstieg aus den Subventionen verabredet. Die Entscheidung über die künftige Nutzung der Steinkohle ist eine energiepolitische Entscheidung der Bundesregierung.

Wir möchten auch die erneuerbaren Energien wirtschaftlich nutzen. Die Techniken dazu sind teils schon in der Nähe der Wirtschaftlichkeit, teils noch ein Stück davon entfernt. Wir sind der Meinung, dass insbesondere Erdwärme, Biomasse, Solarenergie und die Brennstoffzelle bei uns mit dem Ziel der Effizienzsteigerung weiterentwickelt werden sollten. Dabei wollen wir auch jene Energietechniken beherrschen, die in Nordrhein-Westfalen nicht wirtschaftlich einsetzbar sind – wir wollen ihre industriepolitischen Chancen für unser Land nutzen.

Zur Kernenergie nur diesen Hinweis: Wer aussteigen will, muss nach meiner Überzeugung auch sagen, wo er einsteigen will, und zwar sowohl unter Berücksichtigung der Kosten als auch der Klimawirkungen. Gefragt ist Realismus, sind Fakten und keine ideologischen Klimmzüge. 50 Prozent des Grundlaststroms werden aus Kernenergie erzeugt. Zwar haben wir in Nordrhein-Westfalen kein kommerziell betriebenes Kernkraftwerk, aber wir haben viele stromintensive Branchen, das sind Tausende von Arbeitsplätzen. Ebenso ist unbestritten: Kernenergie ist mit Risiken verbunden, die bei ihrer Nutzung beherrscht werden müssen. In Deutschland gibt es beste Voraussetzungen, denn wir haben höchste Sicherheitsstandards. Wir haben deshalb die Pflicht, die sicherheitstechnische Forschung weiter voranzutreiben und damit zum sicheren Betrieb von Kernkraftwerken nicht nur hier, sondern auch weltweit beizutragen. Dazu gehört auch die Entsorgungsfrage. Ich begrüße es daher sehr, dass die Koalition in Berlin verabredet hat, die Frage der Endlagerung bis Ende dieser Legislaturperiode anzugehen. Und ich freue mich über die Aufstockung der Forschungsmittel für die Energieforschung – auch weil sie die Sicherheitsforschung im Zusammenhang mit der Kernenergienutzung ausdrücklich einschließt.

Dem Forschungszentrum Jülich, der RWTH Aachen und anderen Einrichtungen in Nordrhein-Westfalen sage ich: // Gehen Sie mit guten Ideen auf diese Programme zu. Ich wünsche mir, dass Jülich und andere Forschungseinrichtungen die Kenntnisse, die sie auf diesem Gebiet haben, pflegen und weiterentwickeln. Fördern Sie den Nachwuchs in unserem Land und halten Sie ihn, damit das Energieland Nummer eins auch in diesen Technologien auf Dauer sein Know-how ausbauen und seinen Beitrag zur Lösung von Zukunftsfragen leisten kann! //

I call upon Research Centre Jülich, RWTH Aachen University, and other institutes and universities in North Rhine-Westphalia to contribute their good ideas to these research programmes. // It is my wish that Jülich and other research institutions maintain and further develop the know-how they have in this field. I say to you: encourage up-and-coming scientists and researchers in North Rhine-Westphalia – and hold on to them so that the number one energy state can consolidate its expertise in these technologies and help to resolve the pressing issues of the future. //



Der Umgang mit Entsorgungs- und Sicherheitsfragen hat in Jülich lange Tradition.

Addressing questions of waste disposal and safety has long been a tradition in Jülich.

on maintaining 38,000 jobs in the hard-coal sector, while a million people are looking for work, you have what I regard as an untenable situation. Here in North Rhine-Westphalia, we've reached agreement on a strategy to discontinue hard-coal subsidies in a socially acceptable manner. The decision regarding the future use of hard coal is thus now an energy policy decision to be taken by the federal government.

We also want to exploit renewable energy resources cost-effectively. Some technologies for this are already economically viable, while others still have some way to go. We believe that geothermal energy, biomass, solar energy, and fuel cells should continue to be developed in our state with the goal of boosting efficiency. We also seek to master energy technologies that cannot be utilised economically in North Rhine-Westphalia, as we wish to exploit the industrial opportunities they present to our state.

As far as nuclear power is concerned, I will say the following: Those who wish to stop using this type of energy must also state alternatives and justify them in terms of both costs and climate impact. What we need is realism and facts – not knee-jerk ideological reactions. Today, 50 percent of the base electricity load is generated by nuclear reactors. We do not have any commercially operated nuclear power plants in North Rhine-Westphalia, but we do have many energy-intensive industrial sectors, and thousands of jobs that depend on these industries. No one denies that nuclear power poses risks that must be controlled. However, Germany has ideal conditions in this regard, as we have extremely high safety standards. We therefore have an obligation to continue safety-related research and help ensure the secure operation of nuclear power plants not just here, but around the world. This also involves final disposal of nuclear waste, and I'm very pleased that the coalition government in Berlin has decided to address this issue during the current legislative period. I'm also pleased that funding for energy research has been increased, since such funding expressly includes safety research as related to nuclear power.

Erkenntnisse aus dem Supercomputer

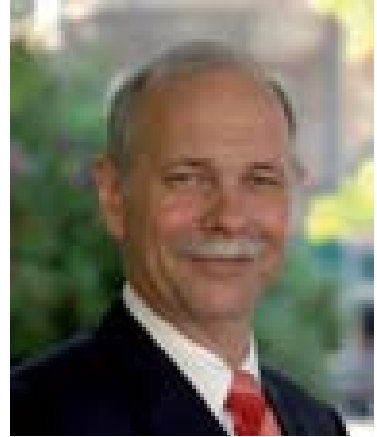
Jürgen Mlynek,
Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Durch Computer hat sich die Wissenschaft mehr verändert, als man vor 50 Jahren ahnen konnte. Computer sind heute neben Theorie und Experiment zum dritten Standbein der Forschung geworden. Simulationen nach vorgegebenen Regeln sind Experimente im Computer und führen zu Einsichten, die wir weder durch Experimente in der Natur noch durch analytisch ausformulierte Theorien erhalten könnten.

Durch die Chaosforschung in den 1980er-Jahren wurde ein breites Publikum aufmerksam: Am Computer ließ sich durchspielen, wie sich Strömungsmuster oder Phasenübergänge entwickeln, und dabei wurde auch klarer, warum sich vom Mikrokosmos bis zum Makrokosmos viele Strukturen gleichen – sie bilden sich offenbar nach ähnlichen, dynamischen Gesetzen. Auch wie sich aus einfachen Teilen und wenigen Regeln komplexe Systeme selbst organisieren und neue Eigenschaften erwerben, haben uns erst Computersimulationen vor Augen geführt. Dieses Phänomen der „Emergenz“, des Auftauchens von neuen Qualitäten, wenn Systeme komplexer werden, lässt sich in ganz unterschiedlichen Feldern beobachten: von Vielteilchensystemen bis zum Universum, vom Einzeller bis zum Gehirn des Homo sapiens mit seinen rund 100 Milliarden Nervenzellen.

Treibende Kraft für immer höhere Rechenkapazitäten ist auch die Quantentheorie als Grundlage für Berechnungen in der Materialforschung, der Informationstechnik und der Molekularbiologie, aber natürlich auch in der Kosmologie. Bei Systemen aus vielen „Bausteinen“ steigt der Rechenaufwand exponentiell mit deren Anzahl. Eigenschaften solcher Systeme vorherzusagen, ist daher nur mit enormer Rechengeschwindigkeit möglich. Und drängende Fragen in den Geowissenschaften wie etwa in der Klimaforschung, aber auch das Verständnis komplexer biologischer Systeme erfordern den weiteren Ausbau der Computerleistung. In Deutschland und Europa wird der Bedarf an Rechenzeit in den kommenden fünf Jahren in vielen Bereichen der Wissenschaft um den Faktor tausend steigen. Dafür brauchen wir Supercomputer der jeweils leistungsfähigsten Kategorie, denn dies sind heute die Großgeräte der Theorie.

Wir sehen es in der Helmholtz-Gemeinschaft als unsere ureigenste Mission an, solche Großgeräte zum Nutzen der Wissenschaft und der Gesellschaft und damit auch



JUBL. In seinen vier klimatisierten Türmen arbeiten insgesamt 16 384 Prozessoren.

Supercomputers as Research Partners

Jürgen Mlynek,
President of the Helmholtz Association

Computers have transformed science to a greater degree than anyone could have anticipated 50 years ago. Alongside theoretical analysis and experimentation, computers are today the third pillar of scientific research.

Simulations conducted in accordance with predefined rules are experiments on computers, and lead to insights that we could neither gain from experiments in nature nor from analytically developed theories.

In the 1980s, the general public became more aware of the scientific importance of computers as a result of their usefulness in chaos research. Computers allowed scientists to simulate the development of flow patterns and phase transitions, and in the process made it clearer why many structures were the same on a microcosmic and macrocosmic scale, as they were apparently created on the basis of similar, dynamic laws. In the same way computer simulations revealed how simple components and a small set of rules could allow complex systems to assemble themselves and acquire new characteristics. The emergence of new qualities in systems when they become increasingly complex is a phenomenon that can be observed in many different areas, ranging from many-particle systems all the way to the universe, and from single-cell organisms to the brain of Homo sapiens with its approximately 100 billion nerve cells.

Another driving force for higher computing capacities is the use of quantum theory as a basis for calculations in materials research, information technology, molecular biology and, naturally enough, in cosmology. In systems consisting of numerous components, the computing requirements increase exponentially with their number. Predicting the characteristics of such systems is only possible with the help of extremely high computing speeds. Despite the progress that has already been made, computer performance will have to be upgraded further in order to address important issues in the geosciences – in climate research for example – and to gain deeper insights into complex biological systems. Many scientific disciplines in Germany and other European countries will experience a thousand-fold increase in the demand for computing time over the next five years. To meet this demand, we will require supercomputers with the highest performance possible, as these devices are today the large-scale research systems of theoretical analysis.



JUBL: a total of 16 384 processors operate in its four climate-controlled racks.

der Wirtschaft zu betreiben. Daher unterstützen wir auch die Anstrengungen des Forschungszentrums Jülich, extrem leistungsfähige Supercomputer aufzubauen und für wissenschaftliche Fragestellungen zu optimieren. Seit Jahren treiben die Wissenschaftler des Forschungszentrums in Jülich in Zusammenarbeit mit anderen Helmholtz-Zentren, insbesondere mit Kollegen vom DESY und der GSI, diese Entwicklung voran. Im Jülicher John von Neumann-Institut für Computing (NIC) steht seit kurzem ein neuer Rekordhalter: der Jülicher Blue Gene/L-Rechner, kurz JUBL. In seinen vier klimatisierten Türmen arbeiten insgesamt 16 384 Prozessoren im Parallelbetrieb und erreichen so eine Rechenleistung in der Spitze von 45,8 Teraflops oder 45,8 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde. Das entspricht in etwa der Leistung von 12 000 durchschnittlichen Personalcomputern.

JUBL ist weltweit unter den Top Ten der Supercomputer, und in Europa ist er sogar der schnellste Rechner, der allein für die Forschung zur Verfügung steht. Vor allem in den USA, in Japan und China werden aber jetzt enorme Anstrengungen unternommen, um die nächste Stufe zu erreichen: Petaflop-Supercomputer, die Billionen Rechenoperationen pro Sekunde leisten.

In diesem Rennen nach höherer Leistung dürfen wir nicht zurückbleiben, denn es geht um mehr als nur um Rechenrekorde: Es geht darum, mit den jeweils modernsten Werkzeugen zu arbeiten, um in der Forschung voranzukommen. Von der Quantenchromodynamik bis zum Design neuartiger Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften, von der Proteomforschung bis zur Geburt der Materie und des Universums. Wenn wir die Welt um uns verstehen wollen, brauchen wir Supercomputer.

Von der Jülicher Rechenkapazität profitieren schon heute über 200 europäische Forschergruppen. Sie werden dort von einem Expertenteam unterstützt, das darauf spezialisiert ist, die jeweiligen Fragestellungen auf geeignete Algorithmen abzubilden und so den Rechner optimal zu nutzen.

Blick auf den Supercomputer JUMP mit insgesamt 1312 Prozessoren.



More than 200 European research groups are already benefiting from the computing power in Jülich, where there is a team of experts specialised in depicting the researchers' queries in the form of appropriate algorithms that ensure optimum use of the computer.

At the Helmholtz Association, we consider it our primary mission to operate such large devices for the benefit of science, and consequently also of the economy and society at large. As a result, we support Research Centre Jülich in its efforts to set up extremely high-performance supercomputers and optimise them for conducting scientific research. For many years now, scientists at the research centre in Jülich have been working towards this goal in cooperation with colleagues at other Helmholtz Centres, in particular at DESY and GSI. Jülich's John von Neumann Institute for Computing (NIC) recently added another supercomputer to its inventory by setting up the record-breaking Jülich Blue Gene/L computer, or JUBL for short. The system has four climate-controlled towers containing a total of 16,384 processors in parallel operation. They achieve a peak computing performance of 45.8 teraflops (45.8 trillion computations per second), which corresponds to the capabilities of approximately 12,000 average personal computers.

JUBL is among the top ten supercomputers in the world, and it is the fastest computer in Europe used solely for scientific research. Particularly in the United States, Japan and China, engineers are now making great efforts to attain the next level of computer development, the petaflop supercomputer, which can perform quadrillions of computations per second.

Looking down onto the JUMP supercomputer with its total of 1312 processors.

Germany cannot afford to fall behind in this race for greater performance as there is far more at stake than just achieving new computing records. Instead, the goal is to create the world's most advanced tools for furthering scientific research. From quantum chromodynamics and designing new materials with customised properties to proteome research or exploring the origins of matter and the universe: we need supercomputers if we are to understand the world about us.

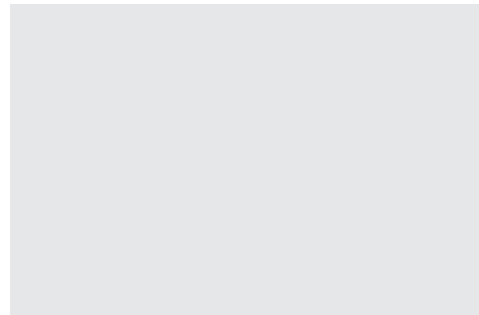
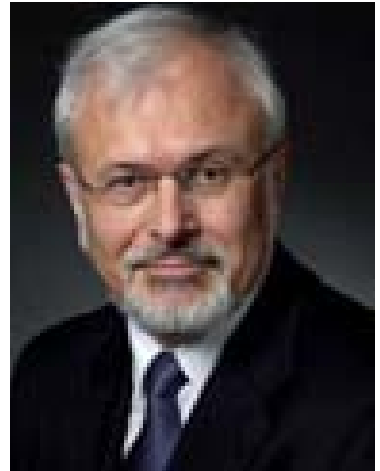


Die Zukunft braucht Jülich

Eberhard Umbach,
Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

In den letzten Jahren ist das Geld knapp geworden. Das spürt auch die Forschung trotz gegenteiliger Absichtserklärungen der Politik. Mit einem viel zu geringen Forschungsanteil am Bruttosozialprodukt orientiert sich Deutschland mittlerweile am Mittelfeld und nicht an der Spitze der führenden Industrienationen. Dabei bräuchten wir als rohstoffarmes und in der Produktion teures Land dringend innovative Ideen und technologischen Fortschritt, die vor allem aus einer breit aufgestellten und vernünftig finanzierten Forschungslandschaft erwachsen. Besonders hart sind von den Einsparungen – trotz Exzellenzinitiative – die Universitäten betroffen, die darüber hinaus zunehmende Studierendenzahlen und ein Wechselbad von Reformen über sich ergehen lassen müssen. Da verwundert es nicht, dass häufiger die Frage zu hören ist, ob man eigentlich immer noch teure Großforschungszentren benötigt, zumal ein Teil der großformatigen Forschung, wie zum Beispiel die Kernforschung, drastisch zurückgefahren wurde. Eine solche Frage ist ernst zu nehmen, da finanzielle Argumente Eigendynamik entwickeln können und die Zahl derer, die nicht von der Forschung an großen Zentren profitieren oder mit solchen Zentren kooperieren, beträchtlich ist. Nur überzeugende Visionen und klare Konzepte können schlagkräftige Gegenargumente liefern.

Die Forschungslandschaft in Deutschland ist vielschichtig und bezüglich der Aufgabenteilung grundsätzlich gut gegliedert: An Max-Planck-Instituten wird Grundlagenforschung und an Fraunhofer-Instituten anwendungsorientierte Forschung betrieben. Sie werden durch die Universitäten ergänzt, deren Projekte typischerweise auf kleineren Skalen bezüglich Ausstattung, Personal und Dauer ablaufen, dafür aber vor allem den Nachwuchs ausbilden und diesen für die Forschung motivieren. Die Industrie betreibt interessensgemäß Produktentwicklung und – mit leider abnehmender Tendenz – Anwendungsforschung. Dazu kommen die Institute der Helmholtz- und der Leibniz-Gemeinschaft, die in diesem Konzert in mehrerlei Hinsicht zentrale Instrumente spielen. Sie sind einerseits für die großskalige Forschung und andererseits für gesellschaftlich relevante und für die Zukunftssicherung notwendige Forschungsaufgaben zuständig, die von den anderen Institutionen nicht oder nicht in ausreichendem Maße wahrgenommen werden können. Großskalige Forschung meint große Forschungsgeräte, die hohe Investitionen und hohen Betriebs- und Betreuungsaufwand erfordern, ebenso wie lange Zeitskalen für Projekte, die Ausdauer und Kontinuität verlangen und nur mit einer langfristig angelegten Planungssicherheit zum Erfolg geführt werden können.



Blick in das Fusionsexperiment TEXTOR
*Looking into the TEXTOR fusion
experiment.*

The Future Needs Jülich

Eberhard Umbach,
President of the German Physical Society

Money has become scarce in recent years. The research sector has been feeling the pinch, too – despite government assurances to the contrary. Research receives far too small a share of Germany's gross domestic product. As a result, rather than being at the top of the list of leading industrial nations, the country is languishing somewhere in mid-table. Given our lack of raw materials and our expensive production costs, we urgently need innovative ideas and technological advances from a research sector that's sensibly financed and has a broad scope. Despite showing plenty of initiative, German universities have been particularly hard hit by financial cutbacks – at a time when they face growing student numbers and a series of reforms. So it comes as no surprise that people often ask whether large-scale research centres are still necessary, given the drastic cutbacks that have been made in nuclear research and other major fields. This question needs to be taken seriously. After all, financial arguments often develop a momentum of their own, and the number of people who neither cooperate with large research centres nor directly benefit from them is considerable. The best ammunition is to put forward convincing visions and clear concepts.



Detektoren und Anlagen im Umfeld des Fusionsexperiments TEXTOR garantieren den reibungsfreien Betrieb.

Detectors and equipment surrounding the TEXTOR fusion experiment guarantee smooth operation.

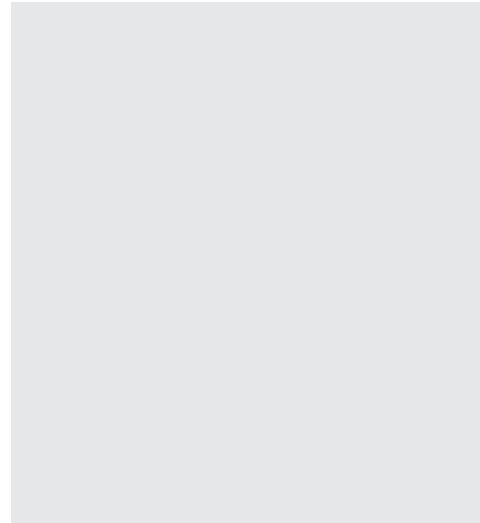
The research community in Germany is diverse, and its division into areas of responsibility is well-structured. The Max Planck Institutes conduct basic research, while applied research is carried out at the Fraunhofer Institutes. Working alongside these renowned institutes are the universities. Research projects here tend to be smaller in terms of facilities, staff and duration, but they train young scientists and motivate them to join the research enterprise. The industrial sector develops products in line with its own interests and also conducts applied research, although this area is regrettably shrinking. And then we have the Helmholtz and Leibniz Associations, which play a key role in the research scene in various ways. Their area of responsibility covers large-scale research on the one hand and socially relevant research that is necessary for safeguarding the future on the other hand – research that other institutions cannot conduct at all, or can only conduct to a limited degree. Large-scale research calls for large-scale facilities that require major investments and high costs for operation and maintenance. It also entails long-term projects that demand stamina and continuity. Such projects can only be completed successfully if long-term planning security is guaranteed.

Großskalige Forschung meint auch eine umfangreiche und flexible Infrastruktur, die ein erfahrenes wissenschaftliches und technisches Personal ebenso wie eine entsprechende Ausstattung umfasst.

Das Forschungszentrum Jülich hat sich in den vergangenen 50 Jahren zu einem der größten und bekanntesten Forschungszentren weltweit entwickelt. Seine Forschergruppen sind auf vielen Gebieten – und dabei vor allem in der physikbasierten Forschung – international herausragend und aus der Forschungslandschaft nicht wegzudenken. Viele Jülicher Forscher genießen höchste internationale Anerkennung, und Jülicher Erfolge machen häufig und nachhaltig von sich reden. Jülich ist in einigen Gebieten zu einem Mekka der Forschung geworden, das man kennen und besucht haben muss und mit dem zu kooperieren als höchst wünschenswert und ergiebig gilt. Also weiter so?

Allerdings sind dem Forschungszentrum Jülich im Lauf der Jahre einige Großgeräte abhanden gekommen, und die Effizienz- und Leistungsfrage macht auch vor Jülicher Türen nicht Halt. Einige Arbeitsgruppen und Institute beschäftigen sich mit Themen und haben sich in Fachgebieten etabliert, in denen sie von Universitäts- oder Max-Planck-Gruppen kaum mehr unterscheidbar sind. Da ihre Ausstattung aber – trotz der Kürzungen der letzten Jahre – der der Universitäten weit überlegen ist, was bei einer Leistungsbewertung berücksichtigt wird, machen sich Fragen wie die eingangs gestellte breit. In einer Zeit des rasanten Wandels unseres Bildungs- und Wissenschaftssystems, in der keine Idee mehr undenkbar und keine Veränderung – und sei sie auch noch so einschneidend – mehr unmöglich erscheint, muss auch ein sehr erfolgreiches Forschungszentrum wie Jülich seine Missionen überdenken und neue Visionen entwickeln. Jülich ist insgesamt exzellent aufgestellt, um in den gesellschaftspolitisch und hinsichtlich der Zukunft unseres Landes so wichtigen Themenbereichen wie Materialforschung, Informationstechnologien, Energie, Umwelt und Gesundheit wegweisende Beiträge zu liefern und eine führende Rolle zu übernehmen bzw. diese auszubauen. Dass die Physik, die häufig als Leitwissenschaft des letzten Jahrhunderts apostrophiert wird, auch in diesem Jahrhundert ihre zentrale Rolle behalten wird und Jülich gerade in der physikbasierten Forschung besondere Stärken aufweist, sollte bei der Profilbildung helfen.

Ich bin davon überzeugt, dass das Forschungszentrum Jülich seinen höchst erfolgreichen Weg in den letzten 50 Jahren mit neuen visionären Zielen und geschärftem Profil in der Zukunft ebenso erfolgreich fortsetzen wird, und wünsche ihm dazu alles Gute. Die Forschungslandschaft und die Physik brauchen Jülich.



Flugzeitspektrometer am
Protonenbeschleuniger COSY Jülich.
*Time-of-flight spectrometer at
the COSY Jülich proton accelerator.*



Am Protonenbeschleuniger COSY spüren filigrane Systeme aus Lichtleitern und Szintillator-Detektoren Elementarteilchen auf.

Intricate systems of fibre optic cables and scintillator detectors trace elementary particles at the COSY Jülich proton accelerator.

And finally, large-scale research needs a comprehensive and flexible infrastructure that includes experienced scientists and technicians as well as the right facilities.

Research Centre Jülich has become one of the world's largest and best-known research establishments over the last 50 years. In many fields, especially physics-based research, its working groups have an outstanding international reputation and are an integral part of the research community worldwide. Many researchers from Jülich are very highly renowned at the international level, and successful Jülich projects often make an impressive long-term impact. In a number of areas, the Centre has become a mecca for research. Many experts are keen to visit Jülich, and just about everyone wants to cooperate with the Centre. But will this situation continue?

Even the Research Centre Jülich hasn't remained completely immune to the scaling down of large-scale facilities over the years. And of course the issues of efficiency and performance have to be addressed here, too. Various working groups and institutes have become established in areas of research that overlap to a great extent with those of universities or Max Planck Institutes. And despite the cutbacks in recent years, these groups are still much better equipped than the universities are. This factor is taken into account in performance assessments – and that raises the questions mentioned above. Our education and scientific research system is undergoing radical change. No new idea seems unimaginable and no changes, however major, seem impossible. Against this background, even a highly successful research centre such as Jülich has to review its mission and come up with new visions for the future. Jülich is in a strong position to make key contributions in the fields that are so important to the future of our society and our country, including materials research, information technology, energy, the environment and health. And the Centre is also prepared to assume – or further expand its – leading role in these areas. Many people regard physics as the leading science of the 20th century, and it looks set to retain its key role this century, too. Such a development will enable Jülich, which has an especially impressive track record in physics-based research, to further sharpen its profile in the years to come.

With new visionary goals and a sharper profile, I am confident that Research Centre Jülich is about to write another successful chapter in an impressive story that already spans half a century. And I wish everyone there all the best in their endeavours, because I am convinced that the research community and the world of physics need Jülich.



Horizont schafft Chancen

Future Opportunities

Die Forschungsbereiche und Schlüsselkompetenzen der Jülicher Forscher
Research Areas and Key Competencies of Research Oat Jülich



Das Verstehen des Gehirns reduziert biologische Risiken

Verstehen, wie wir fühlen und denken, Krankheiten des Gehirns besser diagnostizieren und behandeln, die Fähigkeiten von Nervenzellen mit denen technischer Bauelemente verbinden – das sind die großen Herausforderungen in den Neurowissenschaften. Das Forschungszentrum Jülich kann dazu wesentliche Beiträge leisten.

Neurowissenschaft – ein Blick in die Zukunft

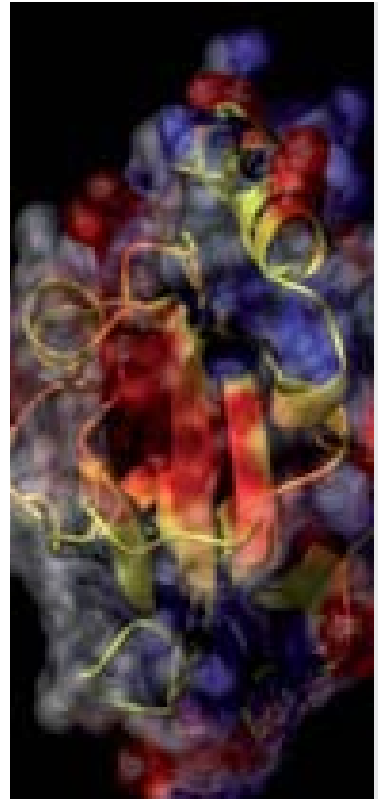
Ob wir Schmerzen spüren oder uns verlieben, Musik hören oder eine Rechenaufgabe lösen – nur selten machen wir uns bewusst, dass das alles sich in unserem Gehirn als ein Feuerwerk blitzschneller Aktivitäten von Nervenzellen abspielt. „Ein Netzwerk von mehr als 100 Milliarden solcher Neuronen, die vielfältig miteinander verschaltet sind, ist die Grundlage unseres Fühlens und Denkens. Es in seiner ganzen Komplexität zu erfassen, ist eine der faszinierendsten Forschungsaufgaben der kommenden Jahrzehnte“, sagt Prof. Karl Zilles, der Jülicher Forschungsdirektor für den Bereich Gesundheit.

Zugleich nimmt die medizinische Bedeutung der Neurowissenschaften rasant zu: Die Lebenserwartung steigt, damit aber auch das Risiko für Erkrankungen des Nervensystems wie das Parkinson-Syndrom oder Demenzen. So wird jeder Zweite bis zum 95. Lebensjahr von der Alzheimer'schen Krankheit betroffen sein. Die Hirnforschung kann dazu beitragen, solche Störungen frühzeitig zu erkennen und neue Behandlungsmöglichkeiten zu entwickeln.

Eine elektronische Netzhaut für Blinde oder künstliche Gliedmaßen, die über Nervenzellen gesteuert werden, sind langfristige Zielvorstellungen, wenn Forscher heute daran arbeiten, elektronische Bauteile mit Nervenzellen zu koppeln. Auch schauen Computerwissenschaftler gern bei der Biologie ab. Denn die Informationsverarbeitung im Gehirn ist selbst Supercomputern der Spitzenklasse, wie dem Jülicher Blue Gene/L, in vieler Hinsicht überlegen. Daher werden zukunftsweisende technische Lösungen für Probleme der Informationsverarbeitung immer häufiger nach dem Vorbild der Natur entwickelt.

Von Botenmolekülen zum Neuronalen Netzwerk

Kein anderes Organ des menschlichen Körpers ist so komplex wie das Gehirn. Seine Arbeitsorganisation nachzuvollziehen, zu verstehen, wie Nervenzellen zusammenarbeiten und wie sie über Botenstoffe und elektrische Signale Nachrichten austauschen, gehört deshalb zu den größten wissenschaftlichen Herausforderungen.



Bilder von Molekülen – hier ein Protein-Rückgrat – erhalten die Wissenschaftler mit der Kernspinresonanzspektroskopie (NMR).

Magnetic resonance spectroscopy (NMR) provides researchers with images of molecules – the picture shows a protein backbone.

Understanding the Brain Reduces Biological Risks

Understanding how we think and feel, diagnosing and treating diseases of the brain, linking the capabilities of nerve cells (neurons) with their technical components – these are the grand challenges facing the neurosciences. Research Centre Jülich can provide significant contributions in the quest for answers.

Neuroscience – a glimpse into the future

Whether we feel pain or fall in love, listen to music or solve a mathematical problem – only very seldom do we consciously think about the fact that these are played out in our brains as a series of lightning-quick activities between neurons. “A network of more than 100 billion such neurons with multiple connections to each other provides the foundation for our ability to think and feel. To observe it in its entire complexity is one of the most fascinating research problems facing us in the coming decades”, says Professor Karl Zilles, Jülich Research Director for the area of health.

At the same time, the medical significance of the neurosciences is rapidly increasing. Life expectancy is increasing, bringing with it a rise in the risk of diseases of the nervous system such as Parkinson’s disease and dementia. The statistics show that every second person will be affected by Alzheimer’s disease by the time they reach their 95th birthday. Brain research can help in detecting such abnormalities at an early stage and in developing new treatment methods.

An electronic retina for blind people or artificial limbs that can be controlled by neurons are the long-term goals of research in this area, and researchers today are working on coupling electronic components with neurons. Computer scientists also turn to biology to learn. Information processing in the brain is, after all, superior in many respects to top-class supercomputers such as the Jülich Blue Gene/L. This is why nature will be used more and more often as a model for the development of pioneering technical solutions to problems of information processing.

From messenger molecules to neural networks

No other organ in the human body is as complex as the brain. Amongst the greatest challenges facing science is fully understanding how the brain actually works, i.e. how neurons work together and how they exchange messages via neurotransmitters and electrical signals.

Jülicher Neurowissenschaftler arbeiten daran, diese komplexen Vorgänge auf allen Ebenen zu erforschen:

1. Welche Substanzen sind beteiligt, wenn Nervenzellen arbeiten?
2. Wie sehen diese Moleküle genau aus, und wie verändern sie sich?
3. Welche Prozesse setzen sie in der Nervenzelle in Gang?
4. Wie wird die Zusammenarbeit unterschiedlicher Zellen und Hirnregionen koordiniert?
5. Wo haben Fehlfunktionen ihren Ursprung?

„// Wenn es gelingt, diese Fragen zu beantworten, erschließen sich ganz neue Diagnose- und Behandlungsmöglichkeiten für viele neurologische und psychische Erkrankungen //“, erklärt Karl Zilles.

Modernste Techniken machen die Aktivität von Nervenzellen sichtbar und erlauben immer genauere Einblicke in die Arbeitsweise des Nervensystems. Dazu gehören vor allem Verfahren, die Bilder aus dem lebenden Gehirn liefern. Dieses „Neuro-Imaging“ bildet im Forschungszentrum Jülich einen Schwerpunkt der Gesundheitsforschung.

Um die gewonnenen Daten auszuwerten und richtig zu deuten, wird spezialisierte Hard- und Software entwickelt. So können Wissenschaftler immer genauer nachvollziehen, was im Gehirn geschieht. Dabei ist es mit der Sammlung experimenteller Daten nicht getan. Erst die Integration dieser Informationen in theoretische Konzepte und Modellvorstellungen führt dazu, dass wir uns ein Bild von der komplexen Informationsverarbeitung im Gehirn machen können. Mit neuen Verfahren der Computersimulation lassen sich diese Modelle überprüfen und weiterentwickeln.

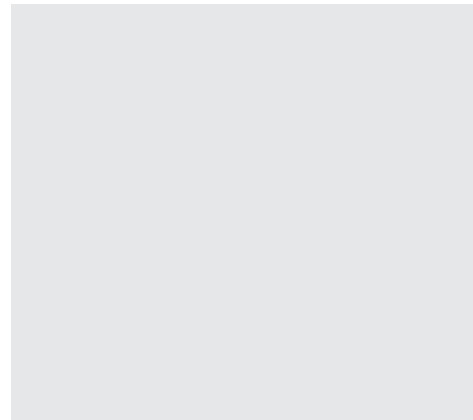
Der 20-Jahres-Plan

Auf drei Ebenen tragen Projekte des Forschungszentrums Jülich dazu bei, die Funktionsweise des Nervensystems zu verstehen: von der Untersuchung einzelner Moleküle über die Analyse der Signalwandlung in Zellen bis zur Bestimmung von Struktur und Funktion ganzer Gehirnareale.

Membranproteine im Mittelpunkt

Ein Schwerpunkt im Forschungszentrum Jülich liegt auf dem Gebiet der Membranproteine. Rezeptoren, Transporter und Kanäle in der Zellmembran sorgen dafür, dass Signale und Substanzen durch diese Barriere transportiert werden können. Dieser Grenzverkehr spielt eine entscheidende Rolle bei der elektrischen und chemischen Erregung von Nervenzellen.

Form und Funktion von Signalmolekülen hängen eng miteinander zusammen. Beispielsweise bestimmt die



Modell eines „HCN-Ionenkanals“, der als Teil der Schrittmachermaschinerie im Herzen und in Nervenzellen für rhythmische Aktivität sorgt.

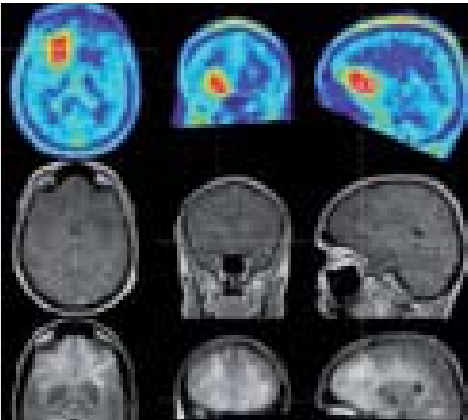
Model of an “HCN ion channel”, which as part of the pacemaker machinery ensures that rhythmic activity is maintained in the heart and neurons.

Neuroscientists at Jülich are currently researching these complex processes on all levels:

1. What substances are involved when neurons are working?
2. What do these molecules actually look like and how do they change?
3. What processes do they set in motion in the neuron?
4. How is the work between different cells and brain regions coordinated?
5. Where do malfunctions originate?

“If we can succeed in answering these questions, we will be able to create new diagnostic and treatment methods for many neurological and psychiatric diseases”, explains Karl Zilles.

State-of-the-art technologies make the activities of neurons visible and allow increasingly more precise glimpses into how the nervous system functions. Specifically, this includes processes that generate pictures of the living brain. This “neuroimaging” represents a key priority for health research at Research Centre Jülich.



Aufnahmen mit einem Positronen-Emissions-Tomographen (PET) zeigen, welche Vorgänge im gesunden und erkrankten Gehirn ablaufen (1. Reihe). Der Magnetresonanz-Tomograph (MRT) liefert anatomisch scharfe Bilder (mittlere und untere Bildreihe). Ein leistungsstarker MRT mit einer magnetischen Feldstärke von 9,4 Tesla, der mit einem PET kombiniert ist, wird zukünftig beide Vorteile vereinen.

Images recorded by positron emission tomography (PET) show the processes taking place in a healthy and a diseased brain (top row). Magnetic resonance tomography (MRT) provides anatomically sharp images (middle and bottom row). A powerful MRT device with a magnetic field strength of 9.4 tesla together with a PET will in future enable the advantages of the two instruments to be combined.

In order to evaluate the data obtained and to interpret it correctly, specialised hard- and software is being developed. Scientists can then gain a more accurate understanding of what happens in the brain. The collection of experimental data alone is not enough. It is only the integration of this information into theoretical and model concepts that allows us to build up a picture of the complex information processing that occurs in the brain. Using the latest computer simulation methods, these models can be tested and refined.

The twenty-year plan

The projects underway at Research Centre Jülich help us to understand how the nervous system works on three different levels: from the examination of individual molecules through the analysis of signal transduction in cells to the determination of the structure and function of entire areas of the brain.

Membrane proteins in the spotlight

One of the focal points at Research Centre Jülich is the field of membrane proteins. Receptors, transporters and channels in the cell membrane ensure that signals and substances can be transferred through these barriers. This border traffic plays a decisive role in the electric and chemical excitation of neurons.

The shape and function of signal molecules are closely related to each other. For example, the shape of a neurotransmitter determines what receptors it binds

Gestalt eines Botenstoffs, an welche Rezeptoren er bindet, um eine Nachricht weiterzugeben. Verfahren, die auf das Atom genau scharfe Bilder solcher Moleküle erzeugen, vermitteln daher zugleich Informationen über deren Funktion. Jülicher Wissenschaftler nutzen dafür die Kristallstrukturanalyse und die Kernspinresonanzspektroskopie (NMR). Zeitaufgelöste spektroskopische Aufnahmen und weitere Verfahren liefern „bewegte Bilder“ aus der Welt der Signalmoleküle. So lässt sich beispielsweise verfolgen, wie Moleküle während der Signalübertragung ihre Gestalt verändern.

Zu den besonderen Fähigkeiten von Nervenzellen gehört die Signalwandlung – etwa, wenn eine chemische Botschaft in einen elektrischen Impuls umgesetzt und weitergeleitet wird. Daran sind Komplexe aus mehreren Molekülen, so genannte Signalkomplexe, und spezielle Zellstrukturen, wie die Synapsen, beteiligt.

Aufzuklären, auf welchen Strukturen solche Schaltvorgänge im Einzelnen beruhen und wie die „molekularen Maschinen“ in der lebenden Zelle funktionieren, ist ein langfristiges Ziel. „Auf diesem Forschungsfeld treffen sich die Physik der weichen Materie, die Biophysik und die zellulären Neurowissenschaften. Das Forschungszentrum Jülich bietet daher mit seiner multidisziplinären Ausrichtung hervorragende Voraussetzungen dafür, diese elementaren Vorgänge zu erforschen“, betont Karl Zilles.

Signale auf Abwegen

Nicht immer klappt die Nachrichtenübermittlung reibungslos: Viele Krankheiten beruhen darauf, dass Botschaften innerhalb von Zellen oder zwischen Zellen falsch weitergeleitet oder verarbeitet werden. Für die medizinische Forschung ist es daher wichtig, solche Signalwege in Sinnes- und Nervenzellen zu entschlüsseln. Auch Spermien oder Herzmuskelzellen, die ähnliche Signalmoleküle besitzen, werden untersucht. Derzeit sind Jülicher Forscher den molekularen Ursachen für verschiedene Netzhauterkrankungen auf der Spur, die zur Erblindung führen können.

Mit Hilfe modernster optischer und elektrischer Messverfahren wollen sie herausfinden, wie Zellen auf physikalische und chemische Reize reagieren. Die beteiligten zellulären Bausteine werden mit molekularbiologischen Methoden identifiziert, Ionenkanäle und Rezeptoren mit empfindlichen biophysikalischen Techniken untersucht. Besonders hervorzuheben ist hier die ultrasensitive Einzelmolekül-Spektroskopie. Sie macht es möglich, Bewegungen einzelner Moleküle optisch zu verfolgen. Insbesondere interessieren sich die Jülicher Wissenschaftler für die Ionenkanäle, die rhythmische elektrische Aktivität in Nervenzellen erzeugen. Denn sie sind für das Verständnis der Informationsverarbeitung besonders wichtig.

Rezeptoren

Proteine oder Proteinkomplexe in der Zellmembran, die spezifisch bestimmte Moleküle binden. Durch diese Kopplung werden im Inneren der Zelle biochemische Signalprozesse ausgelöst.

Transporter

Proteine, die Ionen oder andere Substanzen durch die Zellmembran schleusen, entweder unter Energieaufwand „bergauf“ gegen ein Konzentrationsgefälle oder „bergab“ unter Ausnutzung eines Gefälles in der Konzentration bestimmter Ionen.

Ionenkanäle

Poren in der Zellmembran, die bestimmte elektrisch geladene Teilchen passieren lassen. Bei ligandenaktivierten Ionenkanälen fungiert ein spezifisches Molekül als „Toröffner“. Spannungsaktivierte Ionenkanäle öffnen sich, wenn sich die elektrische Spannung an der Membran verändert.

Signalkomplex

Verbund verschiedener Proteine, die beispielsweise daran mitwirken, die Aktivität von Rezeptoren und Ionenkanälen zu regulieren.

Synapse

Schaltstellen zwischen Nervenzellen bzw. Nervenzellen und anderen Zellen, an denen die Erregung von einer Zelle auf die andere übertragen wird – entweder direkt (elektrische Synapse) oder durch einen Botenstoff (chemische Synapse).

Tesla (T)

Einheit für die Magnetische Flussdichte. Das Erdmagnetfeld hat ca. $3 \cdot 10^{-5}$ T.

Receptors

Proteins or protein complexes in the cell membrane that bind specific molecules. This combination then triggers biochemical signalling processes inside the cell itself.

Transporters

Proteins that channel ions or other substances through the cell membrane either with an “uphill” energy expenditure against a concentration gradient or “downhill” when the gradient of particular ions in the concentration is exploited.

Ion channels

Pores in the cell membrane that allow certain electrically charged particles to pass through. In the case of ligand-gated ion channels, a specific molecule functions as a “gate opener”. Voltage-gated ion channels open when the electrical voltage on the membrane changes.

Signal complex

Combination of various composite proteins, which are, for example, involved in regulating the activities of receptors and ion channels.

Synapse

Connection point between neurons or neurons and other cells, where the excitation of one cell is transferred to another – either directly (electrical synapse) or via a neurotransmitter (chemical synapse).

Tesla (T)

Unit of magnetic flux density. The earth's magnetic field is approx. $3 \cdot 10^{-5}$ T.

with in order to pass on a message. Techniques that can generate sharp images of such molecules right down to the atomic level provide us with additional information on their function. Scientists at Jülich use crystal structure analysis and nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) for this purpose. Time-resolved spectroscopic images and other methods generate “moving pictures” of the world of the signal molecule. This allows us to monitor things such as how molecules change their shape when transferring signals.

One of the distinctive properties of neurons is signal transduction – when a chemical message is converted into an electric pulse and passed on. Complexes made up of a number of molecules, so-called signal complexes, and special cell structures, such as synapses, take part in this process.

Explaining what structures such switching operations specifically depend on and how the “molecular machines” function in a living cell is a long-term goal. “It is in this research field that physics meets soft matter, biophysics and the cellular neurosciences. With its multidisciplinary orientation, Research Centre Jülich therefore offers excellent conditions for researching these elementary processes”, emphasises Karl Zilles.

Signals on the rampage

The transmission of messages does not always run smoothly: many illnesses are caused when messages within cells or between cells are incorrectly passed on or processed. It is therefore important for medical research that such signalling pathways in sensory cells and neurons are deciphered. Sperm and myocardial cells, which possess similar signal molecules, are also being examined. Researchers at Jülich are currently tracking down the molecular causes of various retinal diseases which can lead to blindness.

With the help of the latest optical and electrical measuring techniques, they want to determine how cells react to physical and chemical stimuli. The cellular components involved are identified with molecular biological methods, and ion channels and receptors are examined using sensitive biophysical techniques. Of particular relevance here is ultra-sensitive single-molecule spectroscopy, which makes it possible to optically track the movements of individual molecules. Scientists at Jülich are particularly interested in ion channels that produce rhythmic electrical activity in neurons. These are especially important in understanding information processing.

Neue Einblicke ins Gehirn

Wie das Gehirn bei gesunden und bei neurologisch oder psychisch erkrankten Menschen arbeitet, können Hirnforscher heute mit verschiedenen bildgebenden Verfahren sichtbar machen. Mit diesem Neuro-Imaging werden völlig neue Einsichten in das gesunde und erkrankte Gehirn möglich. Zugleich steckt in diesem Forschungsfeld eine enorme Dynamik: Neue bildgebende Verfahren, Techniken und Geräte wurden in den letzten Jahren sehr erfolgreich weiterentwickelt. Sie können künftig für die Diagnostik und Therapie von Hirnerkrankungen – wie Hirntumoren, degenerativen Hirnerkrankungen, Wahrnehmungsstörungen und Schizophrenie – entscheidende Beiträge leisten. Zu den bildgebenden Verfahren, die im Forschungszentrum Jülich eingesetzt werden, gehören

1. die Positronen-Emissions-Tomographie (PET),
2. die Single-Photonen-Emissions-Tomographie (SPECT),
3. die Magnet-Enzephalographie (MEG),
4. die Elektro-Enzephalographie (EEG),
5. die strukturelle sowie die funktionelle Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT, fMRT).

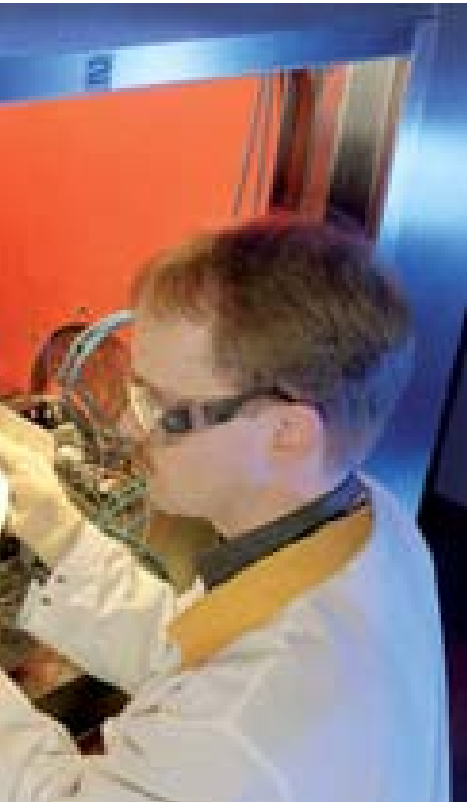
Fortschritte in der Magnet-Resonanz-Tomographie sind vor allem von der Hochfeld-MRT zu erwarten (für den Einsatz am Menschen 4 Tesla und höher, für Tierexperimente mehr als 9 Tesla). Die hier nötige intensive Zusammenarbeit zwischen Physikern, Informatikern, Medizinerinnen und Biologen ist im normalen Krankenhausbetrieb nicht zu verwirklichen. Erforderlich ist zudem eine klinische Forschungsbettenstation in unmittelbarer räumlicher Nähe zu allen Neuro-Imaging-Geräten, wenn Studien mit schwerer behinderten Patienten durchgeführt werden.

Intensiv arbeiten Jülicher Forscher daran, neue Radiotracer zu erzeugen, mit denen sich mittels PET und SPECT die Hirnaktivität noch präziser verfolgen lässt. Das Ziel sind zum einen Moleküle, die hochspezifisch nur an ganz bestimmte Partner binden. Zum anderen sollen sie geeignet sein, auch den Zeitablauf von Stoffwechselvorgängen oder Signalverarbeitungsprozessen zu verfolgen. Gleichzeitig werden Geräte benötigt, die empfindlicher sind und die strahlenden Spurensucher noch genauer orten, als das bisher möglich ist.

Radiotracer sind Substanzen, die sich einerseits im Organismus genau so verhalten wie natürliche Moleküle – beispielsweise Botenstoffe, die spezifisch an bestimmte Rezeptoren im Gehirn binden, oder Zucker, der als Brennstoff für den Stoffwechsel dient. Andererseits sind sie mit kurzlebigen Radioisotopen markiert und senden daher Strahlung aus, die außerhalb des Körpers registriert werden kann. So lässt sich messen, in welcher Menge und an welchen Orten im Gehirn sich markierte Moleküle ansammeln.



Ein Wissenschaftler bereitet die abgeschirmte Synthese-Apparatur für PET-Tracer auf einen neuen Produktionslauf vor.



A scientist prepares the apparatus for synthesising PET tracers for a new production run.

New insights into the brain

How the brain functions in both healthy people and people suffering from neurological or psychiatric illnesses can be made visible today by brain researchers with the aid of various imaging techniques. This neuroimaging makes it possible for us to gain completely new insights into the healthy and diseased brain. At the same time, an enormous dynamic is hidden within this research area: new imaging methods, techniques and equipment have been very successfully developed over the last few years. In future, these will provide decisive contributions to the diagnosis and treatment of cerebral diseases, such as brain tumours, degenerative brain diseases, perception disorders and schizophrenia. The imaging techniques employed at Research Centre Jülich include the following:

- 1. positron emission tomography (PET)*
- 2. single photon emission computed tomography (SPECT)*
- 3. magneto-encephalography (MEG)*
- 4. electro-encephalography (EEG)*
- 5. structural and functional magnetic resonance tomography (MRT, fMRT)*

Progress in magnetic resonance tomography is expected in high-field MRT in particular (for use with humans, 4 tesla and higher, for experiments on animals, more than 9 tesla). The intensive collaborations required here between physicists, information scientists, medical scientists and biologists is usually difficult to realise in the day-to-day running of hospitals. Furthermore, it is necessary to have a clinical research ward in the immediate vicinity of all neuroimaging equipment if studies are to be conducted on severely disabled patients.

Researchers at Jülich are working intensively on the production of new radiotracers, which will be used with PET and SPECT to trace brain activity on an even more precise basis. On the one hand, the aim is to produce molecules that only bind with very specific partners. On the other hand, they should also be able to monitor the time scale associated with metabolic processes and signal processing. At the same time, there is also a need for equipment that is more sensitive and capable of locating the radioactive tracers more precisely than has been previously possible.

Radiotracers are substances that, on the one hand, behave in an organism in exactly the same manner as natural molecules, e.g. neurotransmitters that bind with particular receptors in the brain, or sugar, which serves as a metabolic fuel. On the other hand, they are labelled with short-lived radioisotopes and therefore emit radiation that can be recorded outside of the body. This allows us to measure in what amounts and where label-

Weitere Zukunftsperspektiven eröffnen neue Verfahren, wie die In-vivo-Spektroskopie mit MRT, die quantitative MRT-Bildgebung sowie bisher nicht in der klinischen Forschung anwendbare Methoden der Natrium- oder Sauerstoffbildgebung.

Besserer Hirnschrittmacher aus Jülich

Wie eng physikalische und neurowissenschaftliche Grundlagenforschung mit der Anwendung am Patienten verquickt sind, wird am Beispiel eines neuartigen Hirnschrittmachers für Parkinson-Kranke deutlich, der derzeit am Forschungszentrum Jülich entwickelt wird. „Anders als herkömmliche Schrittmacher, die ständig über eine dünne Elektrode Signale ins Hirn senden, um den Tremor bei der Parkinsonschen Krankheit zu verhindern, wird er nur bei Bedarf aktiv“, erläutert Prof. Peter Tass, der für diese Entwicklung verantwortliche Jülicher Wissenschaftler. „Das Gerät basiert auf neuen mathematischen Verfahren, die es erstmals erlauben, normale und gestörte elektrische Aktivität im Gehirn sowohl räumlich als auch zeitlich zu analysieren.“ Das Ziel ist ein wirksamerer und für die Patienten schonender Hirnschrittmacher.



Elektroden zur bedarfsgesteuerten tiefen Hirnstimulation ermöglichen Parkinson-Patienten ein normales Leben.

Demand-controlled deep brain stimulation improves the quality of life of patients suffering from Parkinson's disease.

Starke Geräte für starke Forschung

International konkurrenzfähige Forschung braucht Instrumente, die auf dem aktuellen Stand der Technik sind. So wird für den Ausbau des Jülicher Schwerpunkts „Neuroimaging“ ein 9,4-Tesla-Höchstfeld-MRT-Scanner für Untersuchungen am Menschen benötigt. Festkörper-NMR-Spektroskopie und die Cryo-Elektronenmikroskopie sind besonders dafür geeignet, Membranproteine zu untersuchen, die im Mittelpunkt der Forschungsstrategie des Forschungszentrums Jülich stehen. Die Cryo-Elektronenmikroskopie wird die erfolgreichen Forschungsaktivitäten des Ernst Ruska-Centrums für hochauflösende Elektronenmikroskopie durch einen biologisch-medizinischen Schwerpunkt ergänzen.

Die zukunftssträchtigen Entwicklungen an der Schnittstelle von Physik und Biologie bieten nicht zuletzt dem wissenschaftlichen Nachwuchs außerordentlich interessante Perspektiven. Die geplante Einrichtung einer „International Helmholtz School for Biophysics and Soft Matter“ dient der Ausbildung junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in diesem hochaktuellen Forschungsfeld. Zugleich ist sie Kompetenzplattform für gemeinsame Forschungsprojekte mit den umliegenden Universitäten.

led molecules accumulate in the brain. Other prospects for the future are opened up by new *in vivo* methods such as *in-vivo* spectroscopy with MRT and quantitative MRT imaging, as well as sodium and oxygen imaging, methods previously not applicable in clinical research.

Better deep brain pacemakers from Jülich

How closely basic physical and neuroscientific research is connected with patient application becomes clear through the example of a novel deep brain pacemaker currently being developed at Research Centre Jülich for patients suffering from Parkinson's disease. "In contrast to traditional pacemakers that continually send signals to the brain via a thin electrode in order to prevent the tremor caused by Parkinson's disease, it only becomes active as required", explains Professor Peter Tass, the Jülich scientist responsible for this development. "The device is based on novel mathematical procedures, which allow normal and disturbed electrical activities in the brain to be analysed for the first time in terms of both time and space." The aim is to develop a more efficient and less invasive deep brain pacemaker for patients.

Strong equipment for strong research

Internationally competitive research requires instruments that are up-to-date with current technological developments. In order to expand the Jülich key priority that is "neuroimaging", for example, a 9.4 tesla high-field MRT scanner is required for examinations on human patients. Solid NMR spectroscopy and cryo-electron microscopy are particularly suited to the examination of membrane proteins, which stand at the centre of research strategies at Research Centre Jülich. Cryo-electron microscopy will complement the successful research activities of the Ernst Ruska Centre for High-Resolution Electron Microscopy by introducing a biological and medical area of emphasis.

The promising developments at the interface between physics and biology also offer young scientists extremely interesting prospects. The planned "International Helmholtz School for Biophysics and Soft Matter" will be used to train young scientists in this highly topical research area. At the same time, it represents a platform of excellence for joint research projects with the surrounding universities.

Gesundheit@Jülich: Jörg Enderlein ist fehlerhaften Molekülfaltungen auf der Spur

Dr. Jörg Enderlein vom Institut für Biologische Informationsverarbeitung ist in der ganzen Welt zu Hause, war freilich auch häufig zur richtigen Zeit am richtigen Ort. Seine Karriere ist typisch für moderne Wissenschaftler.

Was wünscht sich ein Wissenschaftler, der einen guten Lauf hat, von der Zukunft? Einmal – natürlich –, dass er einen Ruf als Professor bekommt. Den hat Jörg Enderlein gerade von der Universität Tübingen erhalten. Und weiter?

/// Wenn eine der von uns entwickelten Methoden in zehn, zwanzig Jahren Allgemeingut und in jedem guten Biologielabor etabliert wäre, hätte sich ein Wunschtraum erfüllt ///, gibt der 43-Jährige bei unserem ersten Treffen preis.

Wir sitzen in einem Café mit Blick auf den Kölner Dom. Köln ist Enderleins Wohnort. An der Universität zu Köln ist er Dozent. Seine wissenschaftliche Arbeit erbringt er im Forschungszentrum Jülich. Freie Wochenenden verbringt er in Berlin. Dieses Pendeln zwischen Brennpunkten ist für Wissenschaftler heute typisch. Für Jörg Enderlein gilt das ganz besonders. Er war schon immer gerne auch anderswo. Nach dem Abitur am Heinrich-Hertz-Gymnasium Berlin 1982, wo mathematisch-naturwissenschaftlich Begabten in der DDR besondere Förderung zuteil wurde, studierte er in Odessa Physik, promovierte in Berlin über Selbstorganisation chemischer Reaktionssysteme, machte als Forscher Station in Los Alamos, Linz und Regensburg, und war darüber hinaus vier Jahre in einem Hightech-Unternehmen tätig. Das alles trug dazu bei, dass seine Arbeitsgruppe in Jülich jetzt zu den Besten in der Einzelmolekül-Spektroskopie gehört.

Was man von dieser Technik zu halten hat, erschließt sich mir erst durch Enderleins Nachhilfestunde unter dem Dom: Einzelmolekül-Spektroskopie ist die wohl pfiffigste Methode, um aufzuspüren, wie sich die oft sehr langen Ketten aus Eiweißmolekülen in Zellen urplötzlich in eine komplizierte dreidimensionale Struktur falten. Dazu werden die Proteine mit speziellen lichtempfindlichen Molekülen angefärbt und dann in Lichtmikroskopen der allerbesten Kategorie beobachtet: Die ultrakurzen Laserpulse bringen die Moleküle zum Leuchten, und aus dem resultierenden Licht kann der Zustand einzelner Proteine exakt analysiert werden.

Fehlerhafte Faltungen sind Ursache vieler heute noch nicht oder nur schlecht behandelbarer Erkrankungen. Dazu gehören BSE, die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit, auch Alzheimer und Parkinson sowie Typ-2-Diabetes. Wenn man die



Fehlerhafte Faltungen sind Ursache vieler heute noch nicht oder nur schlecht behandelbarer Erkrankungen. Dazu gehören BSE, die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit, auch Alzheimer und Parkinson sowie Typ-2-Diabetes.

Health@Jülich: Jörg Enderlein on the Track of Defective Molecular Folding

Like many a modern scientist, Dr. Jörg Enderlein from the Institute of Biological Information Processing has lived and worked in various places around the world. What's more, he has also had the good fortune of being in the right place at the right time.

*What does a scientist on a roll hope that the future might bring? For a start, of course, that he will be offered a professorship – something that Dr. Jörg Enderlein has just been awarded by the University of Tübingen. And what else? **///** It would be a dream come true if, in 10 or 20 years' time, one of our methods were to become an established routine in every good biology lab, **///** the 43-year-old reveals during our first meeting.*

We're sitting in a café with a view of Cologne Cathedral. Cologne is where Enderlein lives, and he also lectures at the university there. He conducts his scientific work at Research Centre Jülich and spends his free weekends in Berlin. Hopping between different locations is nothing unusual for today's scientists – especially for Enderlein, who has always enjoyed a change of scenery. After taking his school leaving exams in 1982 at Berlin's Heinrich Hertz Gymnasium, which in the former East Germany provided special teaching for pupils particularly gifted in maths and science, he went on to study physics in Odessa, wrote his PhD in Berlin on the self-organization of chemical reaction systems, and then conducted research in Los Alamos, Linz and Regensburg. Moreover, he also found time to spend four years working for a high-tech company. This has all helped to make his team at Jülich one of the world's very best in the field of single-molecule spectroscopy.

Proteins that fold in the wrong way are the cause of many of the diseases that are still difficult or impossible to treat today. These include BSE, Creutzfeldt-Jakob disease, Alzheimer's and Parkinson's, and type 2 diabetes.

The precise nature of this discipline only becomes clear in the course of a short introduction, courtesy of Enderlein, delivered in the shadow of the cathedral. It turns out that single-molecule spectroscopy is a clever method for tracking the way in which the frequently very long chains of protein molecules in cells suddenly fold into complicated three-dimensional structures. The technique involves colouring the proteins with special photosensitive molecules and then observing them with an optical microscope of the very highest quality. When irradiated with ultra-short pulses of laser light, the molecules fluoresce, thereby enabling a precise analysis of the state of individual proteins. Proteins that fold in the wrong way are the cause of many of the diseases that are still difficult or impossible to treat today. These include BSE, Creutzfeldt-Jakob disease, Alzheimer's and Parkinson's, and type 2 diabetes.

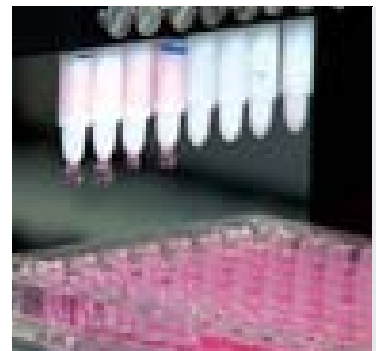
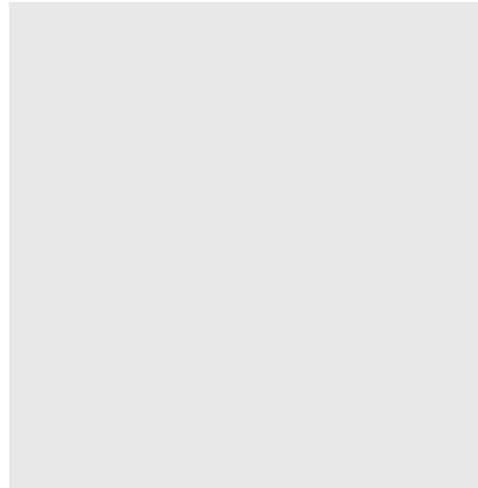
in winzigen Sekundenbruchteilen ablaufenden Vorgänge direkt beobachten kann, sehen Arzneimittelforscher gute Chancen für wirksame Medikamente. Auf diese Weise enthüllt sich, an welcher Stelle der Proteine ein Wirkstoff andocken muss, um die fehlerhaften Entwicklungen im Organismus auszubügeln.

Die Methode, einzelne Moleküle unter dem Lichtmikroskop zu verfolgen, erfand der Amerikaner Richard Keller 1986. Keller tüftelte im Rahmen des Human Genome Project an Verfahren, um große Stücke des menschlichen Genoms rasch auslesen zu können. Das würde gelingen, wenn sich ein einzelnes DNA-Molekül identifizieren und verfolgen ließe, glaubte Keller. Er konnte es. Sein Labor entwickelte sich zum Mekka für junge Wissenschaftler aus aller Welt – auch für Jörg Enderlein. Von Mai 1996 bis April 1997 durfte er sich am Los Alamos National Laboratory in New Mexico jene Fertigkeiten beibringen lassen, die aus ihm heute einen angesehenen Einzelmolekül-Fahnder gemacht haben.

/// Ich hatte das große Glück, zweimal zum rechten Zeitpunkt am richtigen Ort zu sein. /// Das erste Mal vier Jahre zuvor: Edgar Klose von der Startup-Firma BiosQuant suchte dringend einen Mitarbeiter für den wissenschaftlichen Teil der Arbeit. Sein Unternehmen war Kooperationspartner des 1992 neu gegründeten DFG-Forschungsschwerpunkts Einzelmolekül-Spektroskopie. Enderlein sollte sich dabei um neue Lasertechnologien kümmern. „Das fand ich faszinierend. Und so bin ich unmittelbar nach meiner Promotion in das neue Fachgebiet reingerutscht.“ Die Entwicklung neuer kurzpulsiger Laser und schneller Messtechniken erwies sich als zentraler Schlüssel für die Einzelmolekül-Spektroskopie. Denn sie erlauben es, Prozesse mit weniger als einer Milliardstel Sekunde Zeitauflösung zu verfolgen.

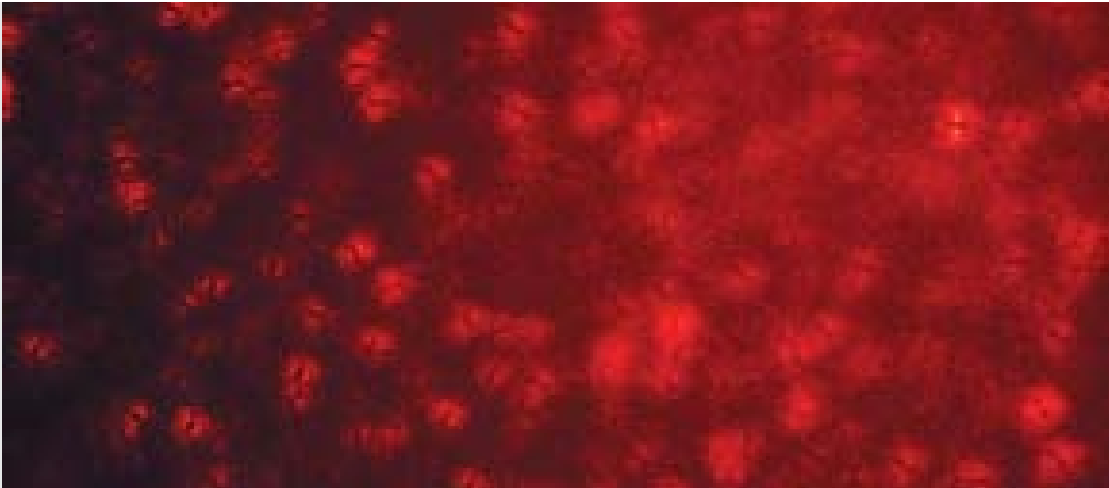
Welche weit reichenden Anwendungen sich mit dieser Methode ergeben, hat Enderlein in den Neunzigerjahren einmal ausgerechnet: „Damals beschäftigten sich fast zehn Prozent aller Fachveröffentlichungen aus Physik, Chemie oder Biologie in irgendeiner Form mit einzelnen Molekülen. Daran dürfte sich bis heute nichts geändert haben.“

Im Frühjahr 2001 wurde Enderlein von Prof. Benjamin Kaupp, dem Direktor am Institut für Biologische Informationsverarbeitung, zu einem Vortrag über Einzelmolekül-Spektroskopie ins Forschungszentrum Jülich eingeladen. Kaupp kannte Enderlein nicht persönlich. Doch seine Publikationen waren ihm positiv aufgefallen – wie auch anderen. Denn seit Februar jenes Jahres war Enderlein Heisenberg-Stipendiat der Deutschen Forschungsgemeinschaft, was ihm das große Glück verschaffte, seinen Forschungs-ideen vollkommen frei und unabhängig nachgehen zu können.



Die Jülicher Biotechnologen arbeiten mit Mikroorganismen und Zellen und setzen sie höchst erfolgreich ein, um medizinische Produkte herzustellen. *Jülich biotechnologists work with microorganisms and cells and have achieved great success in using them to create medical products.*

Being able to observe these processes at extremely high temporal resolutions should provide pharmaceuticals researchers with the knowledge they need to develop effective drugs. This method reveals precisely where an active substance must latch onto the protein in order to counteract the incorrect development within the organism.



Einzelne Farbstoffmoleküle im Fluoreszenz-Mikroskop. Jeder rote „Fleck“ ist ein unscharf abgebildetes Molekül.
Individual dye molecules under the fluorescence microscope. Each red “spot” is a fuzzy image of a molecule.

The American scientist Richard Keller discovered the technique of tracking single molecules with an optical microscope in 1986. At the time, he was involved in the Human Genome Project, looking at methods of rapidly analysing large tracts of the human genome. Keller was convinced that the key lay in identifying and tracking single DNA molecules. And he was right. His lab soon became a magnet for young scientists from around the world – including Jörg Enderlein. He spent the period from May 1996 to April 1997 at the Los Alamos National Laboratory in New Mexico, learning the skills that have made him today into a highly respected expert in tracking single molecules.

“ I was lucky enough to be in the right place at the right time on two separate occasions ” . The first time was four years earlier, when Edgar Klose from the newly founded firm BiosQuant was urgently looking for a research scientist. His company was a cooperation partner in the new DFG Priority Programme in the field of single-molecule spectroscopy, which had been set up in 1992. Enderlein’s job was to look into new laser technologies. “I found it fascinating. And that’s how I went straight from my PhD into a completely new field of research.” The development of new short-pulse lasers and high-speed measurement techniques proved crucial to the breakthrough for single-molecule spectroscopy. In combination, they enable researchers to observe processes at a time resolution of less than a billionth of a second.

„Kaupp war von meinem Vortrag so angetan, dass er mich zum sofortigen Wechsel nach Jülich aufforderte“, freut sich Enderlein heute noch. „Ich habe spontan zugesagt und es nie bereut.“ Seit Oktober 2001 leitet der gebürtige Berliner die dortige Einzelmolekül-Spektroskopiegruppe. // Jülich hat meine Forschung in den vergangenen Jahren großzügig gefördert. Das wäre an einer Universität gar nicht möglich. // Insgesamt investierte das Forschungszentrum durch eine Sonderförderung weit über eine halbe Million Euro an Geräten in die Arbeitsgruppe.

Die Zugkraft der Jülicher Einzelmolekül-Spektroskopie-Gruppe hat ihren Grund. Das heißt: Enderleins Team ist Weltspitze.

Trotz seiner wissenschaftlichen Erfolge ist Enderlein bescheiden geblieben – ein Mensch, mit dem man sich gerne unterhält und der angenehm nachvollziehbar von seiner Arbeit berichtet. Bei unserem Kaffeeplausch nimmt er mich für seine Forschung ein. Enderleins Beredsamkeit kommt nicht von ungefähr. Er bewundert das Kommunikationstalent amerikanischer Kollegen, orientiert sich an ihnen: „Viele bemühen sich, ihre Arbeit verständlich und doch einigermaßen exakt rüberzubringen.“

Amerikaner sind in Enderleins sechsköpfigem Team zwar noch nicht dabei gewesen. An Internationalität mangelt es dennoch nicht. „Gerade haben wir einen Gastwissenschaftler aus China bei uns, zuvor einen aus Tschechien, und im Herbst kommt wieder einer aus Prag.“ Auch aus Indien, Belgien, den Niederlanden oder Russland hatte er bereits Wissenschaftler zu einem Forschungsaufenthalt zu Besuch. Die Zugkraft der Jülicher Einzelmolekül-Spektroskopie-Gruppe hat ihren Grund. „Es gibt drei Länder, die in meiner Fachrichtung führend sind: die USA, Japan, Deutschland.“ Das heißt: Enderleins Team ist Weltspitze.

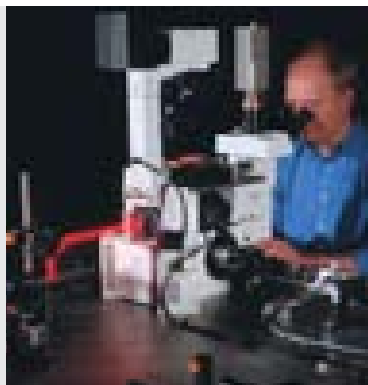
Dabei war ihm die Vorliebe für Naturwissenschaften nicht in die Wiege gelegt worden. Der Vater war Jurist, die Mutter Lehrerin. Gleichwohl wurde die Begabung des Sohnes von den Eltern früh erkannt. Der Wechsel auf die besagte Heinrich-Hertz-Schule tat ihm gut, auch wenn er bei Physik-, Chemie- oder Mathematik-Olympiaden nie brillierte. „Ich war ein schlechter Olympionike und bin immer an meiner Aufregung gescheitert.“

Aufgaben lösen in einer von anderen festgelegten Zeit, das braucht er als Wissenschaftler nicht mehr, Leistungsnachweise erbringen muss er wohl. Die sehen so aus: Gute Forschung machen und diese Arbeit in anerkannten Fachjournals darstellen. Das schaffen er und sein Team gegenwärtig pro Jahr etwa 20-mal. „Wenn ein Beitrag von einer höchstangesehenen Zeitschrift angenommen wird, ist die Freude so groß wie über einen stattlichen Lottogewinn.“ Dabei ist ihm das Schreiben der Publikationen eher lästig. „Der eigentliche Spaß ist dann schon vorbei.“ Die Hauptarbeit ist für ihn, saubere Resultate

In the 1990s it was already clear to Enderlein that the method had a broad range of potential applications. "Back then almost 10 % of all publications in the fields of physics, chemistry and biology dealt with single molecules in one form or another. And that probably hasn't changed at all today," he says.

In the spring of 2001 Enderlein was invited by Professor Benjamin Kaupp, Director at the Institute of Biological Information Processing, to give a lecture on single-molecule spectroscopy at Research Centre Jülich. Although Kaupp had never met Enderlein, he had been impressed by his publications, as had others in the field. Since February of that year, Enderlein had been a Heisenberg Scholar at the German Research Foundation (DFG), which gave him the great good fortune to be able to pursue his research ideas in complete freedom and independence.

"Kaupp was so impressed with my lecture that he urged me to move to Jülich straight away!" Enderlein recalls with visible pleasure. "I immediately accepted and I've never regretted it." Since October 2001, the Berlin-born scientist has been head of the Single-Molecule Spectroscopy Group there. // Over the past few years, Jülich has generously supported my research at a level that would never have been possible at a university. // All in all, the Research Centre has invested more than half a million euro from a special funding package on equipment for Enderlein's group.



Mit einem speziellen Fluoreszenz-Mikroskop können die Forscher einzelne Moleküle beobachten.

Researchers can observe single molecules by using a special fluorescence microscope.

Despite his success in science, Enderlein has remained a modest man – someone with whom it is a pleasure to talk, and who can also describe his work in a comprehensible and clear fashion. Over coffee he effortlessly draws me into his research. Enderlein's eloquence is also the result of his long-standing admiration for the communication skills displayed by his U.S. colleagues: "Many go to great lengths to present their work in a plain but also reasonably exact manner."

Although there have never been any Americans on Enderlein's six-person team in Jülich, there's no lack of international flavour. "At present we have a visiting scientist from China, previously there was someone from the Czech Republic, and this autumn we'll have somebody else from Prague." In addition, the team has already had researchers from India, Belgium, the Netherlands and Russia. As Enderlein explains, the single-molecule spectroscopy research group at Jülich is attractive for a reason. "There are three countries that lead the way in my field: the U.S., Japan and Germany." In other words, Enderlein's group is one of the best in the world.

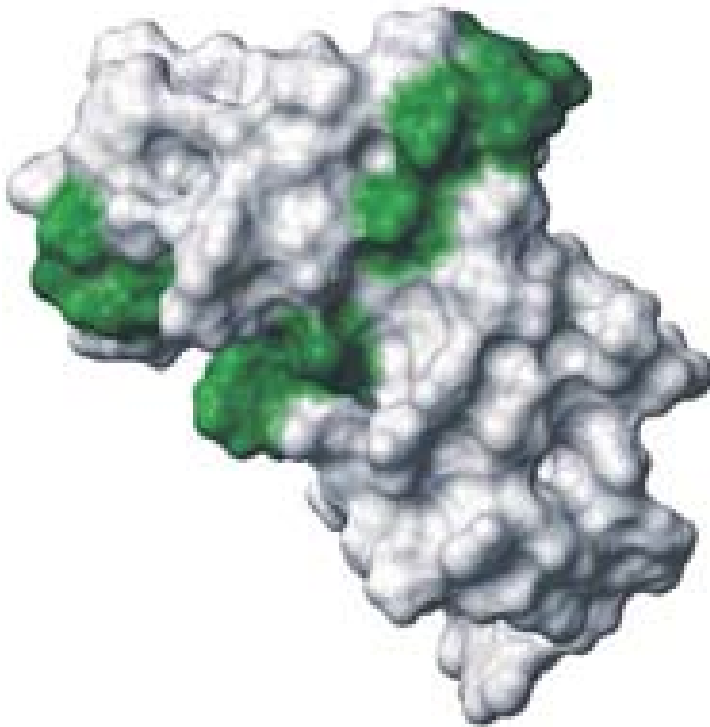
zu erzielen. Wenn man das geschafft habe, müsse man aber die Disziplin haben, die Ergebnisse den Fachkollegen auch schriftlich mitzuteilen.

Jörg Enderlein, so scheint es nach dem einstündigen Plausch am Kölner Dom, ist ein zukunftsfähiger Forscher. Er hat großen Spaß an seiner Arbeit, fühlt sich im Elfenbeinturm nicht aufgehoben und ist beweglich genug, um die eingeschlagene Richtung forscht und tiefgründig zu durchpflügen. Sein Feld kann der Wissenschaftsstandort Deutschland gut beackert vorzeigen.

Wolfgang Hess,
Chefredakteur Bild der Wissenschaft

Fehlerhafte Faltungen von Proteinen sind Ursache vieler Krankheiten. Hier ein Prionprotein, das für BSE und Creutzfeldt-Jakob verantwortlich gemacht wird.

Defective protein folding is the cause of many diseases. This is a prion protein which is held responsible for BSE and Creutzfeldt-Jakob disease.



Although there is nothing in his family background to explain such a fondness for science – his father was a lawyer, his mother a teacher – his parents were quick to recognise their son's talents. He benefited from the move to the Heinrich Hertz Gymnasium, even if he never really shone in any of the competitions in physics, chemistry or maths. "I was never a very good competitor and always suffered badly from nerves."

As Enderlein explains, the single-molecule spectroscopy research group at Jülich is attractive for a reason. In other words, Enderlein's group is one of the best in the world.

Today, he may no longer need to solve problems in a set time, but a certain level of performance is still necessary. In concrete terms this means conducting good research and presenting this work in recognised scientific journals. At present, Enderlein and his team publish about 20 papers a year. "Whenever one of our papers is accepted by a highly respected journal, it's like winning the jackpot!" That said, he admits to finding the actual business of writing the paper somewhat of a burden. "By then the real fun is over." For him, the exciting part is achieving good results. Yet, having done that, it's still important to muster the self-discipline required to present the work in written form for colleagues in the field.

During our one-hour chat in the shadow of Cologne Cathedral, it becomes clear that Jörg Enderlein is well equipped to take on future challenges in his area of research. He loves his work, has nothing of the ivory tower about him and is flexible enough to plough purposefully ahead in his chosen field – a field that German research has already done much to cultivate.

*Wolfgang Hess,
Editor-in-Chief Bild der Wissenschaft*

Nano-Chips und Bio-Elektronik erschließen unsere Zukunft

Kaum ein Lebensbereich kommt heute noch ohne moderne Informationstechnik aus. Ob im Auto oder im Arbeitsalltag, im Mobiltelefon und in der Medizintechnik – winzige elektronische Bauteile sind allgegenwärtig. Damit ist die Informationstechnologie zugleich ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Das Forschungszentrum Jülich trägt entscheidend zur Innovationskraft in diesem Bereich bei, indem es heute Konzepte für die Elektronik von morgen entwickelt.

Die Zukunft beginnt heute

Während das Auto selbstständig seinen Weg durch den dichten Feierabendverkehr findet, kann der Fahrer entspannt mit dem Kollegen in China plaudern – über ein simultan übersetzendes Handy natürlich. Daheim angekommen, findet man die Wohnung vom Service-roboter geputzt und aufgeräumt vor; der intelligente Kühlschrank hat dafür gesorgt, dass kühles Bier bereitsteht. Indes rät der persönliche Gesundheitsmonitor zu nur mäßigem Alkoholgenuß.

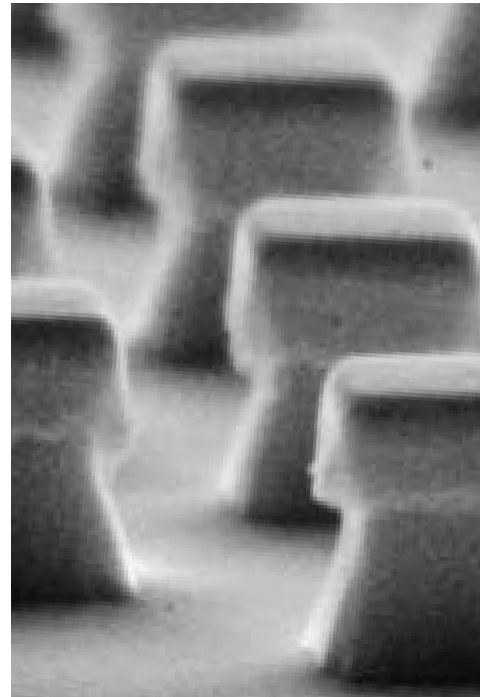
Solche Visionen klingen zwar nach Science Fiction, doch die Voraussetzungen für diese Zukunft werden gerade geschaffen. Immer kleiner und leistungsfähiger sind elektronische Bauteile in den letzten Jahrzehnten geworden. Mehr Rechnerleistung, höhere Übertragungskapazitäten, größere Speicherdichten und Chips mit ganz neuen Funktionen werden in den kommenden 20 Jahren zu völlig neuartigen Anwendungen führen.

Von Mikro zu Nano

Damit diese Visionen Realität werden, gilt es zwei zentrale wissenschaftlich-technische Herausforderungen zu meistern: Die Leistung der Rechner muss weiter steigen, und es werden Bauelemente mit zusätzlichen Funktionen benötigt. „Dazu bedarf es einer langfristig angelegten, explorativen Forschung“, betont Prof. Hans Lüth, der Jülicher Forschungsdirektor für den Bereich Information.

Der erste Transistor war 1947 noch fingernagelgroß. Heute passen Millionen Schaltungen auf die gleiche Fläche, und die Leistungsfähigkeit der Systeme nimmt weiter zu. Die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung steigt, Schaltungen werden immer dichter gepackt. Doch noch sind wir viele Größenordnungen von den theoretischen Grenzen der Informationsverarbeitung entfernt.

Nur mit neuen physikalischen Konzepten wird es möglich sein, diesen Grenzen nahe zu kommen. Bisher basiert die Informationsverarbeitung – wie schon beim allerersten



Nanometergroße Türme auf Halbleitern könnten die Schaltkreise von morgen bilden.

Shaping the Future with Nanochips and Bioelectronics

Modern information technology has become an integral part of all aspects of daily life. Whether in the car or at work, in mobile phones or in medical technology – tiny electronic components are to be found everywhere. Information technology has therefore also become a major economic factor. Research Centre Jülich is making a decisive contribution to innovations in this field today by developing concepts for the electronics of tomorrow.

The future starts today

While the car makes its own way through the traffic of the evening rush hour, the driver can lean back and chat with his colleague in China – naturally using his mobile phone with a simultaneous interpretation facility. Back home, he will find the service robot has done the housework and the intelligent fridge has put some beer on ice. But of course his personal health monitor will advise him to go easy on the alcohol.

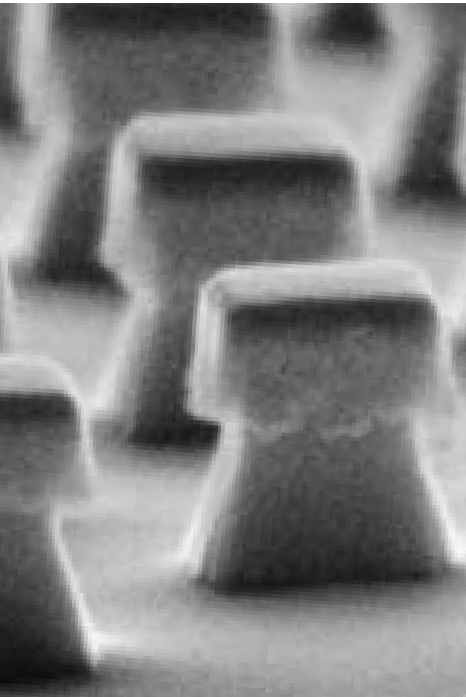
This may sound like science fiction but the necessary conditions for this future way of life are already being created. In the past few decades, electronic components have become ever smaller and more efficient. More computing power, higher transmission capacities, greater storage densities and chips with completely new functions will lead to revolutionary applications in the next 20 years.

From micro to nano

In order to make these visions reality, two central scientific and technological challenges have to be met. Computing power must continue to increase and components with additional functions are required. "This necessitates long-term, exploratory research", says Prof. Hans Lüth, Jülich's Research Director for the field of information.

The first transistor in 1947 was the size of a finger nail. Today millions of circuits fit onto the same area, and the performance of the systems continues to increase. Information processing is getting faster and the circuits are more and more tightly packed. However, we are still many orders of magnitude from the theoretical limits of information processing.

We will only be able to approach these limits by employing new physical concepts. Today – as in the very first transistors – information processing is based solely on the charge. In future, another property of the elec-



Towers, just a few nanometres tall, standing on semiconductors could form the circuits of tomorrow.



Jülicher Methoden und Werkzeuge ermöglichen diese 350 Nanometer hohen und 30 Nanometer breiten Siliziumnadeln.

Using Jülich methods and tools, these silicon needles, 350 nanometres tall and 30 nanometres wide, are made possible.

Transistor – allein auf der Ladung. Künftig soll auch eine andere Eigenschaft des Elektrons genutzt werden, um Informationen zu kodieren: der Spin. Eine solche spin- oder quantenbasierte Elektronik benötigt entsprechend angepasste, neuartige Chip-Architekturen aus Bauteilen im Nanometer-Maßstab. Im Forschungszentrum Jülich hat die Arbeit daran bereits begonnen.

Darüber hinaus wird daran gearbeitet, biologische Systeme mit nanoelektronischen Schaltungen zu verknüpfen. Informationen, die von lebenden Zellen kommen, werden in elektronische Schaltkreise eingespeist, Nervenzellen durch elektronische Signale erregt und Schaltungen nach dem Vorbild der Natur aufgebaut.

Nur eine enge Verzahnung der Physik mit der Chemie und der Biologie macht diese Fortschritte möglich. Das Forschungszentrum Jülich bietet dafür mit seinen Schwerpunkten in der Materialforschung und in den Neurowissenschaften ideale Voraussetzungen.

Der 20-Jahres-Plan

Wie kein anderes Zentrum der Helmholtz-Gemeinschaft ist das Forschungszentrum Jülich auf dem Gebiet der Nanoelektronik für die Informationstechnologie qualifiziert. Um die vorhandenen Kompetenzen zu bündeln, haben sich acht Jülicher Institute zum „Center of Nanoelectronic Systems for Information Technology“ (CNI) zusammengesetzt. Das Rückgrat des CNI bilden die beiden Departments für „Festkörperforschung“ und „Bio- und Nanosysteme“. Weltweit anerkannt ist deren Forschung auf den Gebieten der Halbleitermaterialien, der Magnetoelektronik und Spintronik, der neuartigen nichtflüchtigen Speicher, der Terahertz-Elektronik sowie zu den Grundlagen der molekularen und bioelektronischen Informationsverarbeitung. Die technische Ausrüstung des CNI für die nanoelektronische Forschung, beispielsweise mit den höchstauflösenden Transmissionselektronenmikroskopen des Ernst Ruska-Centrums, ist im internationalen Vergleich einmalig. Über das eigene Forschungsprogramm hinaus dient das CNI daher auch als Technologieplattform für Partner in Wissenschaft und Industrie. Neben hervorragenden Kompetenzen und Ausstattungen für die experimentelle Forschung ist für die Weiterentwicklung der Nanoelektronik ein theoretisches Verständnis von Materialeigenschaften und Prozessen auf der atomaren Ebene unverzichtbar.

Das enge Zusammenwirken dieser unterschiedlichen Kompetenzfelder an einem Ort – von der Materialforschung über die Neurowissenschaften bis zur theoretischen Modellierung und Computersimulation – ist ein entscheidender Standortvorteil des Forschungszentrums Jülich.

Unter einem Spin

(englisch Dreh, Drall) versteht man eine quantenmechanische Eigenschaft von Elektronen, die sich als Eigendrehimpuls dieser Teilchen vorstellen lässt. Der Spin kann zwei unterschiedliche Drehrichtungen haben – „spin up“ oder „spin down“. Er lässt sich über das mit ihm verbundene magnetische Moment messen.



Was Mikrochips von der Biologie lernen können, zeigt die sensorische Informationsverarbeitung der Grille. *What microchips can learn from biology is demonstrated by the cricket's sensory information processing.*

Spin

Spin is taken to mean a quantum-mechanical property of electrons that can be understood as the intrinsic angular momentum of these particles. Spin can have two different directions – “spin up” or “spin down”. It can be measured by means of the magnetic momentum associated with it.

tron will be used to code information: the spin. Such spin- or quantum-based electronics requires appropriate novel chip architectures consisting of components on a nanometre scale. Work on this task has already begun at Research Centre Jülich.

Furthermore, work is in progress on linking biological systems to nanoelectric circuits. Information coming from living cells is fed into electronic circuits, neurons are excited by electronic signals and circuits created according to models found in nature.

This progress can only be achieved by closely dovetailing physics with chemistry and biology. Research Centre Jülich provides ideal conditions for this approach with its major priorities in materials research and the neurosciences.

The twenty-year plan

More than any other centre in the Helmholtz Association, Research Centre Jülich is especially well qualified for handling information technology in the field of nanoelectronics. In order to focus existing expertise, eight Jülich institutes have joined together to form the “Centre of Nanoelectronic Systems for Information Technology” (CNI). The backbone of CNI is formed by the two “super-institutes” of “Solid-State Research” and “Bio- and Nanosystems”. Their research in the fields of semiconductor materials, magnetoelectronics and spintronics, novel nonvolatile memories, terahertz electronics, as well as the basic principles of molecular and bioelectronic information processing has found worldwide recognition. CNI's technical equipment for nanoelectronic research is unique on the international scene, including for example the very-high-resolution transmission electron microscopes at the Ernst Ruska Centre. Over and above its own research programme, CNI therefore also functions as a technology platform for partners in science and industry. Apart from outstanding expertise and equipment for experimental research, a theoretical understanding of material properties and processes on the atomic level is also indispensable for further developments in nanoelectronics.

The close interaction of these different fields of expertise on one campus – from materials research through neurosciences up to theoretical modelling and computer simulation – is a decisive site advantage for Research Centre Jülich.

Drei Pfade in die Zukunft

Das CNI verfolgt drei Entwicklungslinien:

1. Von unkonventionellen Bauelementen auf Siliziumbasis zur molekularen Elektronik.
2. Von der Spintronik zur Quanteninformationsverarbeitung.
3. Von der Bioelektronik zu neuartigen Architekturen.

Jeder dieser Wege führt zunächst zu kurz- oder mittelfristigen Forschungszielen. Vorarbeiten haben bereits gezeigt, dass sie mit großer Sicherheit erreichbar sind. Von diesen strebt er zu langfristigen Visionen, von denen wir heute noch nicht wissen, ob und wie sie sich realisieren lassen. Von unterschiedlichen Seiten werden so alternative Konzepte der Informationsverarbeitung ausgelotet.

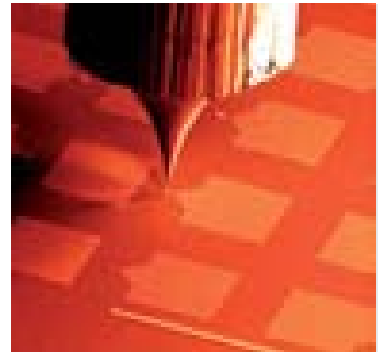
„Die Relevanz dieser Forschungsthemen wird laufend mit unseren Industriepartnern abgestimmt“, betont Hans Lüth. // Damit befindet sich das Forschungszentrum Jülich in einem hochkomplexen und außerordentlich dynamischen Spannungsfeld zwischen industrieller Entwicklung und wissenschaftlicher Vision. //

Vom Silizium zur molekularen Elektronik

Die bisher existierende Mikro- und Nanoelektronik beruht darauf, dass Informationsinhalte mittels Ladung kodiert werden. Heute geschieht das fast ausschließlich durch siliziumbasierte CMOS-Bauelemente. Ziel der Forschung ist es, deren Effizienz erheblich zu steigern. Dafür erprobt das Forschungszentrum Jülich beispielsweise neue Konstruktionen für die Komponenten dieser Schaltkreise, so genannte Nano-MOSFETs, und neue Materialkombinationen in diesen Transistoren.

Schon in weniger als zehn Jahren könnten jedoch ganz neue Strukturen die heutigen Bauelemente ablösen, schätzen Experten der Halbleiterindustrie. Um feinste Nanodrähte herzustellen, soll die Fähigkeit von Atomen genutzt werden, sich unter bestimmten Bedingungen von selbst aneinander zu reihen oder beispielsweise ringförmige Muster zu bilden (Selbstorganisation). Auch an die Verwendung von Kohlenstoff-Nanoröhrchen ist gedacht. Das CNI arbeitet an den Grundlagen dieser Konzepte. So ist es in Jülich schon gelungen, Drähte aus Silizium und Germanium wachsen zu lassen, die nur etwa 3 Nanometer breit sind.

Ein weiterer Schritt in den Nanokosmos wäre die Nutzung einzelner Moleküle als Schalter. Doch bevor sich das enorme Potenzial einer künftigen Molekularelektronik entfalten kann, müssen grundlegende Fragen beantwortet werden: Wie lassen sich Moleküle genau platzieren?



Der Weg zu leistungsfähigeren Schaltkreisen führt zu immer kleineren Strukturen. Die feine Spitze eines Rastertunnelmikroskops tastet solche Strukturen ab, um ihre Materialeigenschaften zu untersuchen.

The path to more efficient circuits leads to small and smaller structures.

The fine tip of a scanning tunnelling microscope scans such structures in order to study their material properties.

CMOS

CMOS steht für Complementary Metal Oxide Semiconductor (dt.: komplementärer Metall-Oxid-Halbleiter). Diese Bausteine sind integrierte Schaltkreise aus Feldeffekttransistoren, die als MOSFETs bezeichnet werden.

Ein MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) ist ein spannungsgesteuerter Transistor auf Siliziumbasis.

Three paths to the future

CNI is pursuing three lines of development:

1. from unconventional components based on silicon to molecular electronics
2. from spintronics to quantum information processing
3. from bioelectronics to novel architectures.

Each of these paths first leads to short- or medium-term research goals. Preparatory work has already shown that it is more than likely that these goals can be achieved. On this basis, CNI will move on to long-term visions where at the moment we still do not know whether and how they can be implemented. In this way, alternative approaches to information processing are being explored from different sides.

“The relevance of these research topics is constantly re-evaluated in discussions with our industrial partners”, adds Hans Lüth.  Research Centre Jülich is thus in a highly complex and extremely dynamic interface between industrial development and scientific vision. 

From silicon to molecular electronics

Existing micro- and nanoelectronics are based on the fact that information content is coded by means of charge. Today, this coding is done almost exclusively by silicon-based CMOS components. The aim of research is to considerably increase the efficiency. To this end, Research Centre Jülich is, for example, testing new designs for the components of these circuits, so-called nano-MOSFETs, and new combinations of materials in these transistors.

However, experts in the semiconductor industry are of the opinion that in less than ten years from now completely new structures could replace present components. In order to manufacture extremely fine nanowires, use will be made of the ability of atoms to line themselves up under certain circumstances or, for instance, to form annular patterns (self-assembly). Consideration is also being given to the use of carbon nanotubes. CNI is working on the basic principles of these concepts. For example, Jülich researchers have already successfully grown wires of silicon and germanium that are only about 3 nanometres wide.

Another step towards the nanocosmos would be to use individual molecules as switches. However, before this enormous potential can be exploited for future molecular electronics, fundamental issues still remain to be clarified: How can molecules be exactly positioned?

CMOS

CMOS stands for complementary metal oxide semiconductor. These building blocks are integrated circuits from field-effect transistors, known as MOSFETs.

A MOSFET (metal oxide semiconductor field effect transistor) is a voltage-controlled transistor based on silicon.

Wie kann man präzise Kontakte herstellen, wie die Bauteile im Nanomaßstab richtig verknüpfen? Völlig neue Architekturen müssen entwickelt werden. Etwa ab 2020 ist der Übergang auf eine Molekularelektronik denkbar, in der maßgeschneiderte Moleküle als elektronische Bauelemente dienen.

Von der Spintronik zum Quantencomputer

Der erste Schritt in eine Zukunft namens Spintronik wurde am Forschungszentrum Jülich bereits getan. Mit der Entdeckung des Riesenmagnetowiderstands in Jülich begann die Anwendung von Spineffekten in der Elektronik.

Der Riesenmagnetowiderstand (GMR) wurde 1988 vom Jülicher Wissenschaftler Peter Grünberg – und zeitgleich auch an der Universität Paris – entdeckt. Dieser quantenmechanische Effekt tritt in übereinander liegenden magnetisierten Schichten auf. Er beruht darauf, dass Elektronen mit gleichem Spin leicht durch eine dünne, nicht-magnetische Zwischenschicht wandern können. Wird die Magnetisierung einer der beiden Schichten jedoch umgepolt, haben die Elektronen unterschiedlichen Spin und wechseln nicht mehr so einfach zur anderen Schicht. Im ersten Fall ist der Widerstand niedrig, im zweiten hoch. Ein solches System reagiert empfindlich auf äußere Magnetfelder und verändert dabei seinen elektrischen Widerstand stark. Genutzt wird der Effekt in Lesköpfen für magnetische Festplatten. Damit ließ sich die Speicherdichte unserer Computer beträchtlich steigern.

Derzeit wird intensiv daran gearbeitet, Konzepte für neue Bauelemente zu entwickeln, die verschiedene andere Spineffekte nutzen. So könnte es mittelfristig gelingen, ladungsbasierte logische Schalter durch spinbasierte zu ersetzen. Damit würden Energieverluste sehr viel geringer. Schon heute führt diese Zielsetzung dazu, dass mit Hochdruck an neuen Materialien geforscht wird. Es wurden bereits vollkommen neuartige magnetische Halbleiter, Halbmetalle und magnetische Oxide für diese Elektronik der Zukunft entwickelt.

„Wir arbeiten an einer Spinelektronik, bei der der Elektronenspin der Informationsträger ist“, berichtet Lüth aus der Arbeit seiner Jülicher Kollegen. // Damit öffnet sich das Tor zur Entwicklung einer künftigen Quanteninformationsverarbeitung. // Sie wäre wegen der hochgradig parallelen Informationsverarbeitung um Größenordnungen schneller als alle herkömmlichen Rechner. Auch sichere Methoden der Datenverschlüsselung könnten ein Ergebnis dieser Entwicklungslinie sein.



Derart kleine Chipstrukturen werden in Reinräumen hergestellt. Dadurch wird verhindert, dass Staubteilchen die empfindlichen Schaltkreise zerstören.

How can precise contacts be fabricated and the nano-scale components correctly integrated? Completely new architectures will have to be developed. A transition to molecular electronics is conceivable from about 2020, which means that customised molecules can then serve as electronic components.

From spintronics to quantum computers

The first steps towards a spintronic future have already been taken at Research Centre Jülich. The application of spin effects in electronics started with the discovery of giant magnetoresistance here in Jülich.

Giant magnetoresistance (GMR) was discovered in 1988 by the Jülich scientist Peter Grünberg – and simultaneously also at the University of Paris. This quantum mechanical effect arises in magnetised layers that are positioned on top of each other. The effect is based on the fact that electrons with the same spin can easily migrate through a thin, non-magnetic intermediate layer. If the magnetisation of one of the two layers is reversed, then the spin of the electrons is different and they can no longer move as easily to the other layer. In the first case, the resistance is low, and in the second case, it is high. Such a system reacts sensitively to external magnetic fields and its electric resistance is greatly altered. This effect is used in read heads for magnetic hard drives so that the storage density of our computers can be considerably increased.



Chip structures of such a small size are fabricated in clean rooms. This prevents dust particles from destroying the sensitive circuits.

Intensive work is already in progress on developing designs for new components that make use of various other spin effects. In the medium term, it may therefore be possible to replace charge-based logic switches by spin-based devices. This would greatly reduce energy losses. This objective means that even today research on new materials is forging ahead. Completely new magnetic semiconductors, semimetals and magnetic oxides have already been developed for the electronics of the future.

“We are working on spin electronics where the electron spin carries the information”, says Lüth reporting on the work of his colleagues at Jülich. // This thus opens the door for the development of future quantum information processing. // Due to highly parallel information processing, such computers would be faster than conventional devices by several orders of magnitude. Reliable methods of data encryption could also be one result of this line of development.

Kombipacks aus Biologie und Elektronik

Vielfältige Möglichkeiten verspricht die Verknüpfung biologischer Systeme mit elektronischen Bauelementen. Wissenschaftlern des Forschungszentrums Jülich gelang es bereits, Zellen und Biomoleküle mit technischen Schaltkreisen zu kombinieren. „So lassen sich beispielsweise Eiweiße als hochsensible und -spezifische Erkennungselemente für Sensoren verwenden“, erläutert Lüth. Solche Biosensoren könnten beispielsweise Umweltgifte aufspüren sowie in der Drogenfahndung oder in der Gerichtsmedizin wertvolle Dienste leisten.

Auch wird der Einsatz der Mikro- und Nanoelektronik im Bereich der Gehirnforschung immer mehr an Bedeutung gewinnen. So arbeiten Jülicher Wissenschaftler daran, lebende Nervenzellen mit Transistoren zu verknüpfen. Die Wechselwirkungen zwischen einzelnen Hirnzellen werden damit besser nachvollziehbar. Künftig kann die Verbindung von ganzen Neuronennetzwerken mit elektronischen Systemen dazu beitragen, die Informationsverarbeitung im Gehirn genauer zu verstehen.

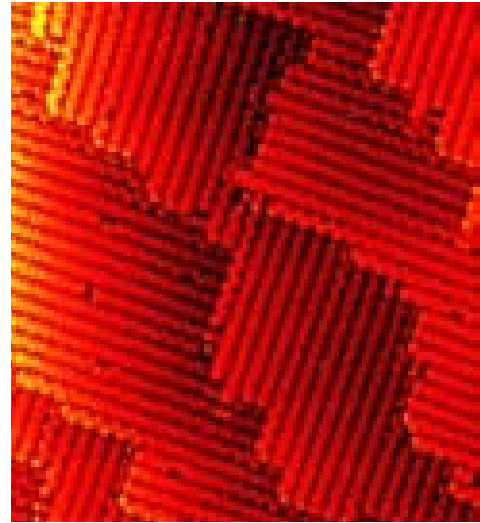
Umgekehrt werden die Resultate dieser Forschung die künftige Entwicklung der Molekularelektronik und der Spintronik inspirieren. Zu den bereits heute absehbaren Vorteilen zählt die Defekttoleranz, also eine absolut zuverlässige Informationsverarbeitung, selbst wenn etliche Bauelemente und Verbindungen fehlerhaft sind. Auch werden Systeme nach dem Vorbild der Natur hochgradig parallel und äußerst energieeffizient arbeiten.

Allianzen für die europäische Nanoelektronik

Das CNI bündelt die Ressourcen und Aktivitäten des Forschungszentrums Jülich im Bereich Information und schafft so eine exzellente Basis zur Bearbeitung dieses Helmholtz-Forschungsschwerpunktes.

Darüber hinaus war das CNI von Anfang an als Technologieplattform für interessierte Kooperationspartner aus umliegenden Universitäten sowie aus der Industrie geplant. Dieser Verbund wird in den kommenden Jahren weiter ausgebaut werden. Ziel ist eine strategische Allianz mit den Universitäten der Region, in der die jeweiligen Stärken der Partner einander ergänzen. Insbesondere strebt das Forschungszentrum Jülich eine enge Zusammenarbeit mit dem Nanoclub der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen an.

Bereits heute arbeiten Wissenschaftler der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich in mehreren virtuellen Instituten zu Forschungsthemen auf dem Gebiet der Nanoelektronik eng zusammen. Es ist vorgesehen, die am CNI vorhandene hochwertige Infrastruktur insbesondere in den Bereichen Epitaxie, Ionenstrahltechniken und



Das kontrollierte Wachstum von Halbleitern, Atomschicht für Atomschicht, ist die zentrale Fertigkeit, um innovative Nanostrukturen auf Chips zu ermöglichen.

The controlled growth of semiconductors, atomic layer by atomic layer, is the central skill required to grow innovative nanostructures on chips.

Combipacks of biology and electronics

A wide range of promising possibilities aim to link biological systems to electronic components. Scientists at Research Centre Jülich have already succeeded in combining cells and biomolecules with technical circuits. "In this way, proteins, for example, can be used as highly sensitive and specific recognition elements for sensors," Lüth explains. Such biosensors could, for instance, track down environmental poisons, and also be of great assistance both in the search for illegal drugs and in forensic medicine.

Micro- and nanoelectronics will also become more and more significant in the field of brain research. Scientists at Jülich are working on linking living neurons to transistors. It will thus be easier to monitor the interactions between individual brain cells. In future, linking entire neural networks to electronic systems will contribute to an improved understanding of how information is processed in the brain.

On the other hand, the results of this research will inspire the future development of molecular electronics and spintronics. The benefits that are already emerging today include deficit tolerance, that is to say absolutely reliable information processing even if a number of components and connections are faulty. Systems based on models in nature will also become highly parallel and will function in an extremely energy-efficient manner.

Alliances for European nanoelectronics

CNI focuses the resources and activities of Research Centre Jülich in the field of information and thus creates an excellent basis for work on this research priority in the Helmholtz Association.

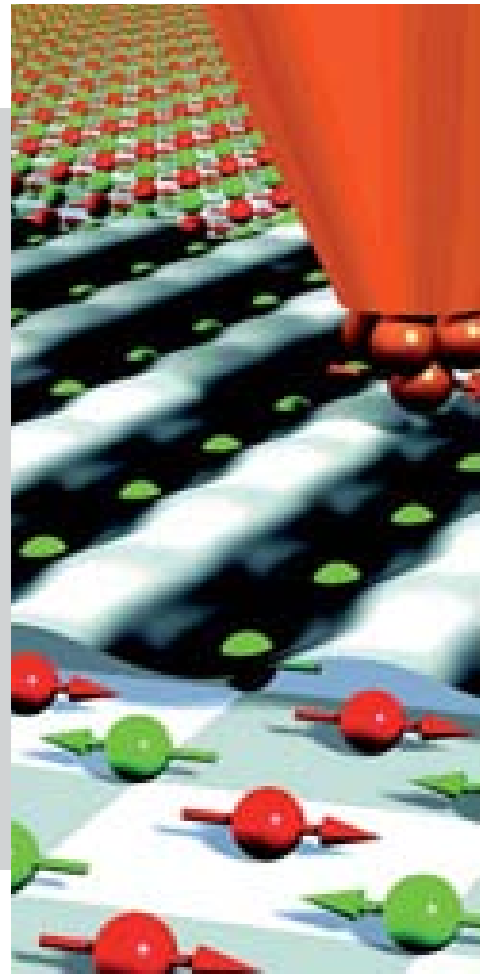
Furthermore, from the very beginning CNI was planned as a technology platform for interested cooperation partners from neighbouring universities and from industry. This collaboration will be further extended in coming years. The aim is a strategic alliance with universities in the region, so that the partners' strengths complement each other. In particular, Research Centre Jülich aims at close collaboration with the Nanoclub at RWTH Aachen University.

Even today, scientists from RWTH Aachen University and Research Centre Jülich are cooperating closely in several virtual institutes on research topics in the field of nanoelectronics. It is envisaged that CNI will continue to expand its existing sophisticated infrastructure, especially in the fields of epitaxy, ion beam techniques and integration technologies, and will make them available to the collaboration.

Integrationstechnologien konsequent auszubauen und diese in den Verbund einzubringen.

Langfristig soll diese Technologieplattform gemeinsam mit der RWTH Aachen zu einer europäischen Experimentieranlage („User Facility“) für die Fabrikation nanoelektronischer Systeme ausgebaut werden. Der Wissenschaftsraum Jülich – Aachen wird damit zu einem der Leistungszentren für Nanoelektronik in Europa heranwachsen. Insbesondere strebt das Forschungszentrum Jülich eine Führungsrolle in einschlägigen Forschungsprogrammen der EU an.

„Die wissenschaftliche Kompetenz für diesen Führungsanspruch steht in Jülich zur Verfügung“, erklärt Hans Lüth. „Um sie optimal nutzen zu können, muss die technologische und analytische Infrastruktur für dieses sich rasch entwickelnde Forschungsgebiet laufend erneuert und ergänzt werden.“



Die magnetische Spitze eines spinpolarisierten Rastertunnelmikroskops fährt eine magnetische Schicht ab, in der die Atomspins entgegengesetzt ausgerichtet sind.

In the long term, in conjunction with RWTH Aachen University, this technology platform will be expanded to form a European User Facility for the fabrication of nanoelectronic systems. The Jülich-Aachen science area will thus grow into one of the centres of excellence for nanoelectronics in Europe. In particular, Research Centre Jülich is aiming to take on a leading role in the relevant EU research programmes.

"The scientific expertise for this bid for leadership is already available at Jülich", adds Hans Lüth. "In order to optimally exploit this competence, the technical and analytical infrastructure for this rapidly developing research area must be continuously updated and expanded."



The magnetic tip of a spin-polarised scanning tunnelling microscope scans a magnetic layer in which the atomic spins are oriented in the opposite direction.

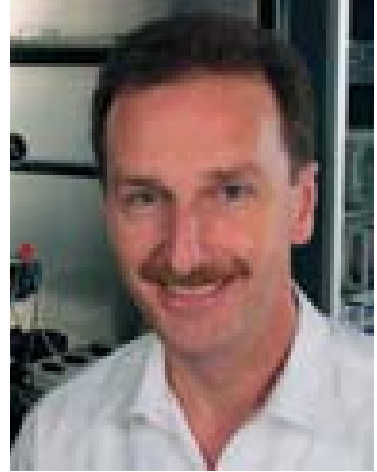
Information@Jülich: Andreas Offenhäusser baut Brücken zwischen Computern und Leben

Es ist erst einige Jahrzehnte her, dass Hightech beeindruckende Ausmaße hatte. Schrankgroße Computer, erst recht Kraftwerke und Raketen beflügelten die Phantasie einer ganzen Wissenschaftlergeneration. Seitdem ist die Technik immer weiter in kleinste Dimensionen vorgedrungen. Dort, wo sie auf die Bausteine des Lebens trifft, fasziniert sie mehr und mehr junge Forscher aller Disziplinen. Andreas Offenhäusser, der das neue Institut für Bioelektronik am Forschungszentrum Jülich leitet, ist einer von ihnen.

„// Wie kann man Halbleitertechnik, die Grundlage heutiger Computer, und biologische Systeme verknüpfen? Das ist unser zentrales Thema //“, beschreibt Offenhäusser sein Forschungsgebiet. Dabei konnte sich der gebürtige Schwabe, Jahrgang 1959, in jungen Jahren kaum für die Biologie begeistern. Wie viele naturwissenschaftlich Interessierte entschied er sich für ein Studium in der „Königsdisziplin“ des 20. Jahrhunderts, der Physik. Doch als er dann in Ulm bei Prof. Peter Fromherz Vorlesungen in Biophysik hörte, war sein Interesse geweckt. „Die Biophysik hat mich seitdem nie wieder losgelassen.“

So entschied er sich nach einem zweijährigen Abstecher in die Industrie, die klassische Halbleiterphysik wieder hinter sich zu lassen. Es folgten Forschungsjahre am RIKEN in Japan und am Max-Planck-Institut für Polymerforschung, in denen er an Nanomaterialien arbeitete, bis er schließlich 2001 die Leitung des damaligen Instituts für Grenzflächenforschung am Forschungszentrum Jülich übernahm. Mit seinem etwa 30 Köpfe zählenden Team forscht er nun vor allem in zwei Teilbereichen, die ein großes Potenzial für die technische Entwicklung der kommenden Jahrzehnte haben: der zellulären und der molekularen Bioelektronik.

„In der zellulären Bioelektronik ist unser Ziel, ein einfaches Netzwerk aus Nervenzellen und elektronischen Bauelementen miteinander zu einer Einheit zu verbinden“, sagt Offenhäusser. Elektrische Signale werden aus den Schaltkreisen in die Nervenzellen übermittelt, unter diesen weiterverarbeitet und an die Elektronik zurück übertragen. Damit kann man beobachten, wie Nervenzellen über ihre Fortsätze – die so genannten Neuriten – miteinander kommunizieren. Eine wichtige Voraussetzung, um zu verstehen, wie solche Zellen miteinander verschaltet sind, wenn sie in Lebewesen Bewegungen und andere organische Prozesse auslösen. Die Nervenzellchips sieht er deshalb zuerst als Werkzeug für weitere grundlegende Erkenntnisse in der Neuroforschung. Von



In kleinen Schalen, direkt auf die Kontakte eines Chips, bringen Forscher einzelne Nervenzellen auf und untersuchen deren Signalweiterleitung.

Information@Jülich: Andreas Offenhäuser Builds Bridges between Computers and Life

It's only in the last few decades that high tech has got genuinely small. Computers the size of cupboards, power plants and space rockets fired the imagination of a whole scientific generation. Since then, however, technology has continued to advance into ever more minuscule realms. Today, an increasing number of young researchers from all disciplines are interested in the interface between technology and the building blocks of life. Andreas Offenhäuser, head of the new Institute of Bioelectronics at Research Centre Jülich, is one of them.

“How can we combine semiconductors, the basis of today's computers, with biological systems? That's the key question,” says Offenhäuser describing his field of research. Born in Swabia in 1959, Offenhäuser had little interest in biology in his younger years. Like many of those interested in science, he opted to study the ruling scientific discipline of the 20th century – physics. But once in Ulm, where he attended lectures in biophysics by Prof. Peter Fromherz, his curiosity was roused. “And it's had a hold on me ever since”, he says with a smile.

After a stint of two years in industry, he therefore decided to leave the world of classic semiconductor physics behind. After periods of research at RIKEN in Japan and the Max Planck Institute of Polymer Research, during which he worked on nanomaterials, he arrived at Research Centre Jülich in 2001 to head what was then the Institute of Interface Research. Together with his team of 30 or so researchers, he focuses on two areas in particular, both of which are set to play a big role in technological development over the coming decades: cellular and molecular bioelectronics.

“In the field of cellular bioelectronics, what we're trying to do is combine neurons and electronic components in a simple circuit,” says Offenhäuser. Electrical signals from the electronic components are transmitted to neurons, processed by the latter and then sent back to the electronic components. In this way, it is possible to observe how nerve cells communicate with one another via their processes – so-called neurites – and thus begin to understand how such cells are “wired” to one another when they trigger movements and other organic processes in living organisms. In the first instance, Offenhäuser sees the nerve-cell chips as a tool for making further fundamental discoveries in the field of neuroscience. In turn, these will be of benefit to other research groups working on brain-computer interfaces for the development, for example, of neuroprostheses for paralysed or physically disabled people.



In small dishes, positioned directly on the contact of a chip, researchers apply individual neurons and study how they transmit signals.

denen profitieren aber auch Forschungsgruppen, die Hirn-Computer-Schnittstellen, etwa als Neuroprothesen für Gelähmte und Behinderte, entwickeln.

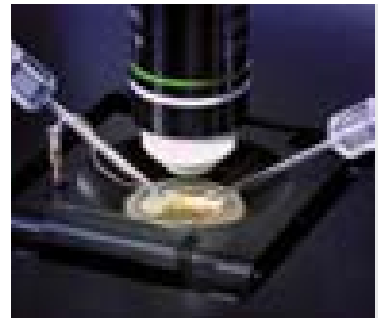
Um die Nervenzellen, die am Institut den Hirnen von Ratten und den Ganglien von Grillen entnommen werden, auf einem Halbleiterchip möglichst exakt zu positionieren, wird dessen Oberfläche zunächst chemisch verändert. Mit Hilfe von winzigen Stempeln werden Proteine in einem bestimmten Muster aufgedruckt, an dem sich dann in der Petrischale die Nervenzellen ablagern. Dieses Verfahren wird, je nach Größe der Strukturen im Muster, Micro- oder Nano-Contact-Printing genannt.

Die Herausforderung besteht darin, die Zellen dazu zu bringen, sich über ihre Fortsätze in einer kontrollierten Weise miteinander zu verbinden. Das gelingt in Ansätzen bereits, aber, so Offenhäusser, „da müssen wir noch viel mehr verstehen.“ Denn bislang können noch nicht einzelne Neuriten gezielt manipuliert werden. „Wir haben hier noch viel Arbeit vor uns.“

Im Laufe der Jahre hat diese Forschung auch den Blick des Physikers auf die Biologie grundsätzlich verändert. „Zu Beginn sieht man so eine Zelle als einen großen runden Sack, den man auf Transistoren legt“, scherzt Offenhäusser. Aber mit jeder neuen Erkenntnis stelle man fest, dass es sich um eine unglaublich komplexe Maschinerie handelt, auf der das Leben beruht. „Man entwickelt immer mehr Hochachtung vor der Natur.“

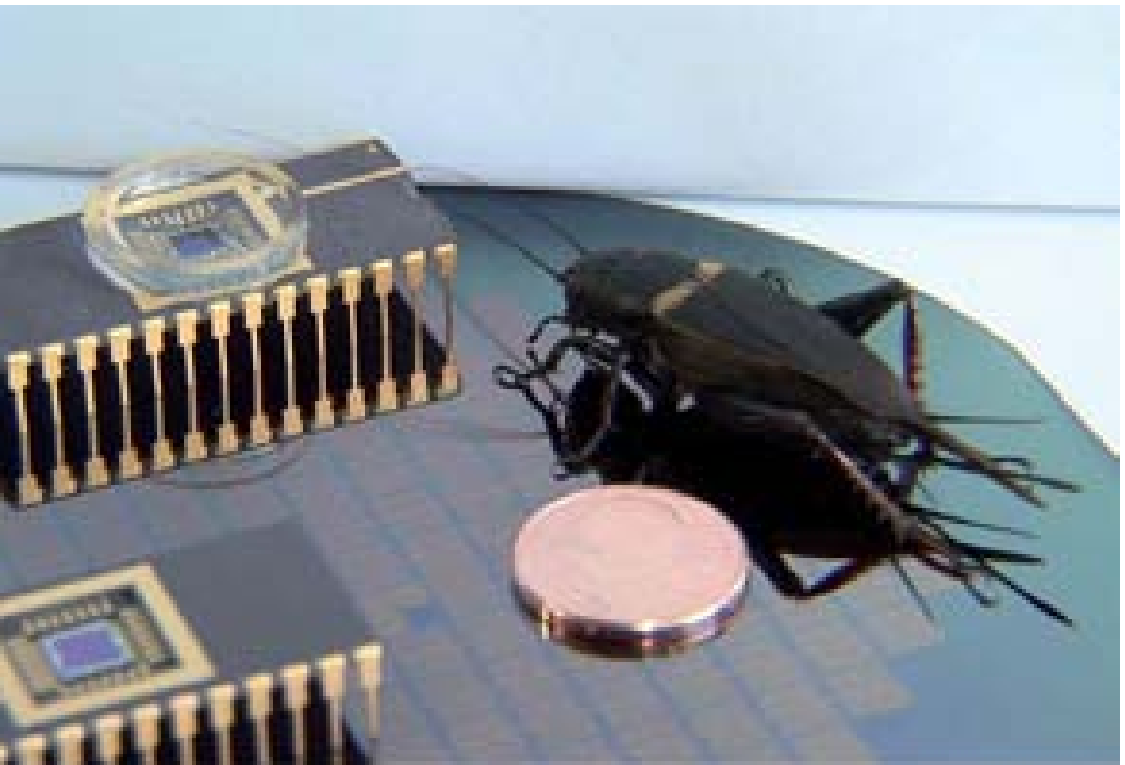
Während die zelluläre Bioelektronik zuerst der wissenschaftlichen Erkenntnis gewidmet ist, winken in der molekularen Bioelektronik vor allem Anwendungen, die die Medizin der Zukunft mit prägen werden. „Da arbeiten wir im Wesentlichen an neuen DNA- und Proteinchips“, erläutert Offenhäusser. Zwar gibt es derartige Minilabore heute schon, aber ihre Handhabung ist noch recht aufwändig. In ihnen sind etwa auf einem Halbleitersubstrat kurze Abschnitte des Genmaterials DNA aufgebracht. Das liegt in Zellkernen in Form eines schraubenartig gewundenen Doppelstrangs vor, in dem die vier chemischen Grundbausteine der Gene – die Basen – unzählige Paare entlang des Doppelstranges bilden, und zwar immer nach einem festgelegten Muster.

Auf dem Chip verankerte DNA-Einzelstränge mit beispielsweise 20 Basen verbinden sich deshalb nur mit Einzelsträngen in einer Probe, deren Basen genau das Gegenstück bilden – so wie ein Schlüssel nur in ein einziges Schloss passt. Diese Reaktion kann Offenhäussers Team über ein elektrisches Signal im Chip inzwischen innerhalb weniger Minuten nachweisen. Auf diese Weise lässt sich feststellen, welcher Genabschnitt in der Pro-



Unter dem Mikroskop kontrollieren Forscher das Wachstum einzelner Nervenzellen auf einem Transistorchip, um mehr über deren Signalverarbeitung zu erfahren. Die Natur könnte hier als Vorbild für zukünftige Chiparchitekturen dienen.

Researchers check the growth of individual neurons on a transistor chip under the microscope in order to discover more about their signal processing. Nature could function as a model for future chip architectures.



Die Grille und ihr Nervensystem dient als Vorlage für effektive Signalverarbeitung.

The cricket's nervous system serves as a model for effective signal processing.

In the institute, neurons removed from the brains of rats and the ganglions of crickets are positioned as precisely as possible on a semiconductor chip. To facilitate this, the surface of the latter is chemically modified and printed with proteins in a specific pattern using minuscule stamps. Neurons then adhere to this pattern in the Petri dish. Depending on the size of the structures in the pattern, this process is known as micro-contact or nano-contact printing. The challenge lies in getting the cells to link up, via their neurites, in a controlled manner. There has already been encouraging progress here, but as Offenhäusser admits, "We still need to understand a whole lot more". For example, the researchers are not yet able to manipulate individual neurites. "There's still a lot of work ahead of us."

Thanks to this type of research, Offenhäusser's view of biology has radically changed over the years. "First of all, you just think of a cell as a big round bag which you place on a few transistors," jokes Offenhäusser. Yet with each new discovery comes the realisation that it is an incredibly complex system at the root of all life. "You develop more and more respect for nature."

Whereas work in cellular bioelectronics is above all devoted to furthering "pure" scientific understanding, molecular bioelectronics will primarily yield the kind of applications that will help shape the future of medicine. "In essence, we're working on new DNA and protein chips," explains Offenhäusser. Although such "mini-labs" do exist today, they remain very difficult to use.

be vorliegt. Dabei könnte es sich um einen Abschnitt handeln, dessen Basenfolge für ein bekanntes Krebsgen steht.

Offenhäussers Traum, den er mit vielen Forschern auf diesem Gebiet teilt: aus diesem Verfahren ein zuverlässiges Werkzeug für einen schnellen Krebs-Check zu entwickeln.

/// Man gibt einen Tropfen Blut eines Patienten auf den Chip, wartet fünf Minuten und bekommt dann als Ergebnis, ob eine bestimmte genetische Krebsveranlagung vorliegt. /// Dasselbe Ziel verfolgt er für Proteinchips. Eines Tages soll es so möglich sein, Genabschnitte und Proteine, die für Krankheiten stehen, nur anhand eines elektrischen Signals nachzuweisen.

Diese Forschung gelinge allerdings nur, wenn verschiedene wissenschaftliche Disziplinen zusammenarbeiten, betont Offenhäusser. Deshalb hat er sein Institut von Anfang an interdisziplinär aufgestellt: Je ein Drittel der Wissenschaftler sind Physiker, Biologen und Ingenieure oder Chemiker. Darin sieht er auch einen Vorteil der Arbeit am Forschungszentrum Jülich, denn „an einer Universität ist solch eine interdisziplinäre Arbeit bei den dort üblichen Vorschriften ziemlich schwer umzusetzen. Da sind wir hier viel freier.“

Niels Boeing,
Wissenschaftsjournalist, GEO, Die Zeit,
Technology Review



Mit der Kontaktfläche eines Transistors wird das elektrische Potenzial einer Zelle bei der Reizweiterleitung ausgemessen.

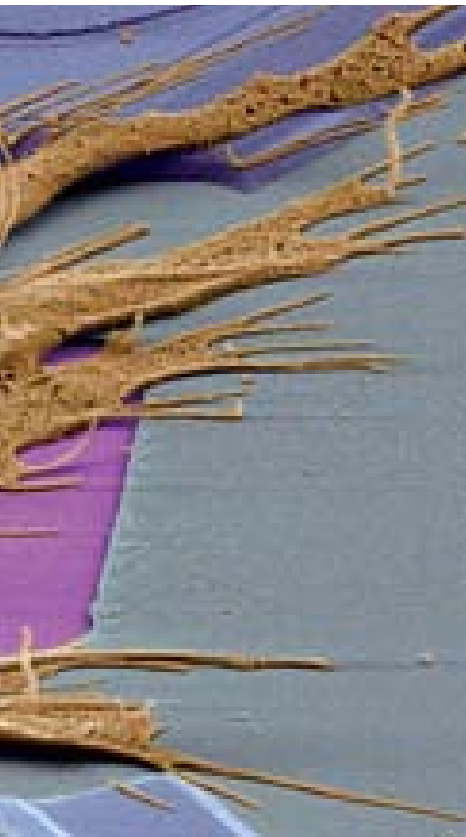
These devices essentially consist of short segments of the genetic material DNA on a semiconductor substrate. DNA is found in cell nuclei and consists of two strands coiled around one another to form a double helix, a structure like a spiral ladder. Within this structure, the four elementary chemical components of genes – the bases – pair up to form each “rung” of the ladder, always according to a predetermined pattern.

Individual strands of DNA attached to the chip with 20 bases, for example, will only combine with individual strands in a sample whose bases form the exact counterpart – just like a key will only fit into one lock. By means of an electrical signal in the chip, Offenhäusser’s team is now able to demonstrate in a matter of minutes that such a reaction has taken place. This serves to identify whether a particular gene segment is present in the sample, e.g. a segment with the base sequence of a known cancer gene.

Offenhäusser’s dream, shared by many other researchers in this field, is to use this process to develop a reliable tool for a fast check for cancer. **///** You put a drop of blood on the chip, wait five minutes and can then see whether the patient has a particular genetic disposition to cancer. **///** He is pursuing the same goal with protein chips. One day, hopefully, it will be possible to identify segments of genetic material and proteins that signal diseases merely by means of an electrical signal.

According to Offenhäusser, this research can only succeed if different scientific disciplines work together. For this reason, he made sure his institute had an interdisciplinary character from the very beginning: one-third of the scientists are physicists, one-third biologists, and one-third chemists and engineers. This is another advantage to working in a place like Jülich: “As a rule, the regulations at a university make it very difficult to work in such an interdisciplinary way. It’s much easier here.”

Niels Boeing,
Science Journalist, GEO, Die Zeit,
Technology Review



The electric potential of a cell is measured by the contact zone of a transistor while a stimulus is being transmitted.

Der Mensch als Manager des Ökosystems Erde

Menschliche Aktivitäten und natürliche Prozesse verändern unsere Umwelt. Resultierende Gefahren für unsere heutigen Lebensgrundlagen und die der nachfolgenden Generationen zu beurteilen und vorherzusagen sowie Lösungen zu erarbeiten, wie Biogeosysteme in Zukunft nachhaltig als Nahrungs- und Rohstoff sowie für die Energieversorgung genutzt werden können – darin liegen die großen Herausforderungen für die Forschung. Die Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich nehmen sie an.

Manager des Systems Erde

Der Mensch muss zunehmend die Rolle eines verantwortlichen Managers des Systems Erde übernehmen. Darin liegt seine Chance, aktuell sichtbare Gefahren zu bewältigen, aber auch neue Möglichkeiten zu eröffnen: Das regionale und das globale Klima ändern sich, Schadstoffe verschmutzen Böden, Grundwasser sowie Nahrungsmittel, die Biodiversität von Pflanzen und Tieren wird geringer. Zudem verbraucht die Menschheit in hohem Maße natürliche Ressourcen wie etwa fossile Energieträger, Erze und sauberes Wasser. Die resultierende Knappheit beeinträchtigt bereits in vielen Gebieten der Erde das Leben der Menschen und erzeugt zunehmend soziale und politische Konflikte. Eine wachsende Weltbevölkerung verschärft die Lage.

Damit der Mensch als Manager des Systems Erde vernünftige und richtige Entscheidungen treffen kann, ist er auf naturwissenschaftliche Erkenntnisse angewiesen. „Wir als Naturwissenschaftler müssen deshalb Lösungsmöglichkeiten für die Probleme entwerfen und helfen, Konzepte für eine nachhaltige Politik und Wirtschaft zu entwickeln“, erläutert Prof. Ulrich Schurr, in Jülich Forschungsdirektor für den Bereich Umwelt, die Herausforderung seines Forschungsbereichs. Darüber hinaus sind naturwissenschaftliche Erkenntnisse die Grundlage, um die künftigen Folgen menschlicher Aktivitäten für die Umwelt vorherzusagen und um Chancen und Risiken neuer Optionen der Nutzung der Umwelt auszuloten.

Das Ganze im Blick

Will man aktuelle Umweltgefahren richtig beurteilen, ihre Folgen mildern und künftige Veränderungen der Umwelt zuverlässig prognostizieren, muss man das System Boden/Grundwasser – Biosphäre - Atmosphäre als Ganzes betrachten. „Es ist eine zentrale wissenschaftliche Herausforderung, zu einem solchen integralen Verständnis von agrarischen, forstlichen und naturnahen Biogeosystemen zu gelangen“, ist Ulrich Schurr über-

Biodiversität

Bezeichnung für den Grad der Vielfalt von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen in einem Gebiet. Diese Vielfalt hat Einfluss darauf, wie stabil ein Ökosystem gegenüber natürlichen und menschlichen Einflüssen ist. Außerdem ist die Biodiversität die Basis für neue Möglichkeiten, die Natur zu nutzen. Daher ist der Erhalt der Artenvielfalt wichtig, um die Lebensqualität auf der Erde zu erhalten.



In der Pflanzenexperimentieranlage PhyTec können zukünftig auftretende Umweltbedingungen simuliert werden.

Humankind Managing the Earth's Ecosystem

Biodiversity

Term for the level of diversity among animals, plants and microorganisms in a region. This diversity influences the degree of stability of an ecosystem with respect to natural and human impacts. Furthermore, biodiversity is the basis for new possibilities of exploiting natural resources. The maintenance of biodiversity is therefore important in order to maintain the quality of life on Earth.

Human activities and natural processes change our environment. Assessing and predicting the resulting dangers for our present basis of life and that of coming generations, and also developing ways in which biogeosystems can in future be sustainably used as sources of food and raw materials for the energy supply – these are the grand challenges for research. And the scientists at Research Centre Jülich are rising to these challenges.

Managing the Earth's system

Humankind must increasingly take on the role of managers responsible for the Earth's system. This offers a chance to deal with dangers that are already visible today, as well as opening up new opportunities for tomorrow. The regional and global climate is changing, pollutants are contaminating the soil, groundwater and foodstuffs, and the biodiversity of plants and animals is decreasing. Moreover, humankind is consuming natural resources such as fossil energy carriers, mineral ores and clean water at an alarming rate. The resulting shortages are already affecting people's lives in many regions of the world and are also increasingly generating social and political conflicts. A growing world population is exacerbating the situation.

In order to manage the Earth's system in a sensible and appropriate manner, humankind must base their decisions on scientific findings. "As scientists, we must therefore put forward solutions to the problems and help to develop concepts of sustainable management for politics and industry", Prof. Ulrich Schurr, Research Director for the field of the environment, explains the challenge facing his research area. Furthermore, scientific findings also form the basis for predicting the future consequences that human activities could have on the environment and for exploring the opportunities and risks of new options for exploiting the environment.

A holistic approach

If current environmental hazards are to be assessed correctly, their consequences mitigated and future environmental changes reliably predicted, then the system consisting of the soil/groundwater–biosphere–atmosphere must be regarded as a whole. Ulrich Schurr is convinced: "A central scientific challenge is to achieve such an integrated understanding of agricultural, forest and near-natural biogeosystems." Scientists have traditionally concentrated on one single section of a biogeosystem – known to experts as a "compartment". In doing so it is often forgotten that the interactions and processes



The PhyTec plant experimental facility can simulate environmental conditions that may be encountered in the future.

zeugt. Traditionell konzentrieren sich Wissenschaftler meist auf einen einzelnen Ausschnitt eines Biogeosystems – in der Fachsprache „Kompartiment“ genannt. Dabei wird oft vernachlässigt, dass die Wechselbeziehungen und Prozesse zwischen Boden, Biosphäre und Atmosphäre entscheidend für den Stoff- und Energiehaushalt der Erde sind.

Schon wer die Prozesse und Veränderungen der einzelnen Kompartimente verstehen will, ist auf die Zusammenarbeit verschiedener Wissenschaftsdisziplinen angewiesen. Wer erforschen will, wie ganze Biogeosysteme auf natürliche und menschliche Einflüsse reagieren, muss erst recht Erkenntnisse und Methoden aus ganz verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen bündeln.

Bisher ist weitgehend unverstanden, wie Prozesse und Strukturen über die Grenzen der einzelnen Kompartimente hinaus miteinander gekoppelt sind. Einer der Gründe dafür ist, dass die Prozesse und ihre Veränderungen im Boden, in der Biosphäre und der Atmosphäre jeweils auf sehr unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen stattfinden. Zur Erforschung ganzer Biogeosysteme ist es daher sehr wichtig, große und kleine Skalen von Raum und Zeit und ihr Zusammenwirken zu erfassen.

Zeitliche und räumliche Skalen

Wissenschaftler haben erkannt, dass in Biogeosystemen sehr unterschiedliche zeitliche Skalen zusammenwirken: Manche Prozesse, die die Umwelt beeinflussen, dauern nur Bruchteile von Sekunden – beispielsweise chemische Reaktionen in der Luft, die für die Bildung bodennahen Ozons verantwortlich sind. Andere Prozesse – etwa der mikrobielle Abbau von organischen Stoffen im Boden – können dagegen Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte dauern. Auch die räumlichen Skalen sind sehr unterschiedlich: Die Photosynthese, die in mikrometerkleinen Strukturen in pflanzlichen Zellen abläuft, beeinflusst den Kohlendioxid-Gehalt der Atmosphäre. Andererseits beeinflussen globale Strömungen in der Stratosphäre das Klima oder das Ozonloch und damit auch Biogeosysteme auf unserem Planeten.

Boden/Grundwasser – Biosphäre – Atmosphäre

Geosphäre:

die Gesteins-, Wasser- und Bodenhülle der Erde.

Biosphäre:

der belebte Raum der Erde oder auch die belebte Natur (Gesamtheit der Mikroorganismen, der Pflanzen, der Tiere und der Menschen).

Atmosphäre:

die Lufthülle der Erde.

Der 20-Jahres-Plan

Wir konzentrieren künftig unsere Forschung auf Schlüsselthemen im Zusammenhang mit dem globalen Wandel, die nur durch Zusammenarbeit zwischen Disziplinen, über die Grenzen von Kompartimenten hinaus und unter Einbeziehung weiter Skalenbereiche hinweg angegangen werden können. So werden wir einen Beitrag zu einer Mensch-Umwelt-Partnerschaft leisten //

Soil/groundwater-biosphere-atmosphere

Geosphere:

the rock, water and soil envelope of the earth.

Biosphere:

the animate compartment of the Earth comprising animate nature (microorganisms, plants, animals and human-kind in their entirety).

Atmosphere:

the air enveloping the Earth.

between the soil, biosphere and atmosphere are decisive for the mass balance and energy budget of the Earth. Even if we only want to understand the processes and changes in the individual compartments, we are dependent on a collaboration between various scientific disciplines. If the aim is to investigate how whole biogeosystems react to natural and human influences, then a combination of findings and methods from a wide range of scientific disciplines is most definitely necessary.

As yet there is an almost complete lack of knowledge of the way processes and structures are coupled beyond the boundaries of the individual compartments. One of the reasons for this is that the processes and their changes in the soil, biosphere and atmosphere take place on very different spatial and temporal scales. In order to explore whole biogeosystems it is therefore very important to cover both large and small scales of space and time and their interaction.



Atmosphärenforscher fliegen in tropische Gewittertürme und untersuchen den Transport von klimarelevanten Spuren- und Treibhausgasen aus den unteren in die höheren Schichten der Atmosphäre. Atmospheric researchers fly into tropical thunderclouds and study the transport of climate-relevant trace and greenhouse gases from the lower to higher strata of the atmosphere.

Scales of time and space

Scientists have recognised that very different time scales interact in biogeosystems. Some processes that influence the environment only take a fraction of a second – for example chemical reactions in the air that are responsible for the formation of low-level ozone. Other processes – such as the microbial degradation of organic substances in the soil – can take decades or even centuries. The spatial scales are also very different. Photosynthesis, which takes place in structures a few micrometres in size inside plant cells, influences the carbon dioxide content of the atmosphere. On the other hand, global flows in the stratosphere influence the climate or the ozone hole and thus also biogeosystems on our planet.

erklärt Ulrich Schurr die Strategie des Forschungsbereichs. Die Wissenschaftler wollen durch das Verstehen von Wachstums-, Transport- und Umsetzungsprozessen in den Schlüsselkompartimenten sowie deren Beeinflussung durch den globalen Wandel Folgen, Ursachen und Lösungsmöglichkeiten für Stoff- und Energieflüsse quantitativ charakterisieren. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden direkt in die Diskussion mit Partnern in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft getragen.

Diese ehrgeizige Strategie ist nur deshalb Erfolg versprechend, weil die Jülicher Umweltforscher beste Voraussetzungen mitbringen: ihre Forschung zu den einzelnen Kompartimenten Boden/Grundwasser, Biosphäre und Atmosphäre ist bereits exzellent und international anerkannt. Sie verfügen über weltweit einmalige Experimentieranlagen und Instrumente und können zur Simulation ihrer Daten auch auf die Höchstleistungsrechner im Forschungszentrum zugreifen. Kurz: Die Infrastruktur im Forschungszentrum Jülich bietet ein weltweit einmaliges Umfeld. Und ein besonders hoher Wert für die komplexe Herausforderung: Das Forschungszentrum bietet bereits eine ausgeprägte Kultur der interdisziplinären Kooperation und versteht sich als multidisziplinäres Zentrum mit seinem intensiven Miteinander verschiedenster Forschungsbereiche auf einem Campus.

„ // Besonders wichtig wird es sein, dass wir plötzliche und sprunghafte – so genannte nicht lineare – Veränderungen von Biogeosystemen vorhersagen können. Dazu müssen wir die Mechanismen verstehen, die hinter den Stoffflüssen liegen, und auch den Informationsaustausch zwischen Boden, Biosphäre und Atmosphäre erfassen //“, sagt Schurr. Insbesondere wollen die Jülicher Forscher mit ihrem Konzept folgende Fragen angehen:

1. Wie hängen Klimaänderungen und die Zusammensetzung der Atmosphäre – Ozon, Wasser, Wolken, Aerosole – zusammen, und welche Folgen haben diese Wechselbeziehungen für die Biosphäre?
2. Wie wirkt sich eine veränderte Biogeosphäre auf die Selbstreinigungsfähigkeit und die Luftqualität der Atmosphäre aus?
3. Welche Stoff- und Energieaustauschprozesse gibt es im System Atmosphäre – Biosphäre – Boden, und welche Folgen haben sie für den atmosphärischen Spurenstoffhaushalt und das Klima?
4. Inwieweit können sich pflanzliches Wachstum und pflanzlicher Stofftransport an Veränderungen in Boden und Atmosphäre anpassen? Welchen Einfluss haben diese Veränderungen auf Quantität und Qualität von Nahrungsmitteln, und welche Alternativen zu der Gewinnung von Energie- und Rohstoffen aus



Ein Ring aus Magnetfeldsensoren liefert Informationen über Bodenstruktur, Feuchte und Transportwege für Schadstoffe aus dem Inneren des Bodens.

The twenty-year plan

“ In future we will concentrate our research on key topics related to global change, which can only be dealt with by collaborations between disciplines, by going beyond compartment boundaries and by including other scale ranges. In this way, we will make a contribution to the partnership between humankind and the environment ” ; this is how Ulrich Schurr explains the strategy within his research area. By understanding growth, transport and conversion processes in the key compartments and the way they are influenced by global change, scientists intend to quantitatively characterise the causes and consequences of material and energy fluxes and possibilities for dealing with them. The findings of these studies will make a direct contribution to discussions with partners in politics, industry and society.

This ambitious strategy only promises success since the Jülich environmental researchers have the best possible starting conditions for their work. Their research on the individual compartments of soil/groundwater, biosphere and atmosphere is already excellent and enjoys international recognition. They have unique experimental facilities and instruments and can make use of the supercomputers at the Research Centre to simulate their data. In short, the infrastructure at Research Centre Jülich represents a globally unique scientific environment. Of special benefit for the complex challenges is the fact that the Research Centre already has a highly developed culture of interdisciplinary cooperation and regards itself as a multidisciplinary centre with intensive collaboration between the wide range of research areas located on one campus.

“ It will be particularly important for us to be able to predict sudden and abrupt – so-called nonlinear – changes in biogeosystems. To this end, we must be able to understand the mechanisms behind the material fluxes and also be capable of recording the exchange of information between the soil, biosphere and atmosphere ” , says Schurr. In particular, the Jülich researchers intend to use their concept to deal with the following questions:

1. How is climate change related to the composition of the atmosphere – ozone, water, clouds, aerosols – and what consequences do these interactions have for the biosphere?
2. What effect does an altered biogeosphere have on the self-cleaning capacity and the air quality of the atmosphere?
3. What material and energy exchange processes take place in the system of the atmosphere–biosphere–soil and what consequences do they have for the trace substance budget of the atmosphere and the climate?



A ring of magnetic field sensors provides information on soil structure, moisture and transport paths for contaminants from deep within the soil.

Pflanzen gibt es durch neue nachhaltige Nutzungsformen von Biogeosystemen?

5. Welches Speicher- und Filtervermögen besitzen Böden und Grundwasser als Beitrag für die nachhaltige Nutzung von Biogeosystemen?

Zur Beantwortung dieser Fragen müssen die Jülicher Wissenschaftler Schlüsselprozesse erkennen und quantitativ untersuchen können. Neue physikalische und chemische Messverfahren verhelfen in derart komplexen Themen oft zum Durchbruch – ein Feld, auf dem die Jülicher Forscher mit ihrem interdisziplinären Umfeld bereits auf eine lange erfolgreiche Tradition zurückblicken können. Mit ihrer einzigartigen Infrastruktur werden die Wissenschaftler in Experimenten die Reaktionen von Biogeosystemen auf definierte Störungen untersuchen. Die verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen, die für Biogeosysteme bedeutsam sind, sind nur in neuartigen Computermodellen miteinander mechanistisch zu verknüpfen.

Die einzigartige Dichte an sich ergänzenden Forschungskompetenzen, Verfahren und Instrumenten im Forschungszentrum Jülich ermöglicht:

1. Einsatz und Entwicklung von nichtinvasiven Methoden zur quantitativen Erfassung von Boden-Pflanzen-Atmosphären-Wechselwirkungen, für die Analyse von Schlüsselprozessen in deren Kompartimenten.
2. Einsatz und Entwicklung von Methoden, mit denen atmosphärische Spurenstoffe und die Aerosolzusammensetzung quantitativ erfasst, Stoffflüsse in der Geosphäre und der Biosphäre verfolgt und Signalsubstanzen identifiziert werden können.
3. Experimente in der Atmosphären-Simulationskammer SAPHIR, der Pflanzenexperimentieranlage PhyTec, in Großlysimetern oder mit dem VEGATRON-System. Mit diesen Experimenten können Stoffflüsse in den Kompartimenten von Biogeosystemen erfasst und bilanziert werden.
4. Komplexe und umfassende Feldmessungen in Biogeosystemen, die in besonderer Weise dem globalen Wandel ausgesetzt sind.
5. Fernerkundung auf regionaler und globaler Skala. So werden die Forschungsflugzeuge Geophysica, HALO und MetAir, Linienflugzeuge sowie Forschungsballone mit Messgeräten ausgerüstet und Konzepte für Satellitenexperimente erstellt.
6. Einsatz und Entwicklung von Computermodellen, mit denen die Veränderungen von Atmosphäre, Biosphäre und Boden sowie ganzer Biogeosysteme simuliert und vorhergesagt werden können.

Nichtinvasive Methoden

Nichtinvasiv sind Methoden dann, wenn sie zerstörungsfreie Untersuchungen ermöglichen. So zeigt beispielsweise die Magnetresonanztomographie – üblicherweise in der Hirnforschung eingesetzt –, wie Wurzeln in Böden mit unterschiedlichem Wasser- und Nährstoffgehalt wachsen, ohne dass durch die Untersuchung der Boden verändert oder die Wurzeln geschädigt werden.

Die Jülicher Umweltforscher verstehen das System aus Boden, Biosphäre und Atmosphäre als Ganzes.



Noninvasive methods

Methods are termed *noninvasive* if they enable investigations to be made without destroying the object analysed. Thus, for example, magnetic resonance tomography – normally used in brain research – shows how roots grow in soils with different water and nutrient contents without affecting the soil or damaging the roots.

Environmental research in Jülich means regarding the system consisting of soil, biosphere and atmosphere as a whole.



- 4 To what extent can plant growth and plant mass transport adapt to changes in soil and atmosphere? What influence do these changes have on the quantity and quality of foodstuffs, and what alternatives do new sustainable forms of using biogeosystems offer for obtaining energy and raw materials from plants?
- 5 What storage and filter capacities can the soil and groundwater contribute to sustainable use of biogeosystems?

In order to answer these questions, scientists at Jülich must recognise the key processes and investigate them quantitatively. New physical and chemical measuring techniques often help to achieve a breakthrough in such complex topics – and this is a field where Jülich researchers with their interdisciplinary environment can look back on a long and successful tradition. Making use of their unique infrastructure, the scientists will experimentally investigate the reactions of biogeosystems to defined perturbations. The various spatial and temporal scales of significance for biogeosystems can only be linked mechanistically in new computer models.

The unique proximity at Research Centre Jülich of research expertise, methods and instruments, all of which complement each other, means that it is possible to:

1. apply and develop noninvasive methods for quantitatively detecting interactions between soil-plant-atmosphere in order to analyse key processes in their compartments,
2. apply and develop methods for quantitatively detecting atmospheric trace substances and aerosol composition, monitoring material flows in the geosphere and biosphere, and identifying signal substances,
3. perform experiments in the SAPHIR atmospheric simulation chamber, the PhyTec experimental plant facility, in large lysimeters or with the VEGATRON system – these experiments enable material flows in the compartments of the biogeosystems to be recorded and balanced,
4. take complex and comprehensive field measurements in biogeosystems that are particularly exposed to global change,
5. undertake remote sensing on a regional and global scale so that not only the research aircraft Geophysica, HALO und MetAir but also scheduled airliners and research balloons will be equipped with measuring instruments, and plans for satellite experiments will be drawn up,
6. apply and develop computer models with which changes in the atmosphere, biosphere and soil, as well as changes in whole biogeosystems, can be simulated and predicted.

Die Umweltforschung und die anderen Jülicher Forschungsbereiche befruchten sich gegenseitig. So haben nichtinvasive Methoden bereits in den Neurowissenschaften – ein weiterer Jülicher Forschungsschwerpunkt – zu wesentlichen Fortschritten geführt. „Die Führungsrolle der Jülicher Biogeosystem-Forschung auf diesem Gebiet ist international anerkannt und wird bahnbrechende Erkenntnisse zur Dynamik von Biogeosystemen bringen“, erläutert Schurr. Doch die Umweltforschung profitiert bei den minimalinvasiven Methoden auch vom Forschungsschwerpunkt Information: Dort entwickelte Sensoren und Informationsverarbeitungsmethoden können direkt von den Umweltforschern eingesetzt werden.

Mit der physikalischen Grundlagenwissenschaft verbindet die Jülicher Umweltforschung das Anliegen, komplexe Systeme und deren Selbstorganisation zu verstehen. Die Erforschung von molekularbiologischen Signalen und Regelkreisen von Pflanzen erfordert den Schulterschluss mit der Strukturbilogie und den Ausbau analytisch-chemischer Kompetenz. In Kooperation mit der Biotechnologie werden die Umweltforscher neuartige Nutzungsmöglichkeiten von biologischen Systemen entwickeln. Und in Kooperation mit den Energieforschern werden sie neue Konzepte beispielsweise für eine Wasserstoffwirtschaft oder für die Nutzung von Biomasse entwerfen.

Die Jülicher Biogeosystem-Forschung ist schon jetzt international ausgerichtet. Zunehmend werden nun aber auch Biogeosysteme anderer Klimazonen der Erde wichtig, die besonders sensibel auf den globalen Wandel reagieren. So führt das Forschungszentrum Jülich beispielsweise derzeit ein deutsch-chinesisches Konsortium von Forschergruppen aus Hochschulen, Helmholtz-Zentren und Max-Planck-Instituten, um die ökologischen Folgen des Drei-Schluchten-Staudamms in China zu analysieren. Im Rahmen der zunehmenden Internationalisierung werden die Jülicher Umweltforscher zukünftig noch stärker EU-Forschungsinitiativen und globale Forschungsverbünde koordinieren.

Anlagen der Jülicher Umweltforschung

In der Atmosphären-Simulationskammer **SAPHIR** können die Wissenschaftler jede beliebige Luftzusammensetzung mischen und so beispielsweise in typischer Stadt- oder Landluft die chemischen Reaktionen der gegenwärtigen oder zukünftigen Atmosphäre ungestört untersuchen. In der Pflanzenexperimentieranlage **PhyTec** können Pflanzen beispielsweise Kohlendioxid-Konzentrationen ausgesetzt werden, wie sie vor der industriellen Revolution waren oder für das Jahr 2050 prognostiziert werden. **Großlysimeter** sind Stahlzylinder, in denen sich ein Miniatur-Acker befindet. Auf der Unterseite der Lysimeter tritt Sickerwasser aus, das analysiert werden kann. Mit dem **VEGATRON**-System wird analysiert, welche gasförmigen Stoffe Pflanzen unter verschiedenen Bedingungen in die Umwelt abgeben.

Facilities for Jülich environmental research

In the **SAPHIR** atmospheric simulation chamber, scientists can mix any air composition they require and investigate, for instance, chemical reactions in the present and future atmospheres in typical town or country air without disturbances. In the **PhyTec** plant experimental facility, plants can be exposed, for example, to the carbon dioxide concentrations present before the industrial revolution or predicted for the year 2050. The large **lysimeters** are steel cylinders that accommodate miniature fields. The leachate collected under the lysimeters can be analysed. The **VEGATRON** system is used to analyse which gaseous substances are released into the environment by plants under different conditions.

Environmental research and the other Jülich research areas complement each other. Noninvasive methods have, for instance, already led to considerable progress in the neurosciences, which is another research priority at Jülich. "The leading role played by Jülich biogeosystem research in this field is internationally recognised and it will lead to ground-breaking findings on the dynamics of biogeosystems", Schurr explains. In applying these minimally invasive methods, environmental research also benefits from the area of information research since the new sensors and information processing methods developed here can be directly applied by the environmental scientists.

Jülich environmental research is linked to basic physical research by the need to understand complex systems and their self-assembly. Research into molecular biological signals and control loops requires a close alliance with structural biology and the expansion of expertise in analytical chemistry. In cooperation with biotechnology, environmental scientists will develop new possibilities of using biological systems. And in cooperation with Jülich's energy researchers, they will draw up new plans, for example, for a hydrogen economy or for the use of biomass.

Jülich biogeosystem research is already geared towards the international arena. It is increasingly important to study the biogeosystems of other climatic zones that are particularly sensitive to global change. It is for this reason that Research Centre Jülich is, for instance, currently heading a German-Chinese consortium of research groups from universities, Helmholtz Centres and Max Planck Institutes concerned with analysing the ecological consequences of the Three Gorges Dam in China. Due to this increasing internationalisation, Jülich environmental scientists will be involved to an even greater extent in the coordination of EU research initiatives and global research collaborations.

Guangzhou downtown – Quellregion
der Luftverschmutzung
Downtown Guangzhou – source of
air pollution



Umwelt@Jülich: Astrid Kiendler-Scharr sucht Erfolgsgestorys mit Atmosphäre

Sie kam vor drei Jahren aus dem Silicon Valley nach Europa zurück – „auch wenn sich das finanziell eher nicht gelohnt hat“, wie sie lachend einschränkt. Aber dass dieser Schritt, diese Entscheidung für sie und ihre Familie der einzig richtige war, daran lässt sie zu keinem Zeitpunkt auch nur den geringsten Zweifel. „Hier warteten hervorragende Arbeitsmöglichkeiten, die man sonst nirgends findet. Wir wollten zudem in ein funktionierendes Sozialsystem zurück. Und – wir haben sofort Plätze für die Kinder in der Tagesstätte gefunden.“ Hier – das ist das Forschungszentrum Jülich. Und die Rückkehrerin ist, natürlich, Wissenschaftlerin, heißt Astrid Kiendler-Scharr, ist 32 Jahre jung, promovierte Physikerin, Ehefrau, Mutter von zwei Kindern – und Leiterin einer dreiköpfigen Arbeitsgruppe in der Jülicher Troposphärenforschung, die die Bedeutung von Aerosolen für die Atmosphäre untersucht.



Atmosphäre, es geht also um die ganz alltägliche Luft, die den meisten so selbstverständlich ist, dass sie sich kaum mehr Gedanken darüber machen. Und auf die Frage, woraus denn unsere Luft besteht, wohl antworten – sofern sie davon überhaupt einmal gehört haben: „Na, aus Stickstoff und Sauerstoff, natürlich.“

Wenn's denn so einfach wäre!

Es stimmt schon, dass Stickstoff und Sauerstoff, chemisch „N“ („Nitrogenium“) bzw. „O“ („Oxygenium“) abgekürzt, zu über 99 Prozent das Leben spendende Gemisch ausmachen, aus dem die Atmosphäre dieser Erde besteht. Aber sie sind's nicht allein. Unsere Luft ist ein viel komplexeres Gemisch, das stets wechselnde Mengen weiterer Stoffe umfasst. Zum einen andere Gase, zum Beispiel Kohlendioxid (CO_2), Wasserdampf und Edelgase. Das alles in winzigsten Konzentrationen, die Fachleute mit den Abkürzungen ppm oder ppb angeben – „parts per million“ (1 Teil auf eine Million Teile) oder gar „parts per billion“. Trotz dieser äußerst geringen Konzentration handelt es sich gleichwohl um wesentliche chemische Bestandteile der Luft, die entscheidende Effekte auf die Atmosphäre insgesamt haben können. Neben Gasen finden sich in der Luft Spuren flüssiger Stoffe und schließlich Feststoffe. Und damit sind wir bei dem Thema, das diese junge Wissenschaftlerin in Jülich umtreibt. Gerade ist sie vom Nobelpreisträger-Treffen in Lindau zurückgekehrt.

„// Und wann bekommen Sie Ihren Nobelpreis? // – Da muss sie wieder lachen. „Das kann man doch nicht planen ...“ Immerhin, wenn sie von ihrem Forschungsgebiet spricht, spiegeln ihre Augen die eigene Begeisterung wider. Über ein Thema, das kaum älter ist als Astrid

Environment@Jülich: Astrid Kiendler-Scharr on the Lookout for Atmospheric Success Stories

She returned to Europe three years ago from Silicon Valley – “Even though the move didn’t exactly boost my income,” she adds with a laugh. But she has never doubted for a single instant that this step was the only right decision for her and for her family. “Great career opportunities were waiting here, possibilities that would be virtually impossible to find elsewhere. We also wanted to return to a country with a functioning social security system. And we found openings for the kids right away at the day care facility.” “Here” is Research Centre Jülich. And the returning European is, needless to say, a scientist: Astrid Kiendler-Scharr, 32, doctor of physics, wife, mother of two children – and the head of a three-person troposphere research team at Jülich studying the impact of aerosols on the atmosphere.

Je nach Lichtbedarf können die Jalousien der Atmosphärenkammer SAPHIR einzeln geöffnet und hochgefahren werden.

Depending on requirements for light, the atmosphere simulation chamber SAPHIR’s blinds can be opened and retracted individually.

The atmosphere is the air we breathe every day of our lives and most of us take it for granted and never give it a second thought. If asked what our air consists of, a layman will probably answer – if he can answer at all – “It’s composed of nitrogen and oxygen, of course.”



If only it were really that simple!

Nitrogen and oxygen (chemical symbols “N” and “O”) do indeed constitute more than 99 % of the life-giving mixture that is this Earth’s atmosphere. But they aren’t alone. Our air is a very complex mixture that also contains constantly changing amounts of other substances, including other gases – for example carbon

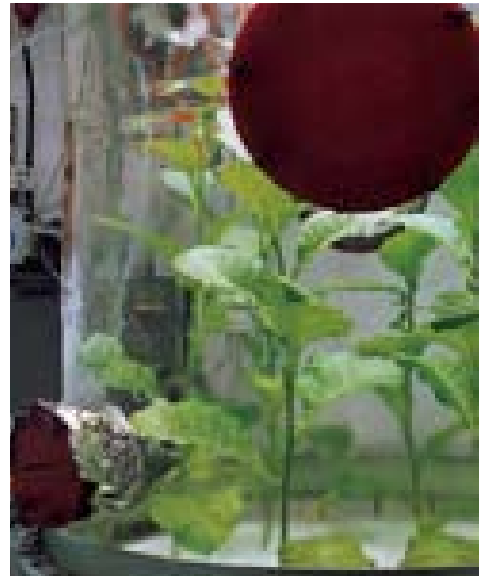
Kiendler-Scharr selbst. Aerosol-Forschung steht erst seit den 60er-, 70er-Jahren auf der Agenda, nicht zuletzt nach den aufgeheizten Diskussionen um Sauren Regen oder das Ozonloch. Diskussionen aber, die die Forschungstätigkeit auf breiter Front intensiviert haben – mit vorzeigbaren Resultaten. So ist Saurer Regen kein Thema mehr dank der erfolgreichen Bemühungen um Rauchgas-Entschwefelung. **///** Es gibt schon Erfolgsstorys in der Atmosphärenforschung **///**, merkt die junge Wissenschaftlerin mit einem anerkennenden Lächeln an.

Zurück zu den Aerosolen. Auf den ersten Blick mag es ja erstaunlich sein, dass Festkörper sich in der Luft halten – der griechisch-lateinische Begriff ließe sich mit „in Luft gelöst“ übersetzen –, ohne gleich der Schwerkraft zu gehorchen. Das hängt natürlich mit den winzigen Dimensionen dieser Teilchen zusammen. Mit bloßem Auge kann die niemand sehen, ihre „Größe“ wird im Nanometer-Bereich gemessen. Aber man ist permanent mit ihnen konfrontiert. Um so wichtiger ist die fundierte Auseinandersetzung mit Ursprung und Wirkung dieser Winzlinge.

Woher sie kommen?

„Ein Teil ist natürlichen Ursprungs, zum Beispiel Pollen oder Sporen“, eröffnet Astrid Kiendler-Scharr das weite Spektrum. „Ein bekanntes Phänomen, das in seiner Masierung auch sichtbar wird, ist der Sahara-Staub, der immer wieder einmal bis zu uns geweht wird. Ein weiterer Teil entsteht in Verbrennungsprozessen. Das kann das Abholzen von Wäldern sein, das sind industrielle Prozesse und Auswirkungen des Verkehrs.“ Sind dies direkte Emissionen, so entstehen Aerosole auch in sekundären Prozessen. „Stellen Sie sich eine Ozonschicht über einem Wald vor, der Gase emittiert – so genannte Monoterpene –, die ihrerseits mit dem Ozon reagieren. Bei dieser Reaktion entstehen Partikel, wie eine Art Abbauprodukt.“

In ihrer Arbeitsgruppe versucht Astrid Kiendler-Scharr insbesondere, die sekundären Prozesse besser zu verstehen, die Bildung von Aerosolen aus biogenen Vorläufern. „Dazu bringen wir beispielsweise ein Monoterpen in einer Konzentration von 10 ppb in reinste Luft ein, also tatsächlich nur N und O, fügen Ozon hinzu und schauen, was passiert.“ Und was passiert? „Es bilden sich Partikel, die mit der Zeit größer werden. Oder wir untersuchen in der Pflanzenkammer verschiedene Bäume in wiederum reiner Luft unter Zugabe von CO_2 . Es bilden sich wiederum Monoterpene. Eine Frage dabei: Wie ändert sich deren Zusammensetzung in Abhängigkeit von den Pflanzen? Oder wie schnell wachsen die Partikel, wenn man noch Wasser hinzufügt?“ Ziel ihrer Arbeit? „Wir wollen Parameter für Modell-Simulationen bereitstellen. Auf einer weiteren Ebene geht es dann um Fragen wie: Welche Prozesse befördern die Partikel-Beladung? Wie



In einer der Pflanzenkammer wird untersucht, welche Stoffe Pflanzen aufnehmen oder abgeben.

Wirkung der Aerosole

„Aerosole haben sehr viele und unterschiedliche Effekte. Zum einen auf die Gesundheit. Dabei sind es längst nicht nur Erkrankungen der Atemwege. Aerosole haben auch Auswirkung auf Herz und Kreislauf, auf Allergien. Derzeit werden sogar neurologische Effekte untersucht. Dazu kommt die gesamte Klimaforschung. Partikel bilden Kondensationskeime. Das hat Auswirkungen auf Wolkenbildung, auf Wasserkreislauf, auf Strahlung. Aber Aerosole streuen auch selbst Strahlen und reflektieren sie. Derzeit wird diskutiert, wie sich Wolken verändern, wenn man Zahl und Zusammensetzung der darin vorhandenen Partikel verändert. Vergrößert man beispielsweise ihre Zahl bei gleichbleibender Wassermenge, werden die Tropfen kleiner, und damit bleibt die Wolke länger erhalten – mit entsprechenden Folgen.“



One of the plant chambers is used to investigate the substances plants take up or release.

dioxide (CO_2), water vapour and inert gases. These are found in the tiny concentrations that scientists quantify with the abbreviations “ppm” (parts per million) or even “ppb” (parts per billion). Despite such extremely low concentrations, these substances are essential chemical components of the air, and they can have decisive effects on the atmosphere as a whole. In addition to gases, the air contains traces of liquids and, last but not least, solid matter. And this is exactly the topic that fascinates this young scientist in Jülich. Kiendler-Scharr has just returned from a meeting of Nobel laureates in Lindau, Germany. Asked when she expects to take home her own Nobel Prize, she laughs again before replying: “That’s not something you can plan...”

When she talks about her field of research, though, her eyes light up with the passion she feels for her work, which focuses on a topic that’s hardly older than Kiendler-Scharr herself. Aerosol research didn’t emerge until the 1960s and 1970s, in the wake of the intense debates about acid rain and the hole in the ozone layer. These discussions led to intensified research activities on a broader front – with solid results. Acid rain, for example, is no longer a concern, thanks to successful measures to desulphurise flue gas. **■ ■** Atmospheric research has had its share of success stories, **■ ■** notes the young scientist, with an appreciative laugh.

But right now her focus is on aerosols. It seems unbelievable at first that solid matter is floating around in our air – the word “aerosol” is derived from Greek “aer” and Latin “solutio”, and means “dissolved in air” – without being affected by the force of gravity. The reason for this is, of course, the minuscule dimensions of the particles. Invisible to the naked eye, with dimensions that are measured in the nanometre range, they are continuously in our midst. All the more reason to reach a better understanding of where these tiny bits of matter come from, and what effects they have.

Where do they originate?

“Some of them are of a natural origin – for example, pollen and spores,” Kiendler-Scharr says of the broad spectrum of sources. “A familiar phenomenon, and one that is visible when it reaches a certain volume, is dust from the Sahara, which is sometimes carried over to Germany on the wind. And some of the solid matter originates in combustion processes, which include deforestation, industrial processes and the impact of the transport sector.”

These are direct emissions, but aerosols are also produced by secondary processes. “Imagine an ozone layer above a forest that’s emitting gases – monoterpenes – which in

unterscheiden sich Partikel, die in anthropogenen und biogenen Prozessen gebildet werden? Sind die einen böse, die anderen gut? Sind alle böse?”

Der jungen Physikerin ist klar bewusst, dass es auf die vielschichtigen Fragen in ihrem komplexen Arbeitsgebiet keine einfachen Antworten gibt, auch wenn manche so tun. **///** Aerosole stellen derzeit den größten Unsicherheitsfaktor in Bezug auf ihren Einfluss auf das Klima dar **///**, gibt sie zu Protokoll. Bei Gasen ist das schon anders; deren Wirkungen sind bereits recht gut verstanden.

Wie kommt eine junge Frau auf ein Thema wie dieses? – Geboren in Innsbruck, studierte sie dort Physik, nicht zuletzt, weil sie einen (pardon!) grottenschlechten Physikunterricht in der Schule hatte erleiden müssen. Nach dem Diplom schrieb sie ihre Dissertation an der Atmosphären-Abteilung des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg, wo sie ein Gerät zur Spurengas-Messung in der Atmosphäre entwickelte und selbst einsetzte, zum Beispiel auf der „Falcon“, dem Forschungsflugzeug des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt. Hier bereits wurde sie mit dem Problem konfrontiert, dass es besagte einfache Antworten nicht gibt. Über Kalifornien kam sie dann vor drei Jahren mit ihrem Ehemann, ebenfalls

Für Arbeiten in der Atmosphärenkammer SAPHIR wird eine Bodenplatte geöffnet.

A base plate is opened to gain access to the SAPHIR atmosphere simulation chamber.



Physiker, nach Jülich. „Die Themenvielfalt hier war für uns Garant dafür, dass wir beide in der Forschung aktiv bleiben können und interessante Aufgaben finden.“ Das bestätigte sich. Zumal das Forschungszentrum einerseits und ihr spezielles Arbeitsgebiet andererseits eine ganz wichtige Schnittstelle haben – die Interdisziplinarität.

Effect of aerosols

"Aerosols have many different effects – they have an impact on our health, for instance. And the list of health problems they can cause has long since grown to include more than just respiratory conditions. Aerosols also affect the heart and the cardiovascular system, and they play a role in allergies. Research is even being currently conducted on their neurological effects. And let's not forget the entire field of climate research. Particles form condensation nuclei, which affect cloud formation, the hydrological cycle and radiation. What's more, aerosols also scatter and reflect rays. The discussion at the moment is focused on how clouds change when the number and composition of the particles in the clouds alter. If the number of particles increases, for example, while the volume of moisture remains unchanged, the drops become smaller and the cloud consequently lasts longer – with corresponding results."

turn react with the ozone. This reaction produces particles, which are a kind of degradation product."

The research being conducted by Kiendler-Scharr's team focuses in particular on reaching a better understanding of the secondary processes, the formation of aerosols from biogenic precursors. "For example, we introduce a monoterpene concentration of 10 ppb into pure air – in other words, only N and O – add ozone, and watch what happens." And what does happen? – "Particles are formed that grow in the course of time. Or we examine various trees in the plant chamber, again in pure air, after the introduction of CO₂. Once again, monoterpenes are produced. This poses an interesting question: how does the presence of the vegetation affect the composition of the monoterpenes? And how fast do the particles grow if we add water?"

What is the aim of her work? "We want to provide parameters for model simulations. On yet another level, we are looking for answers to questions like: Which processes promote particle loading? What distinguishes anthropogenic particles from biogenic ones? Is one type harmful, and the other beneficial? Or are they all harmful?"

The young physicist is well aware that there are no simple answers to the multifaceted questions in her complex field of research, even if some suggest otherwise.  Aerosols currently represent the number one uncertainty factor in terms of their impact on the climate,  she says for the record. This is in stark contrast to gases, whose effects are already well understood. And how does a young woman make her way into this field? Born in Innsbruck, Austria, she went on to study physics at university there, partly because the physics teaching she was forced to suffer at school was appalling. After receiving her degree, she wrote her dissertation in the Atmospheric Physics Department at the Max Planck Institute for Nuclear Physics in Heidelberg, where she developed an instrument for measuring trace gases in the atmosphere. Kiendler-Scharr has used her device for several applications, for example on board the "Falcon", the research aircraft of the German Aerospace Centre (DLR). Even then, she was confronting the reality that the aforementioned simple answers don't exist. Then, following a stay in California, she arrived in Jülich three years ago with her husband, a fellow physicist. "For us, the broad spectrum of areas being studied here was a guarantee that we would both be able to stay active in research and take on interesting challenges." And that's exactly what has happened. The Research Centre and Kiendler-Scharr's area of specialisation have a very important feature in common – interdisciplinarity. "That's why atmospheric research is so exciting: the fact that physicists, chemists and biologists work alongside meteorologists, engineers

„Das macht ja den großen Reiz der Atmosphärenforschung aus, dass Physiker, Chemiker, Biologen mit Meteorologen, Ingenieuren und Medizinern zusammenarbeiten. Man wird immer wieder mit Fragestellungen und Erkenntnissen aus anderen Gebieten konfrontiert – eine reizvolle Herausforderung.“

Ein persönliches Ziel von Astrid Kiendler-Scharr ist ihre Habilitation, die Entwicklung von Methoden, um besser auf die Quellen von Partikeln in der Luft schließen zu können. Es ist die uralte menschliche Fragestellung: „Woher – wohin?“ Das soll bessere Aussagen darüber ermöglichen, wie man entweder die Belastung der Luft mit Partikeln reduzieren kann – oder bessere Erkenntnisse darüber gewinnen, welche Auswirkungen sie denn tatsächlich haben, wenn sie schon mal da sind.

Es geht nicht um einfache Antworten, notabene, aber um aussagekräftige. Denn eines ist sicher: Forschung im luftleeren Raum, die der Wissenschaft von interessierter Seite gern und oft vorgeworfen wird, geschieht gerade hier nicht.

Rolf-Michael Simon,
Ressortleiter Wissenschaft, Neue Ruhr Zeitung

In der Atmosphärenkammer SAPHIR
kann Luft nach Wahl gemischt werden.



and medical scientists. This means being continually confronted with a range of issues and knowledge from disciplines other than your own – and that’s an inspiring challenge.”

Among Kiendler-Scharr’s personal goals is to complete her qualification as a university lecturer, which involves developing more effective scientific methods for determining the origin of particles in the air. In a sense, it comes down to the perennial question: “Where from – where to?” And addressing that question should lead to improved solutions for reducing airborne particles – or to a better understanding of the effects that particles actually have when they are present in the atmosphere.

It’s not about finding simple answers but more about finding those that truly offer new insights. One thing that is certain though is that research conducted in an ivory tower, something that interested observers often accuse scientists of, definitely won’t be accepted here.

*Rolf-Michael Simon,
Chief Science Editor, Neue Ruhr Zeitung*

*Any air composition required can
be mixed in the SAPHIR atmosphere
simulation chamber.*



Strom erzeugende Systeme für den Bedarf der Menschheit

Der Energiebedarf der Menschheit steigt, gleichzeitig gehen die Öl- und Gasvorräte langfristig zur Neige. Die wachsende Weltbevölkerung künftig umweltschonend und wirtschaftlich mit Energie zu versorgen, ist eine gewaltige Aufgabe. Das Forschungszentrum Jülich arbeitet mit einer breit gefächerten, auf fünf Themen verteilten Energieforschung an ihrer Lösung.

Lebensgrundlage Energie

Die Wissenschaftler weltweit sind gefordert, alle der Menschheit zur Verfügung stehenden physikalischen Prinzipien zu erforschen und jene zur technisch-wirtschaftlichen Reife zu bringen, die die Chance bieten, Energie kostengünstig, risikoarm und nachhaltig zu nutzen, sagt Prof. Detlev Stöver, der Jülicher Forschungsdirektor für den Bereich Energie. Schließlich basieren alle modernen Technologien und aller Wohlstand auf der Nutzung von Energie. Doch diese Grundlage der Gesellschaft ist gefährdet. Neben den begrenzten Vorkommen an fossilen Brennstoffen und dem Energiehunger der wachsenden Weltbevölkerung gibt es dafür noch weitere Gründe: Der steigende Ausstoß von Treibhausgasen verändert das Weltklima, über den Zugang zu Energieressourcen gibt es politische Konflikte, Sicherheitsbedenken und ungelöste Fragen der Endlagerung erschweren die Nutzung der Kernenergie. Nur Forschung kann den Weg zu ökologisch vertretbaren, ökonomisch lohnenden und sozial akzeptierten Energietechniken weisen. Sie dient dabei nicht nur dazu, die Energieversorgung von Deutschland und Europa sicherzustellen, sondern trägt auch dazu bei, dass sich ärmere Weltregionen entwickeln können. Damit hilft sie, den Frieden zu erhalten. Außerdem erfüllt sie eine Pflicht gegenüber nachfolgenden Generationen: Es wäre ethisch nicht zu vertreten, wenn wir heute die begrenzten Energierohstoffe billig nutzen würden, ohne dafür eine Gegenleistung gegenüber den nachfolgenden Generationen zu erbringen.

Der Mix macht's

Weil es eine Patentlösung in der Energiefrage nicht gibt und wohl auch künftig nicht geben wird, müssen die Energieforscher eine ganze Anzahl unterschiedlicher wissenschaftlicher Herausforderungen meistern: Sie müssen die heute eingesetzten Energieumwandlungstechniken noch effizienter machen, um einen Ausgleich für den steigenden Energiebedarf zu schaffen. „Insbesondere stehen wir vor der Aufgabe, die Wirkungsgrade zu erhöhen, mit denen in Kraftwerken und Brennstoffzellen Strom erzeugt wird“, sagt Stöver. Um den Ausstoß von Treibhausgas zu vermindern, sind neue Technologien



Die Jülicher Energieforscher entwickeln maßgeschneiderte Methoden und Werkstoffe wie die Dünnschicht-solarzelle. Sie ist intelligent aufgebaut, kostengünstig und flexibel.

Jülich energy researchers are developing tailor-made methods and materials such as the thin-film solar cell. It is intelligently constructed, economical and flexible.

Electricity-generating Systems Covering the Needs of Humankind

The human demand for energy is increasing while the oil and gas reserves continue to decline. Supplying the growing world population with energy in an environmentally friendly and economic manner in the future is a mammoth task. Research Centre Jülich is using its broad-based energy research organised under five topics to find a solution.

Energy as the basis for life

"Scientists worldwide must research all physical principles open to humankind and bring those to technical and economic fruition that offer the possibility of using energy in a cost-effective, low-risk and sustainable manner", says Professor Detlev Stöver, Jülich Research Director for the area of energy. All modern technologies and our prosperity are based on the use of energy. However, the basis of our society is now endangered. Along with the limited resources of fossil fuels and the hunger for energy of the growing world population, there are also other reasons for this: increasing emissions of greenhouse gases are causing the world's climate to change, the right to access energy resources is giving rise to political conflicts, safety concerns and unresolved questions regarding final disposal stand in the way of the use of nuclear energy.



New York, Dachkonstruktion der Stillwell Avenue Terminal, größte gebäudeintegrierte Dünnschicht-Photovoltaikanlage der Welt.

Roof of Stillwell Avenue Terminal, New York: the world's largest thin-film building-integrated photovoltaic system.

erforderlich, um Kohlendioxid abzutrennen und zu speichern. Die Herstellung und der Umgang mit neuen Kraftstoffen müssen untersucht werden, um im Verkehr Benzin und Diesel ersetzen zu können. Und schließlich gilt es, neue umweltschonende Primärenergiequellen wie die Sonne und die Kernfusion zu erschließen. Forschungsanstrengungen auf all diesen Gebieten tragen dazu bei, den künftigen Energiebedarf der Menschheit mit einem wohlausgewogenen Mix von fossilen, nuklearen und erneuerbaren Energien zu decken.

„// Diesen Herausforderungen stellen wir uns durch ein überlegt selektives Forschungsprogramm. Heute bereits ist das Forschungszentrum Jülich auf wesentlichen Teilgebieten der Energieforschung weltweit führend //“, freut sich Stöver.

Wirkungsgrad

Jede Energieumwandlung ist auf Grund eines Naturgesetzes mit Verlusten verbunden. Das Verhältnis von nutzbarer Energie zu eingesetzter Energie wird als Wirkungsgrad bezeichnet. Je höher beispielsweise der Wirkungsgrad eines Kraftwerkes ist, umso weniger Kohle, Öl oder Gas muss verbrannt werden, um eine Kilowattstunde Strom zu erzeugen.

Der 20-Jahres-Plan

Der Strombedarf wächst weltweit stärker als der Energiebedarf. Die Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich arbeiten daran, dass Strom künftig mit geringeren Treibhausgas-Emissionen und höheren Wirkungsgraden als heute erzeugt werden kann. Dazu entwickeln sie:

1. Hochtemperatur-Werkstoffe und Komponenten für kombinierte Gas- und Dampf-Kraftwerke mit 70 Prozent Wirkungsgrad und für Kohlekraftwerke mit 60 Prozent Wirkungsgrad.
2. Werkstoffsysteme und Verfahrenstechnik für Brennstoffzellen, die Energie hocheffizient und kostengünstig umwandeln können.
3. Membranen, mit denen Kohlendioxid und andere Gase am Kraftwerk effizient und kostengünstig abgetrennt werden können.

Daneben wird sich das Forschungszentrum Jülich der Herausforderung stellen, neue umweltschonende Primärenergiequellen und Energieträger zu erschließen. Die Wissenschaftler konzentrieren sich dabei auf folgende drei Forschungsschwerpunkte:

1. Sie entwickeln kostengünstige Dünnschicht-Solarzellen auf der Basis von ökologisch unbedenklichem Silizium.
2. Sie arbeiten daran, die internationalen Kernfusionsanlagen ITER und Wendelstein 7-X zu verwirklichen. Dazu erforschen sie insbesondere neue Materialien

Fossile Brennstoffe

Erdöl, Erdgas und Kohle zählen zu den fossilen Brennstoffen. Sie sind Umwandlungsprodukte urweltlicher Pflanzen und Tiere und müssen aus ihren Lagerstätten „ausgegraben“ (lateinisch: fossilis) werden.



Kraftwerke effizienter machen ist eines der Themen des Forschungszentrums Jülich.

Making power plants more efficient is one of the topics at Research Centre Jülich.

Fossil fuels

Oil, natural gas and coal are classed as fossil fuels. They are the products of the decomposition of plants and animals from the primeval world and have to be “dug up” (Latin: *fossilis*).

Only research can pave the way for ecologically viable, economically rewarding and socially acceptable energy technologies. This research does not just aim to secure the energy supply for Germany and Europe, but it also looks at how the poorer regions in the world can develop. It thus helps to maintain peace. Moreover it is important in the sense of fulfilling our duty towards future generations: it would be unethical if we were to use the limited energy resources on the cheap without ensuring that future generations would be provided for.

The mix is crucial

Since there is no ready-made solution to the energy question, and there won't be at any time in the future, energy researchers have to deal with a wide range of different scientific challenges: they have to make the energy conversion techniques in use today more efficient in order to meet the increasing energy demand. “We are concentrating in particular on the task of increasing the efficiency with which power plants and fuel cells generate electricity”, says Stöver. If greenhouse gas emissions are to be reduced, new technologies for the separation and storage of CO₂ must be developed. The production and use of new fuels must be examined so that petrol and diesel can be replaced. Finally, new environmentally friendly primary sources, such as the sun and nuclear fusion, need to be exploited. Research efforts in all of these areas will help us to meet the future demand for energy with a well-balanced mix of fossil, nuclear and renewable energy.

“We have set ourselves these challenges with an extremely selective research programme. Research Centre Jülich is already a world leader in major sub-areas of energy research today”, Stöver reports with satisfaction.

Efficiency

According to the laws of nature, all energy conversion involves a loss. The ratio of usable energy to energy used is defined as the efficiency. The higher the efficiency of a power plant, for example, the less coal, oil or gas that needs to be burnt in order to generate one kilowatt-hour of electricity.

The twenty-year plan

The demand for electricity is growing faster worldwide than the demand for energy. Scientists at Research Centre Jülich are working on future solutions for the generation of electricity with lower greenhouse-gas emissions and a higher efficiency than today. They are developing:

und die Prozesse, die beim Zusammentreffen von Fusionsplasma und der Wand der Anlage ablaufen.

3. Sie untersuchen Möglichkeiten, Wasserstoff als Energieträger einzusetzen und zu speichern. Wasserstoff könnte unter anderem als umweltfreundlicher Treibstoff für Autos dienen.

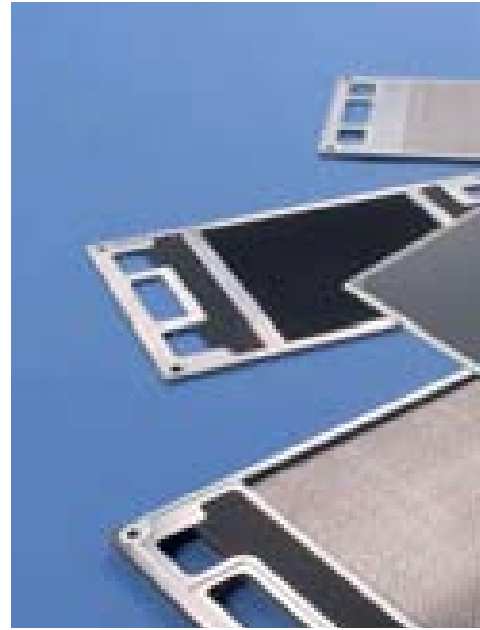
Fusionsreaktor ITER

Der „International Thermonuclear Experimental Reactor“ (ITER) soll Wege zu einer Nutzung der kontrollierten Kernfusion aufzeigen und demonstrieren, dass es möglich ist, ein brennendes Fusionsplasma acht Minuten lang aufrechtzuerhalten. Im Juni 2005 beschlossen die USA, Russland, Japan, China, Indien, Südkorea und die Europäische Union nach langen Verhandlungen, ITER im südfranzösischen Cadarache zu bauen. Die Fusionsleistung der Anlage soll bei etwa 500 MW liegen.

Das Forschungszentrum Jülich konzentriert sich auf diese Forschungsgebiete aus einer ganzen Reihe von Gründen. Entsprechend der großen Herausforderung sowie der Vielfalt an Energiequellen und an Technologien kann Energieforschung nicht umfassend in einer einzigen Einrichtung betrieben werden. Vielmehr ist es nötig, die Arbeit sinnvoll aufzuteilen und dabei zu kooperieren. Dabei sind marktnahe Entwicklungsarbeiten Sache der Industrie, während sich Forschungsinstitute längerfristige Ziele setzen sollten.

Das Forschungszentrum Jülich ist auch in der Energieforschung eingebunden in die gemeinsame Strategie der Helmholtz-Gemeinschaft. Die Jülicher Forschungsstrategie wird außerdem bestimmt durch die Leitgedanken öffentlicher Forschungsprogramme des Bundes, des Sitzlandes Nordrhein-Westfalen und der Europäischen Union sowie durch Leitprojekte wie ITER und Wendelstein 7-X in der Fusion und COORETEC in der Kraftwerkstechnik. Diese Strategie hat sich bereits bezahlt gemacht: Internationale Gutachter stuften sie als „hervorragend“ ein, so dass die Jülicher Energieforschung 2003 finanziell gestärkt aus dem neuen wettbewerbsbasierten Förderverfahren der Helmholtz-Gemeinschaft hervorging.

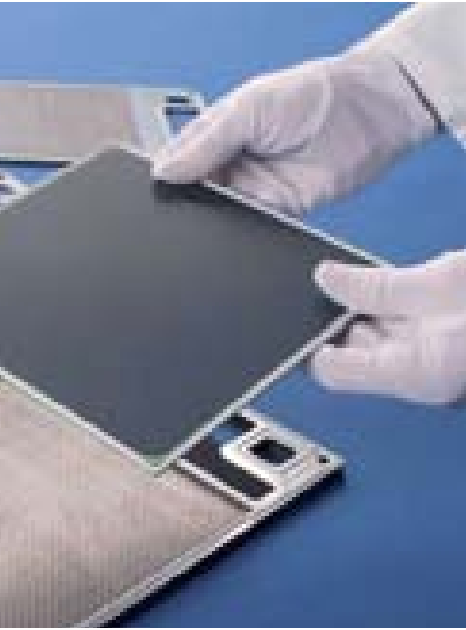
Die Ausrichtung der Jülicher Energieforschung berücksichtigt die historisch gewachsenen Kernkompetenzen und die Möglichkeiten, die sich aus der Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftsdisziplinen und den Spezialisten für Sonderanlagenbau und für Mess- und Analysetechnik auf dem Campus ergeben. Die Strategie, an sehr unterschiedlichen Energietechnologien zu arbeiten, ermöglicht dem Forschungszentrum einen breiten Überblick über Energieforschung, Energiewirtschaft und Energiepolitik. Eine systemanalytisch arbeitende Forschergruppe blickt dabei auf eine künftige Energieversor-



Die Brennstoffzelle ist der Wegbereiter des Energieträgers Wasserstoff. Jülicher Brennstoffzellen werden in Labore auf der ganzen Welt exportiert.

Brennstoffzellen

Brennstoffzellen erzeugen Strom, indem ein gasförmiger Brennstoff nach Durchtritt durch eine ladungstrennende Membran mit Luftsauerstoff elektrochemisch vereinigt wird. Wird reiner Wasserstoff als Brennstoff benutzt, so setzt die Brennstoffzelle kein Kohlendioxid und keine Schadstoffe frei. Es gibt viele unterschiedliche Typen von Brennstoffzellen, die sich unter anderem in ihren Betriebstemperaturen und in den verwendeten Materialien unterscheiden.



The fuel cell is paving the way for hydrogen as a source of energy. Jülich fuel cells are exported to laboratories all over the world.

1. *high-temperature materials and components for combined gas and steam power plants with 70 % efficiency and for coal power plants with an efficiency of 60 %*
2. *materials systems and process technology for fuel cells which can produce energy in a highly efficient and economic manner*
3. *membranes with which carbon dioxide and other gases can be efficiently separated at the power plant at low cost*

In addition, Research Centre Jülich is responding to the challenge of exploiting new environmentally friendly primary sources of energy and energy carriers. Scientists are concentrating on the following three research priorities in this area:

1. *they are developing cost-effective thin-film solar cells on the basis of ecologically harmless silicon*
2. *they are involved in putting the international nuclear fusion plants ITER and Wendelstein 7 X into operation, and are focusing their research on new materials and processes that take place when the fusion plasma meets the walls of the plant*
3. *they are investigating the possibilities of using and storing hydrogen as an energy source, which can, amongst other things, also be used as an environmentally friendly fuel for cars.*

ITER fusion reactor

The "International Thermonuclear Experimental Reactor" (ITER) will lead the way towards the use of controlled nuclear fusion and demonstrate that it is possible to maintain a burning fusion plasma for eight minutes. In June 2005 after long discussions, the USA, Russia, Japan, China, India, South Korea and the European Union decided to build ITER in Cadarache, South France. The plant's fusion performance should lie somewhere around 500 MW.

Fuel cells

Fuel cells generate electricity when a gaseous fuel permeates a charge-separating membrane and then reacts electrochemically with atmospheric oxygen. If pure hydrogen is used as a fuel, then the fuel cell releases neither carbon dioxide nor any other pollutant. There are many different types of fuel cells, which among other things vary in terms of operating temperature and materials used.

Research Centre Jülich is concentrating on these research areas for a wide range of reasons. The grand challenges, together with the multiplicity of energy sources and technologies, mean that energy research cannot be performed comprehensively at just one institution. It is more important to divide the work up sensibly and to cooperate. In this way industry looks after near-market development work, while research institutions focus more on long-term goals.

With regard to energy research, Research Centre Jülich is also integrated into the shared strategy of the Helmholtz Association. Furthermore, Jülich's research strategy is determined by the guiding principles of public research programmes supported by the Federal Government, the federal state of North Rhine-Westphalia where it is sited,

gung und untersucht, welche Chancen und Risiken neue Technologien mit sich bringen. Sie unterstützt damit den Anspruch des Forschungszentrums auf eine führende Rolle in der deutschen und europäischen Energieforschung.

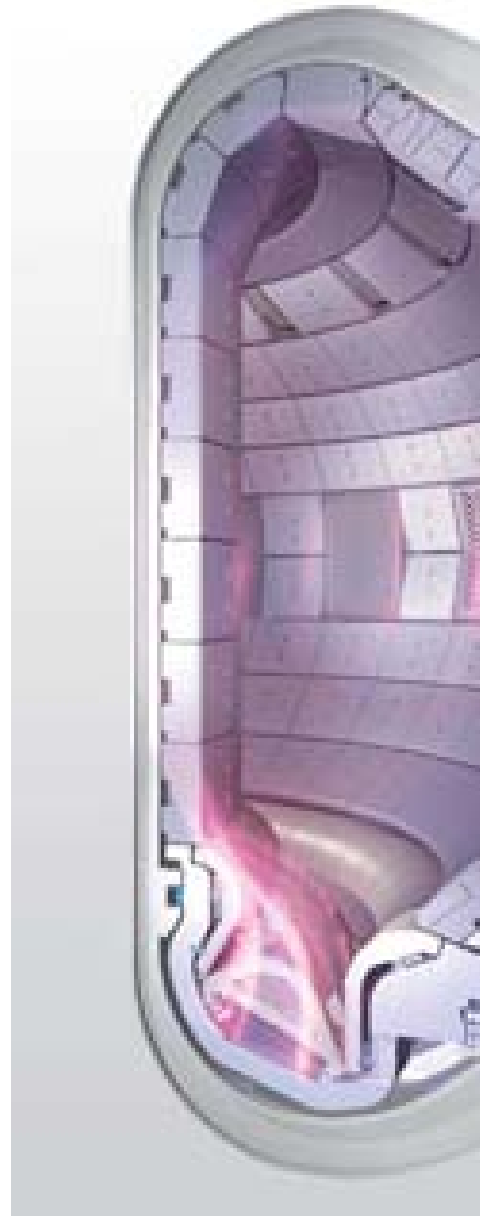
„Eine Klammer der Jülicher Energieforschung ist die Materialentwicklung“, erläutert Stöver. In fast allen Bereichen der Energieforschung sind verbesserte Werkstoffsysteme der Schlüssel zum Fortschritt. Die Materialsysteme der Zukunft widerstehen hohen Belastungen und hohen Temperaturen besser als die heutigen, korrodieren und erodieren weniger und sind daher langlebiger. Zudem sind viele Bereiche der Jülicher Energieforschung durch eine enge Verbindung zwischen physikalischer Grundlagenforschung und anwendungsorientierter Technologie gekennzeichnet, getreu dem Jülicher Leitmotiv:

/// Physik und Technik für Strom erzeugende Systeme der Zukunft. ///

Vernetzte Forschung

Fünf Jülicher Institute werden künftig in einem Department für Energieforschung organisatorisch zusammengefasst. Damit soll die Kompetenz ihrer Wissenschaftler gebündelt und die Zusammenarbeit bei denjenigen Forschungsthemen noch verstärkt werden, die für alle Institute bedeutsam sind. Dazu zählen etwa die Computermodellierung von Prozessen oder Methoden, um Materialien zu beschichten. Zusätzlich soll erreicht werden, dass die Energieforschung des Forschungszentrums für die Fachwelt, für Unternehmen und für Politiker noch besser sichtbar wird. Die Öffentlichkeit bekommt mit dem neuen Department einen Anlaufpunkt, um sich über die Jülicher Energieforschung zu informieren.

Die Energieforscher wollen die Kooperation mit den anderen Jülicher Forschungsbereichen weiter ausbauen. So können die Wissenschaftler des Bereichs Information, die nanoelektronische Systeme entwickeln, der Energietechnik neue Impulse geben, denn sie verfügen über ein enormes Know-how bei der Beschichtung von Materialien. Davon profitieren werden insbesondere die Forscher, die an Dünnschicht-Solarmodulen und an Brennstoffzellen arbeiten. Außerdem nutzen und entwickeln viele Jülicher Wissenschaftler neue Methoden, um den Aufbau von Werkstoffen zu analysieren und festzustellen, wie sich diese während ihres praktischen Einsatzes verändern. Hier wird sich eine noch engere Zusammenarbeit der Energieforscher mit Wissenschaftlern anderer Bereiche auszahlen. Von Festkörperphysikern entwickelte Modelle eröffnen den Energieforschern zudem langfristig die Möglichkeit, maßgeschneiderte Werkstoffe am Computer zu entwerfen und ihr Verhalten zu simulieren. Schließlich können die Jülicher Umweltforscher dabei helfen vorherzusagen, wie sich neue Energiesysteme auf die Umwelt auswirken.



Querschnitt durch ITER mit animiertem Plasma: ein Fusionsreaktor, der 2016 im südfranzösischen Cadarache seinen Betrieb aufnimmt.



Cross section of ITER with animated plasma: a fusion reactor that will be put into operation in 2016 in Cadarache, Southern France.

and the European Union, as well as by leading projects such as ITER and Wendelstein 7 X in the field of fusion and COORETEC in power plant technologies. This strategy has already come up trumps: international experts have classed it as “excellent”, which led to energy research at Jülich profiting financially in 2003 from the new competitive funding procedures in the Helmholtz Association.

The orientation of energy research at Jülich reflects the historically evolved core competencies and the opportunities that arise out of on-campus cooperations with other scientific disciplines and specialists for plant construction and measuring and analytical techniques. The strategy of working on very different energy technologies affords the Research Centre a broad overview of energy research, the energy industry and energy policy. A systems analysis research group is looking into future energy supply systems and examining the risks and benefits that are inherent in new technologies. They are thus supporting the Research Centre’s claim to a leading role in German and European energy research.

“Materials development is one discipline that underpins energy research at Jülich”, explains Stöver. In almost every area of energy research, improved materials systems are the key to progress. Materials systems of the future will be able to withstand high pressures and high temperatures much better than today, they will corrode and erode less and will therefore be more durable. Moreover, many areas of energy research at Jülich are marked by a close connection between basic physical research and application-oriented technologies – staying true to the Jülich motto: **Physics and technology for the electricity generating systems of the future**.

Research Networking

Five Jülich institutes will be organised in future under one new super-institute for energy research. This will combine the expertise of all of their scientists and strengthen collaborations on those research topics that are of importance for all institutes. One of these topics is the computer modelling of processes and methods for the coating of materials. It also aims to make energy research at the Research Centre even more visible in the specialist community, industry and politics. This super-institute will also provide a contact point for the public where they will be able to get information on energy research at Jülich.

The energy researchers want to consolidate their cooperations with the other research areas in Jülich. Researchers from the area of information who are developing nanoelectronic systems, for example, can give new impetus to energy technology because they possess a vast

Das Forschungszentrum Jülich legt großen Wert auf die Zusammenarbeit mit den benachbarten Universitäten in Nordrhein-Westfalen. Zunehmend wird es mit ihnen strategische Partnerschaften eingehen. Geplant ist auch, verstärkt Exzellenzcluster – beispielsweise auf dem Gebiet der Plasmaphysik zusammen mit den Universitäten Bochum und Düsseldorf – sowie virtuelle Institute etwa im Bereich Brennstoffzellen- und Wasserstoffforschung aufzubauen.

Außerdem wird sich das Forschungszentrum Jülich weiterhin in Forschungsverbünden und Netzwerken engagieren, wie sie im Bereich der Solar- und Brennstoffzellenforschung in Form des „ForschungsVerbunds Sonnenenergie“ oder bei der Fusion seit längerem bestehen.

Die Jülicher Energieforschung ist in die europäische Forschung eingebunden. Auch künftig soll die führende Position gehalten werden, die sie sich dabei in einigen Bereichen erarbeitet hat. So leiten die Experten des Forschungszentrums die Verhandlungen zur „Strategic Research Agenda“ für Wasserstoff und Brennstoffzellen und koordinieren verschiedene europäische Leitprojekte und Netzwerke zur Brennstoffzellen-Technologie. In den weltweiten Netzwerken der „International Energy Agency“ und der „International Partnership for the Hydrogen Economy“ spielt das Forschungszentrum Jülich eine wesentliche Rolle.

Die Jülicher Energieforschung will innovative Technologien für die praktische Anwendung entwickeln. Daher ist es wichtig, mit der Industrie zusammenzuarbeiten, insbesondere dort, wo Forschungsergebnisse mittelfristig in Produkte eingehen können: bei den Brennstoffzellen, der Photovoltaik und effizienten Kraftwerken. Wegen des Baus des Fusionsreaktors ITER geht es aber auch bei der langfristig angelegten Fusionsforschung bereits heute darum, die Industrie zu beteiligen und Know-how in die Industrie zu transferieren.

Virtuelle Institute

Ein virtuelles Institut funktioniert wie ein reales – abgesehen davon, dass es nicht physisch an einem Ort präsent ist. Die beteiligten Partner arbeiten mit einem gemeinsamen Management, treten gemeinsam nach außen auf, werben Fördermittel ein und bilden Nachwuchs aus. In virtuellen Instituten soll wissenschaftliche Kompetenz über die Grenzen von Organisationen und Disziplinen hinweg gebündelt werden, um so Forschungsstätten von internationaler Ausstrahlung und Attraktivität zu schaffen.



In Jülich werden einzelne Zellen zu mehrlagigen Stacks zusammengebaut.
In Jülich, single cells are assembled to form stacks consisting of several layers.

Virtual institutes

A virtual institute functions in the same way as a real one – except of course that it doesn't actually physically exist anywhere. The partners involved manage it together, present the institute to the outside world together, fund it together and train young scientists together. In virtual institutes, scientific expertise above and beyond the borders of organisations and disciplines are brought together in order to create research centres of international eminence and attractiveness.

knowledge of the coating of materials. The researchers who are working on thin-film solar modules and fuel cells will profit most from this. Furthermore, scientists at Jülich are using and developing new methods for analysing and determining the structure of materials and how these change during practical application. An even closer collaboration between the energy researchers and scientists from other areas will pay off here. Models developed by solid-state physicists also open the door for energy researchers to design new tailor-made materials on the computer and to simulate their behaviour on a long-term basis. Last but not least, environmental researchers at Jülich help in predicting what effect energy systems will have on the environment.

Research Centre Jülich attaches great significance to cooperations with the neighbouring universities in North Rhine-Westphalia. It will progressively enter into more strategic partnerships with them. There are also plans afoot to build stronger excellence clusters – for example in the area of plasma physics with the universities of Bochum and Düsseldorf – as well as virtual institutes, in the area of fuel cells and hydrogen research for instance.

Research Centre Jülich will also continue to be involved in research collaborations and networks, as it has been for quite a while in the field of solar and fuel cells research in the form of the "Solar Energy Association" and in fusion research.

Energy research at Jülich is integrated into European research. The leading position, which has been established in some fields, will also be maintained in the future. Experts from the Research Centre have led negotiations on the "Strategic Research Agenda" for hydrogen and fuel cells, and they coordinate various European pioneering projects and the networks for fuel cell technology. Research Centre Jülich plays a key role in the global networks of the "International Energy Agency" and the "International Partnership for the Hydrogen Economy".

Energy research at Jülich is focused on developing innovative technologies for practical application. It is therefore important to collaborate with industry, especially where research findings could impact on products in the medium term: e.g. on fuel cells, photovoltaics and efficient power plants. However, the construction of the ITER fusion reactor also means that industry is already involved in long-term fusion research and that know-how is being transferred to industry today.

Energie@Jülich: Bernhard Unterberg will Sonnenfeuer auf der Erde kühlen

Die Weltvorräte an fossilen Energieträgern sind begrenzt. Früher oder später werden die Lagerstätten ausgebeutet sein – beim Erdöl vielleicht schon in wenigen Jahrzehnten. Der Betrieb von Kernkraftwerken ist umstritten. Die Nutzung regenerativer Energiequellen gilt zwar als fortschrittlich, ob sich aber allein mit Sonne und Wind der Energiehunger eines Industrielandes wie Deutschland stillen lassen, ist mehr als fraglich.

Doch die Physiker haben eine Vision. Sollte es nicht möglich sein, das Feuer der Sonne auf der Erde nachzuahmen? Die Sonne gewinnt gewaltige Energiemengen durch die Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium. In Fusionsreaktoren soll dieser Prozess zur Erzeugung von elektrischer Energie genutzt werden. Würde dies gelingen, wäre das Energieproblem der Menschheit ein für allemal gelöst, denn die Rohstoffe zum Betrieb eines Fusionskraftwerks, Wasser und Lithium, stehen praktisch unbegrenzt zur Verfügung.

Noch sind Fusionskraftwerke Zukunftsmusik, wenn auch die Fusionsforscher nach Jahrzehnten weltweiter Forschungsarbeit heute wissen, wie man Fusionsreaktoren für gepulsten Betrieb baut und dies nun mit dem weltweit größten Fusionsexperiment ITER in Südfrankreich realisieren wollen. Tausende Forscher rund um den Globus arbeiten an diesem Menschheitsprojekt. Einer von ihnen ist der Physiker Dr. Bernhard Unterberg vom Forschungszentrum Jülich.

Bereits nach seiner Diplomarbeit im Jahre 1991 zog es den Experimentalphysiker in den zwischen Köln und Aachen gelegenen Forschungscampus, um dort am Fusionsforschungsexperiment „TEXTOR“ eine Doktorarbeit zu beginnen.

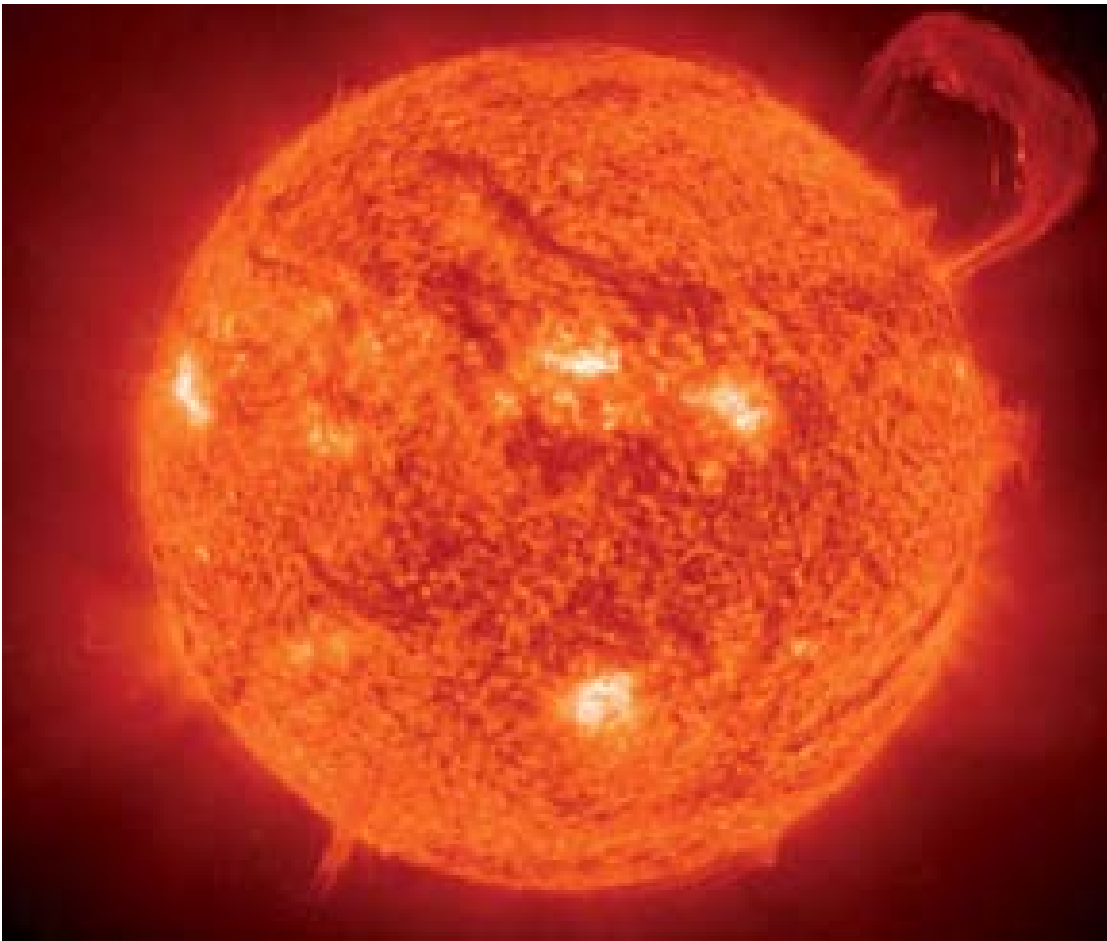
„Ich hatte mich für ein Physikstudium entschieden, weil ich verstehen wollte, was die Welt im Innersten zusammenhält“, erinnert sich der heute 40-jährige Fusionsforscher. Doch die Elementarteilchenphysik, mit der sich Unterberg in seiner Diplomarbeit an der RWTH Aachen befasste, war ihm dann doch zu weit weg von der realen Alltagswelt. „Klar, auch die Fusionsforschung ist fundamentale Grundlagenforschung, doch hier in Jülich gibt es eben doch auch diese überaus bedeutende Anwendungsoption“, begründet Unterberg seine Begeisterung für diese Fachdisziplin, der er nun schon seit 15 Jahren treu geblieben ist.



Energy@Jülich: Bernhard Unterberg Bringing the Solar Inferno Down to Earth

Global fossil energy reserves are limited, and sooner or later they will be exhausted. In the case of oil, this could happen in just a few decades. The use of nuclear power is a controversial issue, and although renewable energy is considered a progressive option, it is more than questionable whether solar and wind power alone can quench the thirst of an industrialised nation like Germany.

Physicists have a vision, however, and it involves recreating on Earth the same energy creation process that occurs in the sun. The Sun generates huge amounts of energy by fusing hydrogen to create helium. The idea the physicists have is to harness this process in fusion reactors to produce electrical energy. If successful, such a system would solve humankind's energy problem once and for all, because the raw materials needed to operate a fusion power plant – water and lithium – are virtually inexhaustible.



Sonne mit Protuberanz.

A solar flare.

However, fusion power plants remain a vision for the future. This is the case despite decades of worldwide research that has provided scientists with the know-how

In einem Fusionsreaktor müssen Temperaturen von mehr als 100 Millionen Grad herrschen, damit die ionisierten Wasserstoffatomkerne ihre elektrische Abstoßung überwinden und miteinander verschmelzen können. Das Erzeugen und Bändigen dieser Höllenhitze wirft eine große Zahl technischer Probleme auf. Eines von ihnen ist das Wandproblem. Zwar werden die extrem heißen Teilchen im Inneren des torusförmigen Fusionsreaktorgefäßes mit Hilfe von Magnetfeldern, also berührungslos, eingesperrt, doch irgendwo muss dieses Vakuumgefäß dann doch von einer materiellen Wand umgeben sein. „Und an dieser Wand herrschen immer noch Temperaturen um eine Million Grad Celsius“, verdeutlicht Bernhard Unterberg. Das Ziel seiner Forschungsarbeiten ist eine intelligente Kühlung, die den Fusionsprozess im Reaktor nicht stört, aber die thermische Belastung der inneren Wand deutlich reduziert. // Ohne eine solche Kühlung würde die Wand einer Wärmeleistung von 100 Megawatt pro Quadratmeter ausgesetzt. Das hält kein Material aus. //



Die Idee aus Jülich heißt „Strahlungskühlung“ und ist im Prinzip recht einfach. Vor die Innenwand werden dazu in das Reaktorgefäß bestimmte Ionen eingebracht, die von den heißen Teilchen im Plasma Energie übernehmen. Diese Energie wird von den Ionen in Form harter Ultraviolett-Strahlung wieder abgegeben – und zwar in alle Richtungen, wodurch die Energie gleichmäßig und schonend auf große Wandflächen verteilt wird. Überbelastungen durch die heißen Plasmateilchen werden so vermieden.

Einblick in den Jülicher Tokamak
TEXTOR.

*Looking inside Jülich's TEXTOR
tokamak.*

they need to build fusion reactors for pulsed operation. In fact, plans are now underway to construct just such a facility - the world's biggest fusion experiment, ITER, in southern France. To this end, thousands of scientists worldwide – including Dr. Bernhard Unterberg, a physicist at Research Centre Jülich – are already working on this momentous project.

After completing his university degree in 1991, Unterberg, who is now 40 years old, went to the Jülich research campus located between the cities of Cologne and Aachen in order to begin work on a doctoral dissertation at the TEXTOR fusion research experiment. *“I studied physics because I wanted to be able to understand the innermost secrets of matter,”* he recalls. However, elementary particle physics, which was the subject of Unterberg's diploma thesis at RWTH Aachen University, was too far removed from everyday life for his liking. *“Of course fusion research is also basic research, but here in Jülich there's also the possibility to actually apply it, which is very important,”* says Unterberg, who has remained faithful to this field for 15 years now.

Fusion reactors require an operating temperature of more than 100 million degrees Celsius in order to ensure that ionised hydrogen nuclei can overcome their electrical repulsion and fuse together. The creation and control of this infernal heat presents numerous technical problems. One of these is the “wall problem”. Although the extremely hot particles are held inside the torus-shaped fusion reactor vessel with the help of magnetic fields (i.e. without any physical contact), this vacuum vessel nevertheless has to be surrounded by a wall made out of physical materials. *“And the wall itself still heats up to around one million degrees,”* Unterberg explains. The goal of his research work is therefore to create an intelligent cooling system that leaves the fusion process in the reactor undisturbed while significantly reducing the thermal load on the inner wall: *“Without such a cooling system, the wall would be exposed to a heat output of 100 megawatts per square metre – and no material can withstand that.”*

The idea being studied in Jülich is known as “radiation cooling” and is basically quite simple. First of all, certain types of ions are released into the area in front of the wall inside the reactor vessel, and these ions absorb energy from the hot particles in the plasma. This energy is then released by the ions in the form of hard ultraviolet radiation that propagates in all directions, which means that the energy is distributed uniformly and less intensely over large sections of the wall surface. This prevents the wall from overexposure to the hot plasma particles.

„Um einen Fusionsreaktor realisieren zu können, müssen mindestens 90 Prozent der Energie der heißen Helium-Teilchen durch Strahlungskühlung auf die Wand verteilt werden“, erläutert Unterberg und ist sicher, dass dies nicht ohne den in Jülich entwickelten Trick möglich sein wird. Dass Bernhard Unterberg bei dessen Entwicklung in einem internationalen Team eine führende Rolle gespielt hat, bescheinigt ihm auch Prof. Ulrich Samm, Leiter des Projekts Kernfusion im Forschungszentrum.

80 Prozent der in einem Fusionsreaktor erzeugten Energie wird in Form schneller Neutronen geliefert. Diese fliegen, unbeeindruckt von jeglichen elektrischen oder magnetischen Feldern, in alle Richtungen und dringen tief in die umgebenden Wände ein. Dort geben sie ihre Energie ab, die dann über verschiedene Prozesse letztlich in elektrische Energie umgewandelt werden soll. Doch das ist nicht die „Baustelle“ der Jülicher Forscher. Ihnen geht es um die restlichen 20 Prozent der Energie, die in den entstandenen Heliumteilchen steckt und mit der das Plasma geheizt wird.

Das Helium ist gleichsam die „Asche“ des Fusionsreaktors, und sie muss nach und nach aus der „Brennkammer“ entfernt werden, so wie auch frischer Wasserstoff nachgeliefert werden muss. Das grundsätzliche Dilemma der Fusionsforscher dabei ist: Einerseits muss das Helium an bestimmten Stellen aus dem Reaktor abgepumpt werden. Aber genau dadurch konzentriert man die energiereichen Teilchen in bestimmten Regionen vor der Innenwand des Reaktors. Ein Teil der Lösung dieses Problems – so viel ist klar – ist die in Jülich entwickelte Strahlungskühlung.

Bei den Experimenten zur Strahlungskühlung, die von den Jülicher Physikern gemeinsam mit Forscherteams aus Belgien und den Niederlanden durchgeführt werden, stellte sich heraus, dass sich dadurch auch der Energieeinschluss des Plasmas im Inneren des Reaktors verbessert. „Das funktioniert zwar nur unter bestimmten Bedingungen, doch es ist eine wichtige Erkenntnis für die Fusionsforschung“, erklärt Bernhard Unterberg. Andererseits sollen die zur Strahlungskühlung dienenden Ionen – aus zum Beispiel Neon oder Silizium – möglichst unmittelbar vor der Wand bleiben und nicht nach innen in den Torus wandern, wo sie die Fusionsreaktion stören könnten.

Auch für dieses Problem wurde in Jülich eine Lösung gefunden. Die Physiker legen zusätzliche Magnetfelder an, die jene zum Einschluss des heißen Plasmas ohnehin vorhandenen Felder in der Nähe der Wand stark „verwirbeln“. Damit wird erreicht, dass die Ionen zur Strahlungskühlung in den Magnetwirbeln gefangen bleiben und nicht ins Innere des Reaktors wandern können. Dabei ist das in Jülich verwendete Konzept zur Kontrolle des Magnetfeldes in der Nähe der Wand derzeit weltweit einzigartig.

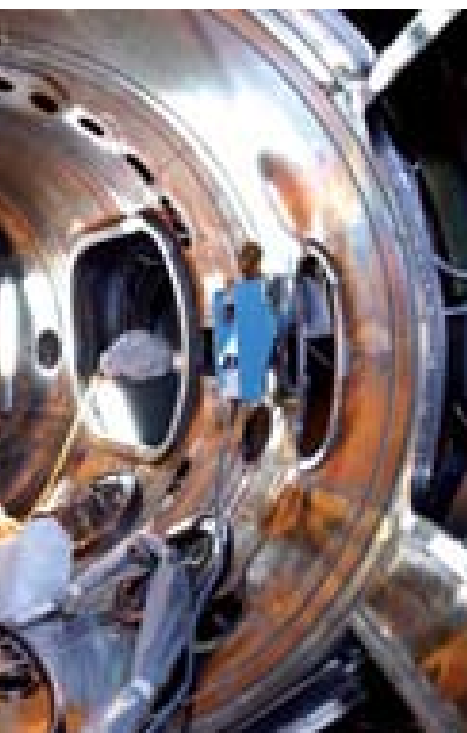
Mit TEXTOR werden die Wechselwirkungen zwischen Plasma und Brennkammerwand erforscht.



"In order to build a fusion reactor, at least 90% of the energy of the hot helium particles has to be distributed along the wall by means of the radiation cooling process," says Unterberg, who is convinced that such a feat is impossible without the trick he and his colleagues have developed in Jülich. The fact that Unterberg played a leading role in this development as part of an international team is confirmed by Prof. Ulrich Samm, head of the Nuclear Fusion project at the Research Centre.

Eighty percent of the energy produced in a fusion reactor takes the form of fast neutrons. Unaffected by any electrical or magnetic fields that may be in their way, these particles fly in all directions before penetrating deep into the surrounding wall, where they release their energy. After undergoing several processes, this energy will ultimately be transformed into electricity. This is not the focus of the work being conducted by the researchers in Jülich, however. Instead, they are concerned with the remaining 20% of the energy that is contained in the newly created helium particles and is used to heat the plasma. The helium is also the "ash" of the fusion reactor, and it must be gradually removed from the "burn chamber", just as fresh hydrogen has to be pumped in. The basic dilemma facing the researchers is that the helium has to be pumped out of the reactor at certain locations, but doing so leads to a concentration of high-energy particles in specific regions in front of the reactor's inner wall. Still, it is now clear that part of the solution to this problem is the radiation cooling process developed at Jülich.

TEXTOR is specifically designed to examine the interactions between plasma and burn chamber wall.



Radiation cooling experiments conducted by the physicists in Jülich together with research teams from Belgium and the Netherlands show that the process also improves the energy confinement of the plasma inside the reactor. "This only works under certain conditions, but it constitutes a very important finding for fusion research," says Unterberg. At the same time, the ions that support the radiation cooling process (neon or silicon, for example) must remain as close to the inner wall as possible and not migrate deeper into the torus, where they could disturb the fusion reaction.

However, a solution to this problem has also been found at Jülich. The physicists create additional magnetic fields that modify the magnetic fields used to confine the hot plasma by "eddy" them near the wall. This keeps the ions needed for radiation cooling trapped in the magnetic vortex and prevents them from moving toward the inside of the reactor. The concept developed at Jülich for controlling the magnetic field near the wall is currently the only one of its kind in the world.

Der Bau des weltweit größten und fortschrittlichsten Fusionsforschungsreaktors ITER im südfranzösischen Cadarache ist für die Fusionsforscher ein Riesensprung. Erstmals wird, wenn auch zunächst nur in Pulsen von etwa acht Minuten Dauer, kontrolliert Energie aus Fusion in großem Maßstab mit einer Leistung von 500 MW freigesetzt. Auch die Jülicher Fusionsforscher haben an diesem Erfolg ihren Anteil.

„Wir freuen uns, in Zukunft Teil der internationalen Nutzergemeinschaft von ITER zu sein“, sagt Unterberg. Als Material für die Innenwände werde man beim ITER Kohlenstoff und Wolfram ausprobieren. Im Falle von Wolfram sollte man am besten Argon-Ionen für die Strahlungskühlung einsetzen, schlägt Unterberg aufgrund seiner Erfahrungen vor.

Der ITER ist ein internationales Forschungsprojekt, an dem neben den gemeinsam agierenden Europäern auch Japan, Russland, Südkorea, China, die USA und Indien beteiligt sind. Wenn mit Hilfe von ITER alle derzeit noch offenen technischen und wissenschaftlichen Fragen beantwortet werden können, insbesondere die des Dauerbetriebes, dann ist anschließend der Bau eines „DEMO“ genannten Fusionskraftwerks geplant, mit dem etwa im Jahre 2035 zum ersten Mal Strom im Gigawattbereich ins Netz gespeist werden könnte.

„In 30 oder 40 Jahren werden wir wissen, ob sich unsere Visionen erfüllt haben werden. Wenn dann die Antwort – wie alle hoffen – „ja“ lautet, dann wird neben vielen Instituten weltweit auch das Forschungszentrum Jülich für sich reklamieren können, einen wichtigen Beitrag zur Verwirklichung des Traums von der unerschöpflichen Energiequelle geleistet zu haben.“

Norbert Lossau,
Ressortleiter Wissenschaft, Die Welt

Construction of the world's largest and most advanced fusion research reactor, ITER, at Cadarache in the south of France will represent a quantum leap for researchers. It will become possible for the first time to generate energy through a controlled fusion process on a large scale with an output of 500 MW, although initially this will only be done in pulses lasting approximately eight minutes. The fusion researchers at Jülich also have contributed to this success.

"We're very much looking forward to being a part of the international ITER user community in the future," says Unterberg. Carbon and tungsten are currently being tested as inner-wall materials for ITER. Based on his own experience, Unterberg suggests that with regard to tungsten, it would be best to use argon ions for the radiation cooling process.

ITER is an international research project that, along with the European Union as one partner, also includes Japan, Russia, South Korea, China, the USA and India. If ITER helps to clarify all the remaining technical and scientific issues (especially regarding continuous operation), plans call for the construction of a "DEMO" fusion power plant that could start pumping gigawatts of power into the grid for the first time by the year 2035.

/// We'll know in 30 or 40 years whether or not our vision has come true, /// says Unterberg. If, as everyone is hoping, the answer turns out to be yes, then Research Centre Jülich and many other institutes around the world will be able to claim that they've made a major contribution to realising the dream of an inexhaustible supply of energy.

*Norbert Lossau,
Chief Science Editor, Die Welt*

Supercomputer simulieren Natur und Technik

Supercomputer der Spitzenklasse sind eine entscheidende Voraussetzung für künftige Höchstleistungen in Naturwissenschaft und Technik. Damit steigt auch ihre wirtschaftliche Bedeutung rasch an. Das John von Neumann-Institut für Computing (NIC) am Forschungszentrum Jülich soll zu Europas führendem Supercomputerzentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften werden.

Forschung basiert auf Experimenten und Theorien. Doch immer stärker wird heute eine dritte Möglichkeit der wissenschaftlichen Arbeit genutzt: die Computersimulation.

Wo Experimente nicht möglich, zu teuer oder zu gefährlich sind oder wo komplexe Theorien mit Papier und Bleistift nicht mehr gelöst werden können, hilft die Simulation im Rechner, den realen Vorgängen und Lösungen nahe zu kommen. Mit dem Klima lässt sich nicht experimentieren, die komplexe Zusammenarbeit vieler Nervenzellen kann man nicht direkt beobachten und Eigenschaften neuartiger Materialien sind nicht ohne Weiteres vorhersehbar. In vielen anderen Fragen der Natur- und Ingenieurwissenschaften sind leistungsstarke Supercomputer zu einem unverzichtbaren Werkzeug geworden.

Wurden Computermodelle zunächst vor allem in der Physik, Chemie, Geologie und im Ingenieurwesen entwickelt, nutzen heute auch Nanotechnologen, Neurowissenschaftler und Biologen diese Möglichkeiten – der Bedarf an Supercomputer-Ressourcen wächst rasant. Rechnersysteme mit höchster Leistung werden zu einem entscheidenden Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit in den Natur- und Ingenieurwissenschaften – für alle Forschungsfelder der Helmholtz-Gemeinschaft ebenso wie auf nationaler und auf internationaler Ebene.

Das Forschungszentrum Jülich hat seit seiner Gründung maßgeblich zum Fortschritt der computergestützten Festkörperphysik und Materialwissenschaften beigetragen und genießt auf diesen Gebieten hohes Ansehen. Auch für die neu begründeten „Grand Challenge“-Bereiche „Bio-Neurowissenschaften“ und „Bio-Geosysteme“ des Forschungszentrums Jülich sind Computersimulationen unverzichtbar.

Deutschland hat den Aufbau einer starken Wissenschaftsgemeinschaft an Universitäten und an Forschungsinstituten von Anfang an in den Vordergrund seiner Aktivitäten im Bereich der Computersimulationen gestellt. Das John von Neumann-Institut für Computing (NIC) übernahm dabei eine Vorreiterrolle.

Supercomputers

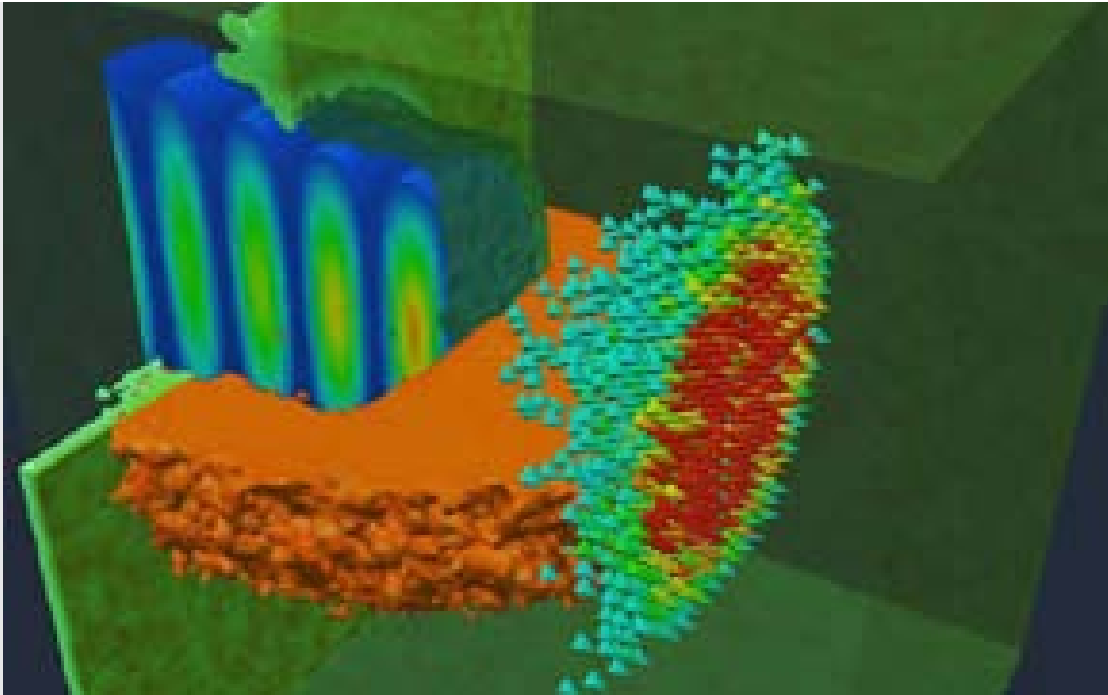
Simulating Nature and Technology

In future, top performance in the natural sciences and technology will require the assistance of top-class supercomputers. Not surprisingly, the economic significance of such computers is increasing rapidly as a result. Against this backdrop, the John von Neumann Institute for Computing (NIC) at Research Centre Jülich is set to become Europe's leading supercomputer centre for science and engineering.

Research is based on experiments and theories. However, scientists are increasingly exploiting the potential offered by a third approach: computer simulation. This method is particularly helpful in situations where conducting an experiment would be dangerous, too expensive, or simply impossible – or where pen and paper no longer suffice to describe complex theories. Using computer simulation, it is possible to approximately recreate real processes and solutions. For example, scientists cannot subject the planet's climate to experiments, directly observe the complex interaction between large numbers of nerve cells or always accurately predict the characteristics of new types of material. Here, and in many other matters involving science and engineering, high-performance supercomputers have become indispensable tools.

Mit dem Jülicher Supercomputer JUBL wird das Auftreffen eines Laserstrahls auf eine Goldfolie simuliert.

With the supercomputer JUBL at Jülich, a laser beam hitting a gold foil is simulated.



Computer models were initially employed to deal primarily with questions in physics, chemistry, geology and engineering. Today, nanotechnologists, neuroscientists and biologists are also exploiting the potential of such

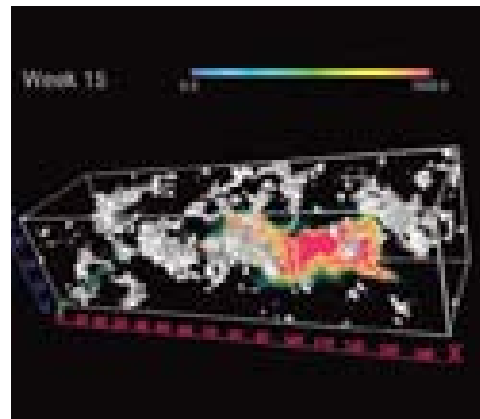
Europa hat schon früh eine Führungsposition beim Aufbau dieser sich rasch entwickelnden, innovativen Methodik eingenommen. Allerdings unternehmen die Vereinigten Staaten, Japan und mittlerweile die Volksrepublik China noch wesentlich größere Anstrengungen. Diese Herausforderung gilt es anzunehmen und die Möglichkeiten der Computersimulation auf höchstem Niveau weiterzuentwickeln, um die Stellung Europas in der Spitzengruppe zu behaupten.

Um die Vielzahl von Rechenproblemen zu lösen, die sich heute schon in den Natur- und Ingenieurwissenschaften stellen, benötigen wir dringend Rechner der Petaflop-Klasse. „Nur so sind die Herausforderungen der Zukunft zu bewältigen“, erklärt Prof. Thomas Lippert, Geschäftsführender Direktor des NIC. // In etwa zwei Jahren wird dieses Ziel erreicht sein. Durch den parallelen Betrieb tausender von Prozessoren mit niedrigem Energieverbrauch können diese Höchstleistungsrechner sehr kostengünstig arbeiten. //

Supercomputerzentrum in Jülich für Europa

Um die Leistungsfähigkeit heutiger und künftiger Superrechner optimal zu nutzen, brauchen die Anwender kompetente Unterstützung. Das NIC stellt daher nicht nur Rechenzeit zur Verfügung, sondern bietet den Nutzern außerdem exzellente Beratung und Unterstützung. Fast 200 deutsche und europäische Projekte nutzen alljährlich diese Kompetenz. Damit beweist das NIC auf nationaler und europäischer Ebene seine Vorreiterrolle als Forschungsanlage („User Facility“) und als Trainingszentrum der computergestützten Natur- und Ingenieurwissenschaften. Die Hälfte seiner Rechenzeit vergibt das Zentrum an deutsche und europäische Anwendergruppen, 35 Prozent erhalten Wissenschaftler der Helmholtz-Gemeinschaft und 15 Prozent werden von der Industrie genutzt. Das Forschungszentrum Jülich strebt an, bis 2010 führendes europäisches Supercomputerzentrum für die computergestützten Natur- und Lebenswissenschaften zu werden. Mit Rechnern der Petaflop-Klasse wird es den Wettbewerb mit den bedeutendsten Zentren in den USA und Asien aufnehmen. Die deutsche Anwendergemeinschaft positioniert sich damit im Bereich der computergestützten Wissenschaften an vorderster Front der internationalen Forschung.

// In Deutschland und Europa wird der Bedarf an Rechenzeit in den kommenden fünf Jahren um das mehr als Tausendfache ansteigen // , sagt der ehemalige Vorstandsvorsitzende des Forschungszentrums Jülich, Prof. Joachim Treusch, voraus. „Wir werden in dieser Zeit zu Zeugen eines dramatischen Anstiegs der Leistung von Supercomputern werden.“ Angetrieben wird diese Entwicklung vor allem von den Vereinigten Staaten. Ziel



Komplexe Vorgänge, etwa wie sich Schadstoffe im Boden ausbreiten, simulieren Forscher an Superrechnern.
Complex processes, such as how pollutants spread in soil, are simulated by researchers on supercomputers.

model. As a result, the need for supercomputer resources is growing at breakneck speed. In fact, top-performance computer systems are becoming a decisive competitive factor in science and engineering, be it at the national or international level — or in the Helmholtz Association, where every research field is being affected by this trend.

Since its foundation, Research Centre Jülich has made a key contribution to progress in computer-aided solid-state physics and materials science. As a result, the Centre is highly respected in these fields. Computer simulation also plays an indispensable role in the Research Centre's newly established "Grand Challenge" areas of "bio-neurosciences" and "bio-geosystems".

Right from the beginning, Germany has focused its activities in the field of computer simulation on establishing a strong scientific community at universities and research institutions. The John von Neumann Institute for Computing (NIC) has been playing a pioneering role in these efforts.

Europe became a driving force behind this fast-developing, innovative methodology early on. In the meantime, however, the United States, Japan and, more recently, the People's Republic of China, have become much more active in this area. It is thus essential that Europe rises to the challenge and continues to develop computer simulation at the highest possible level if it is to remain a leader in this field.

We urgently need petaflop computers if we are to solve the many computational problems already facing science and engineering. ■■ There is simply no other way of mastering the challenges of the future," says Prof. Thomas Lippert, Managing Director of NIC. Petaflop computers will be available in around two years, and by operating thousands of low-energy-consumption processors in parallel, it will be possible to keep the operation costs of these high-performance computers at an extremely economic level. ■■

A supercomputer centre for Europe in Jülich

In order to optimally exploit the potential of today's supercomputers – and those of the future – users need expert support. NIC therefore does more than simply provide computer time; it also offers its users excellent consulting and support services. Nearly 200 German and European projects make use of this expertise each year, thus confirming NIC's role as a user facility and a training centre for computer-aided science and engineering applications – at both national and European levels. The centre allocates half of its computing time to German and European user groups, 35 % to Helmholtz Association

ist, die „Sustained Performance“ – das ist die Spitzenleistung eines Rechners, multipliziert mit dem problemabhängigen Wirkungsgrad – um einen Faktor 100 bis 1000 zu steigern, um im Jahr 2010 eine Sustained Performance von einem Petaflop/s zu erreichen. Im Zentrum dieses Vorhabens stehen so genannte „Leadership-Class“-Supercomputer – also Rechner der internationalen Spitzenklasse – und fachbezogene Simulationslaboratorien.

Frankreich, Großbritannien und Deutschland haben sich darauf geeinigt, in der Laufzeit des siebten europäischen Forschungs-Rahmenprogramms (2007 - 2013) bis zu drei europäische Supercomputerzentren einzurichten. Um Europa im Bereich der computergestützten Natur- und Ingenieurwissenschaften in Führung zu bringen, gilt es, die Computer-Infrastruktur laufend zu aktualisieren und entsprechende Dienstleistungsangebote zur Verfügung zu stellen. Das Ziel: Forschungsbedingungen auf Weltklassenniveau für europäische Wissenschaftler.

Das European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) veröffentlichte im April 2005 eine Liste mit möglichen neuen Forschungsinfrastrukturen. Darin wird „High Performance Computing for Europe“ als ein vorrangiges Projekt genannt. Der deutsche Wissenschaftsrat hat sich dafür ausgesprochen, dass sich Deutschland mit einem der drei nationalen Höchstleistungsrechenzentren (NIC-Forschungszentrum Jülich, HLRS-Stuttgart, LRZ-München) darum bewirbt, Standort eines Europäischen High-Performance-Computing-Zentrums (HPC-Zentrum) zu werden. Das internationale Gremium zur Begutachtung des Jülicher Helmholtz-Programms „Scientific Computing“ empfiehlt dem NIC, die Führung auf dem Gebiet der computergestützten Naturwissenschaften innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft zu übernehmen, den Ausbau der NIC-Supercomputer für das Jahr 2007 voranzutreiben und den ersten Platz unter den europäischen Rechenzentren offensiv anzustreben.

Für eine solche Führungsrolle gibt es gute Voraussetzungen:

- > Als erstes Höchstleistungsrechenzentrum hat das NIC schon 1986 bundesweit Rechenzeit angeboten.
- > Es ist derzeit das größte Anwenderzentrum für Höchstleistungsrechnen in Europa. Gegenwärtig betreibt es den Supercomputer IBM p690+ mit einer Leistung von 9 Teraflop/s als General Purpose-System, ergänzt durch ein hochskalierbares, 46 Teraflop/s starkes IBM Blue Gene/L-System für höchste Anwendungsleistung.
- > Das NIC ist führend bei der Entwicklung von GRID-Computing-Technologien in Europa, insbesondere in den EU-Projekten DEISA und UniGRIDs sowie im deutschen VIOLA-Projekt.

Grid-Computing

Für manche Aufgaben gilt es, eng, national oder gar international zusammenzuarbeiten und Ressourcen zu bündeln. Beim Grid-Computing wird daher die akkumulierte Rechenleistung mehrerer Computer, die mit modernster Netzwerktechnologie verbunden sind, ausgenutzt. So lassen sich umfangreiche Daten austauschen und rechenintensive Probleme zeitgleich von mehreren Computern bearbeiten – man spricht vom verteilten Rechnen. Am 1. September 2005 wurde mit dem D-Grid-Verbund begonnen, eine Grid-Infrastruktur in Deutschland aufzubauen, die der gesamten deutschen Wissenschaft zur Verfügung stehen soll. Europäische Supercomputer-Grid-Projekte wie DEISA3 sind Teil der sich entwickelnden europäischen Forschungsinfrastruktur.

Grid computing

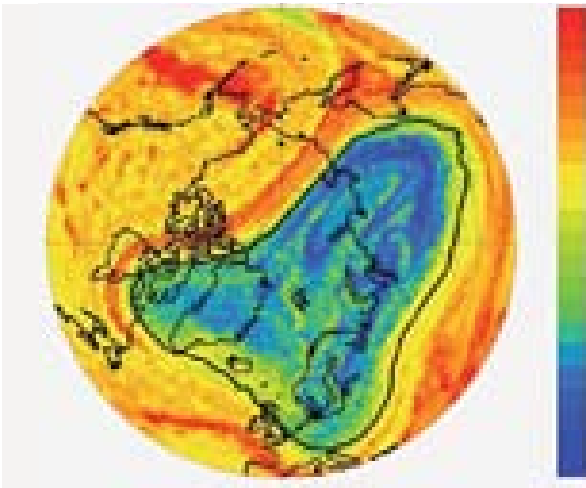
Some tasks require close collaboration between national (and even international) partners and the pooling of resources. To satisfy these requirements, grid computing uses the cumulative power of several computers connected by state-of-the-art network technology. In this way, it is possible to exchange vast amounts of data and enable several computers to work on computing-intensive problems at the same time – an approach known as “distributed computing”. On 1st September 2005, work began in the D-Grid Initiative. The aim here is to establish a grid infrastructure in Germany that will be available to the whole science community throughout the country. European supercomputer grid projects such as DEISA form part of the growing European research infrastructure.

scientists, and 15 % to industry. Research Centre Jülich is striving to become the leading European supercomputer centre for the computer-aided natural and life sciences by 2010. Using computers the petaflop class will enable Jülich to compete with major centres in the USA and Asia. In other words, the German user community will play a key role at the forefront of international research in computer-aided science.

“The demand for computing time will grow more than a thousand-fold in Germany and Europe over the next five years,” predicts Prof. Joachim Treusch, Chairman of the Board of Directors of Research Centre Jülich. “During this period, we will see a dramatic rise in the performance of supercomputers.” The United States, in particular, is driving this development forward. In order to reach a sustained performance — a computer’s peak performance multiplied by the problem-dependent efficiency — of one petaflop by 2010, it will be necessary to improve the current figure by a factor of 100 to 1,000. “Leadership class” supercomputers (international top-class computers) and subject-specific simulation laboratories are central elements in this plan.

France, the UK and Germany have agreed to establish up to three European supercomputer over centres the course of the Seventh EU Research Framework Programme for (2007–2013). To bring Europe to the fore in computer-aided science and engineering, it will be necessary to constantly update the computer infrastructure and provide appropriate services. The aim is to provide European scientists with a world-class research environment.

In April 2005, the European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) published a list of possible new research infrastructures. The list cites “High Performance Computing for Europe” as a high-priority project. The German Wissenschaftsrat (Science Council) announced its support for Germany’s bid to have one of its three national supercomputing centres (NIC/Research Centre Jülich, HLRS Stuttgart, LRZ Munich) become the site of a European High Performance Computing Centre (HPC Centre). The international panel for assessing the Jülich Helmholtz “Scientific Computing” programme recommends that NIC take three concrete steps. It should assume leadership in the area of computer-aided natural sciences within the Helmholtz Association, push ahead with the planned expansion of the NIC supercomputers by 2007, and proactively strive to become the top European computing centre.



- > Bereits mit der Gründung des NIC wurden Kompetenz-Gruppen eingerichtet, die den Einsatz von HPC auf ausgewählten Innovationsfeldern vorantreiben; so in den Bereichen Biologie und Biophysik, Elementarteilchenphysik und Physik der Hadronen und Kerne.

Das Forschungszentrum Jülich hat eine Initiative gestartet, die die Aktivitäten der Helmholtz-Gemeinschaft im Höchstleistungsrechnen koordiniert und die Perspektiven des NIC als europäisches Supercomputerzentrum bewertet. Die Anwender bestätigen den steigenden Bedarf an Rechenkapazität für Computersimulationen in den Bereichen der „Grand Challenges“: In jedem Fachgebiet werden bis 2007 etwa fünf Teraflop/s benötigt, bis 2009 steigt der Bedarf auf 50 Teraflop/s und ab 2010 auf weit mehr als 100 Teraflop/s (jeweils als „Sustained Performance“).

Ausgehend von ihren spezifischen Anforderungen formulierten die beteiligten Helmholtz-Zentren ein strategisches Dokument, in dem das NIC als das Höchstleistungsrechenzentrum der Helmholtz-Gemeinschaft definiert wird. Damit bekräftigen sie die Empfehlungen der Gutachter des Helmholtz-Programms „Scientific Computing“ zum Ausbau der Supercomputer-Ressourcen des NIC. Diese Fortentwicklung soll die Lücke schließen, die zwischen den Anforderungen der Anwender und der gegenwärtig verfügbaren Supercomputerzeit klafft. Damit wird das John von Neumann Institut für Computing zum Kern eines zukünftigen europäischen Supercomputerzentrums in Deutschland.

Umweltforscher nutzen die Jülicher Supercomputer, um die Verteilung von Spurengasen in der Stratosphäre zu simulieren.

Environmental scientists are using the supercomputer at Jülich to simulate the distribution of trace gases in the stratosphere.

Petaflops

Mit dem Kürzel Flop/s (floating-point operation per second) wird die Geschwindigkeit von Computersystemen charakterisiert. Konnte der erste frei programmierbare Rechner, der mechanische ZUSE 1, 1937 etwa eine solche Rechenoperation pro Sekunde durchführen, arbeitet der im März 2006 in Betrieb genommene Jülicher Blue Gene/L mit 46 Billionen (46×10^{12}) Rechenschritten in der Sekunde – kurz 46 Teraflop/s. Er ist damit der schnellste Rechner in Europa, der der freien Forschung zur Verfügung steht. Petaflop-Rechner werden eine Billiarde Flop/s (10^{15} Flop/s) und mehr erreichen.

NIC is in a strong position to take on such a leading role:

- > NIC was the first high-performance computing centre to provide computing time nationwide. That was in 1986.
- > Currently the largest user facility for supercomputing in Europe, it is now running the 9-teraflop supercomputer IBM p690+ as a general purpose system. Supplementing this system is a highly scalable, 46-teraflop IBM Blue Gene IL-System for applications requiring top performance.
- > In Europe, NIC is playing a leading role in developing GRID computing technologies. Its contribution here is especially important to the German VIOLA Project and the EU DEISA and UniGRIDs projects.
- > Upon NIC's foundation, competence groups were created to advance the use of HPC in selected innovative fields, including biology, biophysics, elementary particle physics and the physics of hadrons and nuclei.

Research Centre Jülich has launched an initiative aimed at coordinating the Helmholtz Association's activities in high-performance computing and at assessing the John von Neumann Institute's prospects of becoming a European supercomputer centre. Users have been confirming that there is a growing demand for computer simulation computing capacity the "grand challenge areas". About five teraflops will be needed in each specialised field by 2007, by 2009 requirements will increase to 50 teraflops, and from 2010 onwards, they will considerably exceed 100 teraflops (all figures refer to sustained performance).

Petaflops

The abbreviation "flops" (floating-point operations per second) is used to describe the speed of a computer system. In 1937, the first freely programmable computer, the mechanical ZUSE 1, was able to perform around one arithmetic operation per second. The Blue Gene/L, which went into operation in Jülich in March 2006, can process 46 trillion (46×10^{12}) arithmetic steps per second — in other words, 46 teraflops. Currently, it is the fastest computer in Europe for purely research purposes. Petaflop computers will achieve one quadrillion flops (10^{15} flops) and more.

In line with their specific requirements, the participating Helmholtz Centres formulated a strategic document, in which NIC is named as the Helmholtz Association's high-performance computing centre. By doing so, they are supporting the recommendations of the experts from the Helmholtz Scientific Computing programme regarding the expansion of the supercomputer resources of the John von Neumann Institute. This further development is intended to close the gap between the demands of users and the supercomputer time currently available. As a result, the John von Neumann Institute will become the core of a future European supercomputer centre in Germany.

Der 20-Jahres-Plan

Das Ziel, in Jülich ein europaweit führendes Computerlabor für Natur- und Ingenieurwissenschaften zu realisieren, soll in zwei Schritten erreicht werden:

1. Schritt: Ausbau der NIC-Supercomputer zum Petaflop-System

Das John von Neumann Institut für Computing verfolgt ein integriertes Konzept für den Ausbau seiner Rechenkapazität bis zur Petaflop-Klasse. Dieses beinhaltet:

- > Ab 2007 wird der duale Supercomputer-Komplex des NIC ausgebaut (siehe Abb. 1); er besteht dann aus:
 1. einem Leadership-Class-System mit mehr als 250 Teraflop/s Spitzenleistung,
 2. dem aktuellen Produktionssystem JUMP mit einer auf mehr als 50 Teraflop/s gesteigerten Leistung.
- > Mit hochflexiblen Zugangsmethoden und exzellenter Unterstützung der Anwendergruppen gewährleistet das NIC eine uneingeschränkte, sichere und kosteneffektive Nutzung seiner Rechner.
- > Das nationale Supercomputerzentrum John von Neumann-Institut für Computing übernimmt die Aufgaben eines HPC-Zentrums der Helmholtz-Gemeinschaft.
- > Einige Helmholtz-Zentren richten zu bestimmten Themenkomplexen Zentren mit eigenen Computerinstallationen ein, so genannte Topical Centre (TC). Das Forschungszentrum Jülich bildet, zusätzlich zu den existierenden Gruppen, TCs für computergestützte Neurowissenschaften und Bio-Geosysteme.
- > Weiterhin entstehen Simulations-Laboratorien (SL) um die NIC-Supercomputer, beispielsweise auf den Gebieten Nanophysik, atomistische Simulation von Materialien, Biologie.
- > In den Simulations-Laboratorien werden die Anwender in speziellen Fragen, wie der Bereitstellung und Pflege von Anwendungsprogrammen und der Optimierung von Software und Algorithmen, unterstützt.
- > Grid-Technologien, die im Rahmen des Helmholtz-Grid entwickelt werden, gewährleisten den Zugang zu den NIC-Systemen und den kooperativen Betrieb der Simulationslaboratorien. Das Helmholtz-Grid wird vom NIC und dem Grid Computing Centre Karlsruhe auf Basis des D-Grid aufgebaut.

2. Schritt: Bewerbung für ein europäisches Supercomputer-Zentrum im Jahr 2009

Mit dem integrierten Konzept und dem Ausbau der NIC-Supercomputer ist das NIC gut vorbereitet für die Bewerbung als Standort eines europäischen Supercomputerzentrums.

Ab 2009 wird das NIC – dann bereits als europäisches HPC-Zentrum – den dualen Rechnerkomplex zu einem Leadership-Class-System mit mehreren Petaflop/s für hochskalier-



Das John von Neumann-Institut für Computing (NIC) ist gut vorbereitet auf die Bewerbung als europäisches Supercomputerzentrum.

The twenty-year plan

The aim of establishing a leading European computer laboratory for natural and engineering sciences in Jülich is to be achieved in two steps:

1. Expansion of NIC's supercomputers to a petaflop system

The John von Neumann Institute for Computing is pursuing an integrated concept that will expand its computing capacity to the petaflop class.

- > Starting in 2007, NIC's dual supercomputer complex will be expanded (see Fig. 1); it will then consist of:
 1. a leadership class system with a top performance exceeding 250 teraflops
 2. JUMP, the current production system, whose performance will be increased to more than 50 teraflops
- > By providing highly flexible access methods and excellent support for user groups, NIC will ensure that use of its computers will be unrestricted, secure and cost-effective.
- > The John von Neumann Institute for Computing national supercomputer centre will serve as a Helmholtz Association (Expansion of Supercomputing within the Helmholtz Association and Positioning in the European Research Area) HPC Centre.
- > A few Helmholtz centres will create centres with their own computer installations focused on particular subjects, so-called Topical Centres (TC). Alongside existing groups, Research Centre Jülich will create TCs for computer-aided neurosciences and bio-geosystems.
- > In addition, simulation laboratories (SL) will evolve around NIC's supercomputers, (e.g. nanophysics, atomic simulation of materials, biology).
- > Users in the simulation laboratories will be supported in special issues, such as the provision and maintenance of application programs and optimisation of software and algorithms.
- > Grid technologies developed as part of the Helmholtz grid will guarantee access to the NIC systems and ensure cooperative operation of the simulation laboratories. The Helmholtz grid will be established on the basis of the D Grid by NIC and the Grid Computing Centre Karlsruhe.



The John von Neumann Institute for Computing (NIC) is well prepared for its bid to become a European supercomputing centre.

Step 2: Bid to become a European supercomputer centre in 2009

With the integrated concept and the expansion of its supercomputers, NIC is well-prepared to make a bid to become a European supercomputer centre.

From 2009, NIC – having already become a European HPC Centre – will extend the dual computer complex to a leadership class system. This system will have several petaflops for highly scalable applications with the highest computing

bare Anwendungen mit höchstem Rechenzeitbedarf und einem Produktionssystem für komplexere Anwendungen mit mehreren hundert Teraflop/s erweitern. Zusätzliche Einrichtungen für europäische Anwendergemeinschaften ergänzen die fachlich ausgerichteten Simulationslaboratorien. Angestrebt werden bis zu zehn solcher Laboratorien.

Die Simulationslaboratorien, die sich künftig um die Höchstleistungsrechner des NIC gruppieren, werden allen Anwendern Vorteile bringen: Von dieser kooperativen Struktur werden sowohl die computergestützten Naturwissenschaften in Jülich profitieren als auch die Nutzergruppen aus der nationalen und europäischen Forschung. Für eine optimale Anwenderunterstützung wird das Forschungszentrum Jülich seine methodische Kompetenz in enger Zusammenarbeit mit der Fakultät für Informatik der RWTH Aachen weiter ausbauen, beispielsweise in der Entwicklung von Algorithmen, der Performance-Analyse, der Computer-Entwicklung und der Visualisierung. Insbesondere werden gemeinsame Berufungen angestrebt. Darüber hinaus wird das NIC auch in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Entwicklung europäischer Grid-Techniken spielen.

Der ab 2007 geplante Ausbau der NIC-Supercomputer-Infrastruktur ist ein entscheidender strategischer Schritt für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Natur- und Ingenieurwissenschaften. Zugleich wird damit der Grundstein für ein europäisches Supercomputerzentrum der Petaflop-Klasse gelegt. Damit Deutschland im harten Wettbewerb mit anderen europäischen Zentren um den Standort erfolgreich sein kann, sind gemeinsame Anstrengungen aller deutschen Forschungsinstitutionen, der deutschen HPC-Nutzergruppen und insbesondere der Zuwendungsgeber des Forschungszentrums Jülich erforderlich.

Simulationen auf Supercomputern sind eine Schlüsseltechnologie, um die Herausforderungen zu meistern, die sich den Natur- und Ingenieurwissenschaften im 21. Jahrhundert stellen. Doch nicht nur Rechner der höchsten Leistungsklasse sind notwendig, um diese Zukunftsaufgaben zu bewältigen, sondern auch eine Struktur, die ihre optimale Nutzung gewährleistet und die interdisziplinäre Zusammenarbeit fördert.

Partnerships for the future of high-performance computing simulation using supercomputers is a key technology for meeting the challenges facing science and engineering in the 21st century. Computers of the highest performance class will be necessary to master these future challenges. So too will a structure which ensures that the computers are optimally used and which promotes interdisciplinary cooperation.

time requirements and a production system for more complex applications with several hundred teraflops. Additional facilities for European user communities will supplement the specialised, subject-oriented simulation laboratories. The target is to provide up to twelve such laboratories.

Partnerships for the future of high-performance computing simulation using supercomputers is a key technology for meeting the challenges facing science and engineering in the 21st century. Computers of the highest performance class will be necessary to master these future challenges. So too will a structure which ensures that the computers are optimally used and which promotes interdisciplinary cooperation. The simulation laboratories that will group themselves around the NIC high-performance computers will offer advantages to all the various users. This cooperative structure will benefit not only the computer-aided natural sciences in Jülich but also user groups from national and international research projects. To ensure optimum user support, Research Centre Jülich will continue to expand its methodological expertise in various areas, including the development of algorithms, performance analysis, computer development and visualisation. All of these tasks will be carried out in close cooperation with the Department for Informatics at RWTH Aachen University. Particularly high priority will be given to joint appointments of professors/heads of institutes at Aachen and Jülich. NIC will also make a key contribution to developing future European grid technologies.

The planned € 50 million expansion of the NIC supercomputer infrastructure, which is scheduled to begin in 2007, is a key strategic step that will significantly boost Germany's international competitiveness in science and engineering. At the same time, the project will lay the cornerstone for a European supercomputer centre in the petaflop class. If Germany is to succeed in its bid to host a European supercomputer centre – despite fierce competition from other European centres – a combined effort is required from all German research institutions, German HPC user groups, and in particular Research Centre Jülich's funding agencies.

Höchstleistungsrechnen@Jülich: Felix Wolf beschleunigt die Bytes der Supercomputer

„Aus einem bestimmten Blickwinkel“, sagt Felix Wolf und durchmisst mit den Augen einen nahezu leeren Raum, so groß und so hoch wie die Werkshalle eines mittelständischen Maschinenbauers, „steht da unten das derzeit wohl anschaulichste Beispiel für die Auswirkungen des Mooreschen Gesetzes.“ Der 34-Jährige überblickt den Anbau des Jülicher Zentralinstituts für Angewandte Mathematik von einer Art Besucherplattform. Unter ihm ragen die mattschwarzen Rechnerschränke des Supercomputers JUMP aus dem glatten Hallenboden.

Ein paar Schritte rechts dahinter stehen vier weitere Metallquader. Auch sie übermannshoch, plan und kantig, doch mit gekippter Silhouette. Es sind die Racks von JUBL, des jüngsten Supercomputers im Forschungszentrum. Die von JUMP sind zusammen genommen fünfmal größer. Dennoch arbeitet JUBL fünfmal schneller.

JUMP und JUBL sind sowohl die Objekte als auch die Werkzeuge von Wolfs wissenschaftlicher Arbeit. Der Informatiker leitet eine Nachwuchs-Forscherguppe am John von Neumann-Institut für Computing (NIC). Sein Team optimiert die Software von JUBL und JUMP – und sorgt somit dafür, dass sich das Jülicher Rechenzentrum in der Welt-Spitze des „Scientific Computing“ behauptet.

Diese Querschnitts-Disziplin wird immer wichtiger. Simulationen auf Großrechnern spielen in den Natur- und Lebenswissenschaften heute eine ähnlich große Rolle wie etwa das Experimentieren oder das Formulieren neuer Theorien. Gut 200 europäische Wissenschaftler-Teams nutzen derzeit die Jülicher Supercomputer, die Nachfrage übersteigt das Angebot um das Siebenfache. Und der Bedarf an Rechenzeit wird weiter dramatisch zunehmen: in den nächsten fünf Jahren um mehr als das Tausendfache, wie Joachim Treusch prophezeit, bis Oktober 2006 Vorstandsvorsitzender des Jülicher Zentrums.

Schon in drei Jahren, so hat es NIC-Chef Thomas Lippert angekündigt, will das Forschungszentrum Jülich die heutige Maximalleistung seiner Weltrekord-Maschine um den Faktor 20 gesteigert haben – auf die atemberaubende Zahl von einer Billiarde Rechenschritten pro Sekunde (= 1 Petaflop/s). Dazu müssen die bestehenden Systeme von Parallelrechnern dynamisch weiterentwickelt werden. In Jülich soll das vor allem durch ein Zusammenwirken von JUMP und JUBL gelingen, die sich in ihren Fähigkeiten und Kapazitäten optimal ergänzen.



Mit einer Leistung von 46 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde führte der Supercomputer JUBL bei seiner Einweihung die europäische Rangliste an.

Supercomputing@Jülich: Felix Wolf Accelerates the Bytes of the Supercomputer

"If you look at it from a certain perspective," says Felix Wolf as he surveys a practically empty room as big as a production hall at a medium-sized mechanical engineering company, "what you see down there is perhaps the most vivid example of Moore's Law." Wolf, 34, is standing on a sort of visitor platform overlooking the annex of the Jülich Central Institute for Applied Mathematics. Beneath him, the matt black cabinets of the JUMP supercomputer stand out against the glossy hall floor.

Four other metal blocks are visible a few steps to the right behind the cabinets. They are also taller than a grown man and angular, but their silhouettes are tilted. These are the racks for JUBL, the newest supercomputer at the Research Centre. Although the JUMP racks are five times bigger, the JUBL computer works five times faster.

JUMP and JUBL are both the subject of Wolf's scientific work and the tools he uses to conduct it. Wolf, a computer scientist, heads a group of young researchers at the John von Neumann Institute for Computing (NIC). His team optimises the software used by JUBL and JUMP – and thus ensures that the Jülich computer centre remains at the forefront of scientific computing worldwide.

This cross-sectoral discipline is becoming more and more important, now that simulations on high-performance computers are playing as big a role in the natural and life sciences as experimentation and the formulation of new theories. More than 200 teams of European scientists are currently using the supercomputers in Jülich, and demand exceeds available capacity by a factor of seven. This demand is set to further increase dramatically – more than a thousand-fold over the next five years, according to Joachim Treusch, who has been Chairman of Research Centre Jülich's Board of Directors since 1990.

NIC director Thomas Lippert has announced that in just three years' time, Research Centre Jülich will have increased the maximum speed of its record-breaking machine by a factor of 20. This means a breath-taking performance of one thousand billion floating-point operations per second (1 petaflop).

This will require the dynamic further development of the existing systems of parallel computers, which will be achieved in Jülich through the interaction of JUMP and JUBL, which complement each another perfectly in terms of their capabilities and capacities. Wolf's team plays a key role in this ambitious project. The group consists of four scientists and two students who are developing



With a performance of 46 trillion arithmetic operations per second, the JUBL supercomputer made it to the top of the European ranking list at the time of its inauguration.

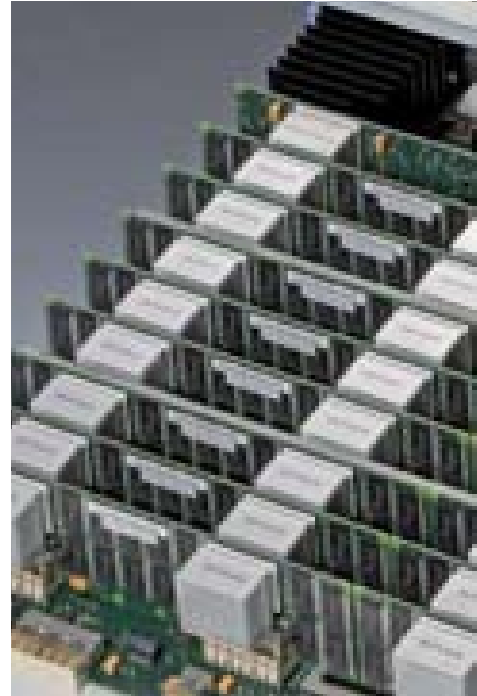
Bei diesem ambitionierten Projekt sitzt das Team von Felix Wolf in einer Schlüsselposition: Vier Wissenschaftler und zwei Studierende entwickeln Werkzeuge, damit die komplizierten Rechner – bei JUBL muss die parallele Arbeit von 16 384 Prozessoren koordiniert werden – möglichst gleichmäßig Höchstleistungen liefern.

Zurzeit gelingt das noch nicht perfekt genug: Bei der Parallelverarbeitung betreiben die einzelnen Prozessoren in der Regel intensiven Datenaustausch. So muss ein einzelner Prozessor unter Umständen warten, bis die Daten, die er weiterverarbeiten soll, von einem anderen Prozessor gesendet werden. Zwar dauert der Transport einer Nachricht meistens nur einen winzigen Sekundenbruchteil, doch bei Millionen von Nachrichten, die zwischen über 16 000 Prozessoren verschickt werden, kommt dabei schon mal einiges zusammen. Seit Januar 2006 entwickeln Wolf und sein Team deshalb Messtechniken, mit denen sich ermitteln lässt, wie oft ein Prozessor benötigte Daten nicht sogleich parat hat. Sie bringen dazu zusätzlichen Code in die Anwendungs-Programme ein und erstellen dann Ablaufprotokolle dieser Anwendungen. Daraus lassen sich die Wartezeit errechnen und die Ansatzpunkte für Programm-Optimierungen ermitteln.

Auf dem Niveau handelsüblicher PC-Anwendungen wäre eine solche Arbeit womöglich trivial. Nicht jedoch bei Hochleistungsrechnern. Schon wenige Monate nach Beginn der Forschungen kann Wolfs Team erste Ergebnisse auf international renommierten Konferenzen veröffentlichen.

Felix Wolf scheint prädestiniert für eine Karriere am Forschungszentrum: Aufgewachsen in Jülich, studierte er in Aachen Informatik – und kam schon für seine Diplomarbeit ans NIC. Er blieb für seine Dissertation, allerdings unterbrochen durch einen mehrmonatigen Forschungsaufenthalt am IBM T.J. Watson Research Center in der Nähe von New York. Nach Abschluss seiner Promotion wechselte er an die Universität von Tennessee, wo er seine Forschungen zur Optimierung von parallel rechnenden Supercomputern fortsetzen konnte. In Tennessee arbeitete er am Lehrstuhl des legendären Jack Dongarra. Der zweimal jährlich die Rangliste der leistungsstärksten Rechner heraus gibt.

Zurück nach Deutschland kam Felix Wolf, weil er als Leiter einer Nachwuchsforschergruppe bei der Helmholtz-Gemeinschaft fünf Jahre lang selbstbestimmt arbeiten kann mit einem Team, das er sich selber zusammengesucht hat.



64 Prozessoren auf 16 Karten füllen eine Schublade des Superrechners JUBL. Hinzu kommen Versorgungs- und Steuerungschips.

tools to ensure that the complicated computers achieve as close to the same peak performance as possible (for JUBL alone parallel work by 16,384 processors must be coordinated).

But there's still room for improvement. The problem is that during parallel processing operations, the individual processors generally exchange a huge amount of data. This means that an individual processor may have to wait for the data it is supposed to further process to be sent by another processor. Although it generally takes only a tiny fraction of a second to transfer information, the times begin to add up when you have millions of messages sent between more than 16,000 processors.

Since January 2006, Wolf and his team have therefore been developing measuring techniques that will enable them to determine how often a specific processor does not have the data it requires. To do this, they enter additional codes into the application programs and then create process logs for the applications in question. These logs make it possible to calculate the waiting times and identify starting points for program optimisation.

Such an effort would be considered trivial for conventional PC applications, but not for supercomputers. Today, only a few months after the launch of the research project, Wolf's team has already been able to present initial results at major international conferences.

Wolf seems to have been predestined for a career at the Research Centre. He grew up in Jülich and studied computer science in Aachen. He conducted research for his master's degree at NIC, where he remained for his PhD thesis. During this period, he spent several months at the IBM T.J. Watson Research Center near New York. After finishing his Ph.D. thesis, he went to the University of Tennessee, where he was able to continue his research on the optimisation of supercomputers that operate in parallel. In Tennessee, he worked in the department headed by the legendary Jack Dongarra, who publishes a biannual ranking of the world's most powerful computers.

Wolf returned to Germany because of an opportunity offered to him by the Helmholtz Association of German Research Centres to head a group of young researchers at Research Centre Jülich for a period of five years. He knew the job would allow him to work independently with a team he could put together himself. Wolf is actually much more of a scientist than a computer geek. He avoids using jargon and answers even complicated ques-



64 processors on 16 cards fill a drawer in the JUBL supercomputer. Supply and control chips are also needed.

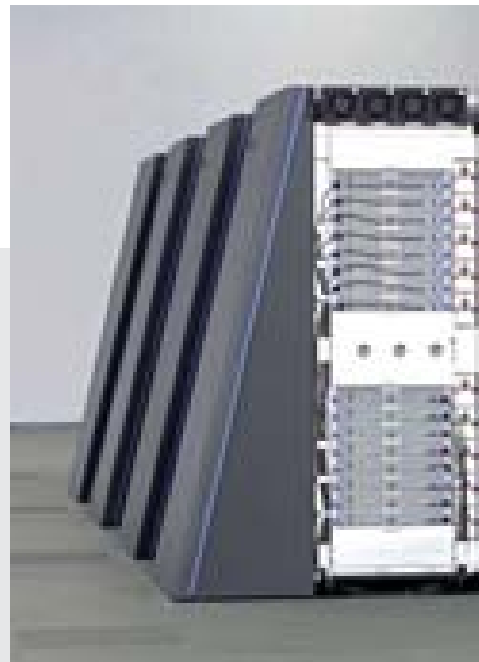
Der Informatiker ist tatsächlich sehr viel mehr Wissenschaftler als ein Computer-Freak. Er vermeidet Insider-Slang und beantwortet auch komplizierte Fragen mit klar gegliederten Gedanken. Noch ist Felix Wolf „Newcomer“ als Führungskraft. Kalt erwischt wird er zum Beispiel von der Frage nach dem korrekten Titel seiner Arbeitsgruppe. Den muss er im Internet nachlesen – was ihn prompt zum Lachen bringt. Schließlich geht es um ein Begriffsungetüm: **Advanced Performance Analysis Tools for Parallel and Distributed High Performance Computing Applications.**

In den nächsten Jahren muss Felix Wolf nun die Probleme der Superrechner so gut verstehen lernen wie die seiner Mitarbeiter – und die der Nutzer von JUMP und JUBL. Dazu entwickelt er schon jetzt Geschick. Neben seiner Führungsaufgabe in Jülich bildet der Informatiker als Juniorprofessor Studenten der RWTH Aachen aus. Dennoch ist er zusammen mit seiner Frau, einer Iranerin, ins rheinische Provinzstädtchen Jülich gezogen. „Ich pendle lieber für die Lehre und zum Vergnügen nach Aachen, als dass ich zum Forschen und für die tägliche Arbeit nach Jülich pendle“, begründet er seine Wahl des Wohnorts.

Und wie geht es weiter? Lockt ihn die Forscherlaufbahn in der Helmholtz-Gemeinschaft oder andernorts? Oder eher der Posten eines Hochschullehrers? Am Ende gar eine gut bezahlte Führungsposition in der Industrie? Die Frage sei zu früh gestellt, entschuldigt sich Felix Wolf. Sein Vertrag als Teamchef am NIC läuft erst Ende des Jahres 2010 aus. Bis dahin, sagt Wolf, gebe es noch jede Menge zu forschen. Und selbst danach, davon ist er überzeugt, werde sein Arbeitsbereich im Supercomputing „noch mindestens die Bedeutung haben wie heute“. Dafür sorgt nicht zuletzt das Mooresche Gesetz – unwiderlegt seit 1965.

Michael O. R. Kröher,
Wissenschaftsjournalist, Manager Magazin

Das kompakte Design des Superrechners JUBL ermöglicht es, viel Rechenleistung auf wenig Raum unterzubringen.



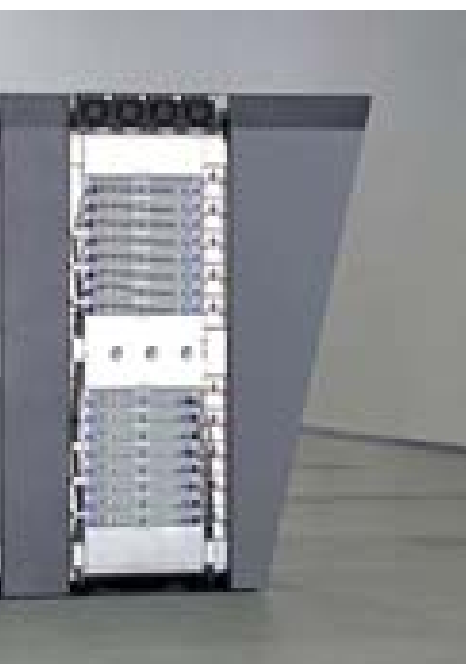
tions in a clear and well-structured way. Still, he is a newcomer to the management side of research. For example, he was caught on the hop when asked the exact name of his research group, and had to look it up on the Internet. When he finally found it, he started to laugh at the unwieldy name: *Advanced Performance Analysis Tools for Parallel and Distributed High-Performance Computing Applications*.

Over the next few years, Wolf will not only have to learn to understand the problems associated with supercomputers but also the problems his colleagues experience – not to mention those of JUMP and JUBL users. He's already acquiring some expertise in this field by teaching students as a "Juniorprofessor" at RWTH Aachen University in addition to heading his group at Jülich. Despite his responsibilities in Aachen, he decided to settle in the provincial town of Jülich with his wife, who hails from Iran. "I'd rather commute to Aachen for my teaching duties and special occasions than have to commute to Jülich day in and day out for my research work," he explains.

So what does the future hold for Wolf? Will he continue as a researcher with the Helmholtz Association or another organisation? Or will he instead become a full-time university professor – or even take on a well paid job in industry? Wolf says it's too early to think about this question, since his contract as team leader at NIC runs until the end of 2010. There's plenty of research to be done until then, says Wolf. He's also convinced that even after his contract expires, his work in supercomputing will be "at least as important as it is today." If nothing else, Moore's Law – still yet to be refuted after 41 years – will take care of that.

Michael O. R. Kröher,
Science Journalist, Manager Magazin

The compact design of the JUBL supercomputer makes it possible for high computing power to be accommodated in a small space.



Weltbewegende Eigenschaften der Materialien verstehen

Von Erkenntnissen der Physik, die während der letzten hundert Jahre gewonnen wurden, hängt heute ein Viertel unseres Bruttosozialprodukts ab. Künftig wird die Bedeutung dieser Wissenschaft noch zunehmen: Nur mit ihrer Hilfe kann es gelingen, technologischen Fortschritt mit geringem Rohstoff- und Energieverbrauch zu kombinieren. Die Jülicher Wissenschaftler haben sich mit ihrer Forschung zur Physik der kondensierten Materie einen exzellenten Ruf erarbeitet und sind eine der Top-Adressen weltweit.

Neue Einsichten für die Welt von morgen

Die Produkte und Verfahren der Zukunft schonen die Umwelt, benötigen weniger Rohstoffe als die heutigen, verarbeiten jedoch mehr Informationen und bringen mehr Leistung sowie wirtschaftlichen Nutzen. Damit aus dieser Vision Wirklichkeit wird, benötigt die Menschheit neue Kenntnisse: Zum einen müssen die Eigenschaften von Materialien besser verstanden werden, um sie auf extreme Anforderungen hin ausrichten zu können. Zum anderen müssen wir mehr über die dynamischen Vorgänge wissen, die in komplizierten Systemen aus vielen unterschiedlichen Stoffen stattfinden. „Daraus folgt, dass man Prozesse auf immer kleineren Längen- und Zeitskalen bis hinunter zu atomaren Dimensionen durchschauen muss“, sagt Prof. Heiner Müller-Krumbhaar. Der Leiter des Forschungsbereichs „Struktur der Materie“ weiter: // Mit der Entwicklung einer mikroskopischen Einsicht in die Materie ist die Ausstrahlung der Physik in alle naturwissenschaftlichen und medizinischen Disziplinen immer intensiver geworden – und diese Ausstrahlung wird sich weiter verstärken. //

So werden Funktionsmaterialien für die Informationstechnik bereits aus nanometergroßen Strukturen aufgebaut, wobei Quantenphänomene immer wichtiger werden. In der Chemie können sowohl die Eigenschaften einzelner Riesenmoleküle als auch das Verhalten von kompliziert aufgebauten Molekülverbänden mit modernen physikalischen Messverfahren und den Methoden der statistischen Physik entschlüsselt werden. Potenzielle Arzneimittel werden schon vor ihrer Synthese in hunderttausend Varianten auf ihre mögliche Wirkung hin untersucht – mit Hilfe von Computerprogrammen, in die quantenmechanische Erkenntnisse und Berechnungen eingeflossen sind. Auf die Quantenphysik und die statistische Physik greifen Wissenschaftler zunehmend auch dann zurück, wenn sie Vorgänge innerhalb lebender Zellen erklären wollen. Schließlich werden Materialien, die extremen Temperaturen und anderen hohen Belastungen



Das Transmissions-Elektronenmikroskop im Ernst Ruska-Centrum macht Atome sichtbar.

Understanding Earth-shattering Properties of Materials



The transmission electron microscope at the Ernst Ruska Centre makes atoms visible.

A quarter of our gross national product depends on insights of physics gained during the last hundred years. In the future, this science will become even more important. Only with the help of physics will it be possible to reconcile technological progress with low consumption of energy and raw materials. Scientists at Jülich have earned an excellent reputation with their research into the physics of condensed matter and have made the Research Centre one of the top research sites worldwide.

New insights for the world of tomorrow

The products and production methods of the future will be environmentally compatible and will consume less raw material than those used today. However, they will also process more information and yield higher outputs and greater economic utility. To turn this vision into reality, we need new knowledge. On the one hand, the properties of materials must be better understood so that they can be tailored to cope with extreme demands. On the other hand, we have to know more about the dynamic processes that take place in complicated systems of many different substances. "That means we have to understand processes at ever smaller scales of space and time, down to atomic dimensions," says Professor Heiner Müller-Krumbhaar. The head of the research area "Structure of Matter" continues: **■ ■** With the development of a microscopic view into matter, physics has been exerting an ever greater influence on all scientific and medical disciplines – and this influence will continue to grow. **■ ■**

In fact, functional materials for information technology are already being constructed from nanometre-sized structures, a scale at which quantum phenomena are becoming increasingly important. In chemistry, the properties of single giant molecules and the behaviour of complex molecular clusters can be deciphered using modern physical measuring techniques and the methods of statistical physics. Even before they are synthesised, potential pharmaceuticals are studied using hundreds of thousands of variants to determine their possible effects – with the help of computer programs incorporating quantum-mechanical insights and calculations. Increasingly, scientists also fall back on quantum physics and statistical physics when they want to explain the processes inside living cells. Moreover, materials that withstand extreme temperatures and other severe stresses are ultimately constructed of molecular layers, fibre systems and composite systems. Scientists predict the lifetime and fracture properties of these materials using theories of physics.

standhalten, aus molekularen Schichten, Fasersystemen und Verbundkomplexen konstruiert. Wissenschaftler sagen Lebensdauer und Bruchverhalten dieser Materialien mit Hilfe von physikalischen Theorien voraus.

Physik – Grundlage des Fortschritts

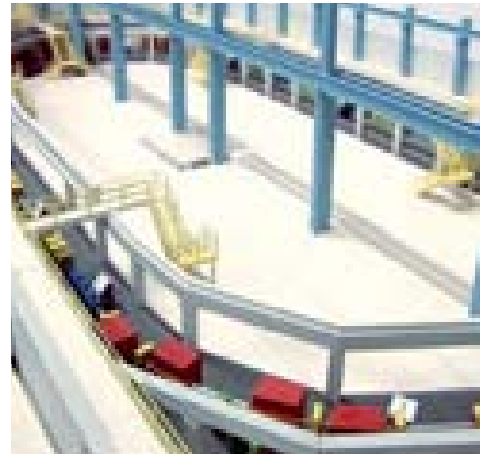
Die gemeinsame physikalische Basis der verschiedenen naturwissenschaftlichen und medizinischen Disziplinen rückt zunehmend in den Blickpunkt. Die zentrale Bedeutung der physikalischen Forschung wird auch an den sieben „großen Herausforderungen“ deutlich, die 2003 im „Public Interest Report“ der „Federation of American Scientists“, für das 21. Jahrhundert identifiziert wurden. Fünf davon fallen in den Bereich der Forschung kondensierter Materie oder sind eng damit verbunden: Quanten-Technologie, Nanowissenschaften, komplexe Systeme, die Anwendung physikalischer Erkenntnisse in Biologie und Medizin sowie neue Materialien. Daneben werden die Erforschung des Universums und die Vereinheitlichung der Naturkräfte genannt.

Noch stoßen die Wissenschaftler vieler Disziplinen an Grenzen, weil physikalische Grundlagen nicht ausreichend verstanden werden. Die Jülicher Forscher sind überzeugt, dass diese Grenzen auf dem Weg zu den Produkten und Verfahren der Zukunft überwunden werden müssen. // Insbesondere die fachübergreifenden und Fächer verbindenden Forschungsbereiche Materialien und Modellbildung spielen eine Schlüsselrolle für eine erfolgreiche Weiterentwicklung der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen // , so Müller-Krumbhaar. Enorme Fortschritte bei den Rechenmodellen, der Computer-Hardware und der Software ermöglichen es, das Verhalten komplexer Materialsysteme realistisch zu simulieren. Gleichzeitig werden neue Experimentiermethoden immer wichtiger, bei denen gezielt mit Atomen und Molekülen hantiert werden kann. Die Jülicher Forscher sind überzeugt: Aus dem Zusammenspiel zwischen Computersimulationen und solchen Methoden lassen sich neue Möglichkeiten schöpfen, komplizierte Materialsysteme zu handhaben und neue Stoffe mit vorher definierten Eigenschaften zu schaffen.

Der 20-Jahres-Plan

Die Forschung in der Physik der kondensierten Materie entspricht in besonderem Maße dem Ziel des Forschungszentrums Jülich und der Helmholtz-Gemeinschaft, Verbindungen zwischen den verschiedenen naturwissenschaftlichen und technischen Disziplinen herzustellen. Die Jülicher Wissenschaftler werden dabei künftig

- > neuartige Quantenmaterialien herstellen,
- > Theorien entwickeln und anwenden, die den Übergang von klassisch-physikalischen zu quantenmecha-



Im Beschleuniger COSY schießen die Physiker kleinste Bausteine der Natur nahezu mit Lichtgeschwindigkeit aufeinander.

In the COSY accelerator, physicists make the smallest building blocks of matter collide at almost the speed of light.

Quantenphänomene und Quantenmechanik

In der Welt der Atome und Moleküle nehmen physikalische Größen wie Energie, Ladung oder Spin nicht beliebige kontinuierliche Werte, sondern jeweils nur das Vielfache eines ganz bestimmten Wertes (Quant) an. Die Quantenmechanik berücksichtigt diese so genannte Quantelung und beschreibt das Verhalten von Materie im atomaren Bereich.

Quantum phenomena and quantum mechanics

In the world of atoms and molecules, physical variables like energy, charge or spin do not take arbitrary continuous values but always only multiples of a particular value (quantum). Quantum mechanics takes account of this "quantization" and describes the behaviour of matter at the atomic level.



Das in Jülich optimierte Elektronenmikroskop ermöglicht Einblicke in kristalline Strukturen von Halbleitern. *The electron microscope optimised at Jülich gives scientists a glimpse of the crystalline structures of semiconductors.*

Physics – the foundation of progress

Attention is increasingly being focused on the common physical foundation that underlies the various scientific and medical disciplines. The central importance of physics research is also evident in the seven "grand challenges" facing us in the 21st century that were identified in 2003 in the "Public Interest Report" of the "Federation of American Scientists". Five of them fall under the category of condensed matter research or closely related fields: quantum technology, nanosciences, complex systems, the application of findings from physics in biology and medicine, and new materials. Also cited are the exploration of the universe and the unification of the forces of nature.

Scientists in many disciplines are still coming up against limitations because physical fundamentals are not sufficiently understood. Researchers at Jülich are convinced that these limitations must be overcome in order to develop the products and processes of the future.

/// In particular, the interdisciplinary and cross-sectional research fields of materials and modelling play a key role in the successful further development of scientific and engineering disciplines, /// says Müller-Krumbhaar.

Tremendous progress in mathematical models, computer hardware and software is making it possible to realistically simulate the behaviour of complex material systems. At the same time, new experimental methods making it possible to manipulate individual atoms and molecules are becoming increasingly important. Researchers at Jülich believe that the interplay between computer simulations and these methods can furnish new techniques for handling complicated material systems and creating novel substances with predefined characteristics.

The twenty-year plan

Research in the physics of condensed matter is especially conducive to the goal of forging links between the various scientific and technical disciplines, which is the objective of Research Centre Jülich and the Helmholtz Association of German Research Centres. Within the framework of this research, scientists at Jülich will:

- > *create new types of quantum materials,*
- > *develop and apply theories that explain the transition from processes of classical physics to those of quantum mechanics in condensed matter,*
- > *exploit the capacity of systems to organise themselves with a large number of materials and components,*
- > *describe and harness the ordering and disordering processes that occur in glasses, solids and complex liquids,*

- nischen Prozessen in kondensierter Materie erklären,
- > die Fähigkeit von Systemen nutzen, sich mit ihrer Vielzahl von Stoffen und Komponenten selbst zu organisieren,
 - > die Ordnungs- und Unordnungsprozesse beschreiben und dienstbar machen, die in Gläsern, Festkörpern und komplexen Flüssigkeiten ablaufen,
 - > die Strukturbildung und die Dynamik in Systemen mit starken entropischen Wechselwirkungen analysieren und nutzen,
 - > die Physik biologischer Materialien und Funktionen erforschen.

Diese Jülicher Forschung ist eingebunden in das Programm „Kondensierte Materie“ der Helmholtz-Gemeinschaft. Dieses konzentriert sich vor allem auf drei Schwerpunkte:

- > Elektronische und magnetische Phänomene. Die Jülicher Wissenschaftler arbeiten an widerspruchsfreien und in sich geschlossenen Theorien, mit denen sich die elektronischen Eigenschaften von Festkörpern und Flüssigkeiten genauer als bisher berechnen lassen. Sie erforschen die Möglichkeit, nicht nur die elektrische Ladung, sondern auch eine zweite wichtige Eigenschaft des Elektrons zu nutzen: seinen Spin. Mit dem Spin ist ein magnetisches Moment verbunden.
- > Von Materie zu Materialien. Die Forscher suchen nach neuen Wegen, aus atomaren und molekularen Bestandteilen strukturierte Festkörper aufzubauen. Beispielsweise wollen sie sich elastische Wechselwirkungen und andere kollektive Kräfte nutzbar machen. Sie untersuchen auch die Vorgänge an Grenzflächen und an Defekten, die erhebliche Auswirkungen auf die chemischen, elektronischen und mikromechanischen Eigenschaften eines Materials haben.
- > Weiche Materie und Biophysik. // Eine zentrale Herausforderung der Forschung im Bereich Weiche Materie und Biophysik ist es, die große Kluft in den Längen- und Zeitskalen zwischen der individuellen molekularen Einheit und den sich daraus bildenden mesoskopischen Strukturen zu überbrücken // , sagt Müller-Krumbhaar. Um diese Herausforderung zu meistern, müssen die Jülicher Wissenschaftler neue Verfahren in der Materialpräparation, im Design von Instrumenten, in der Theorie und in der Modellierung entwickeln. Systeme der Weichen Materie können durch externe Kraftfelder oder chemische Reaktionen weit aus dem thermischen Gleichgewicht getrieben werden. Das findet in vielen industriellen Verfahren wie in der Polymersynthese und der Polymerverarbeitung statt. Die Beherrschung solcher Nichtgleichgewichtsprozesse ist auch für biologische Systeme wichtig.

Kondensierte Materie

Der Begriff „kondensierte Materie“ umfasst alle Stoffe und Stoffsysteme mit Ausnahme von Gasen – also zum Beispiel Festkörper, Flüssigkeiten sowie biologische Materialien und weiche Materie wie Polymere und Kolloide. Interessant sind hierbei oft nicht nur die Materialien selbst, sondern auch Grenzschichten zwischen verschiedenen Stoffen oder Stoffzuständen.



Synchrotronstrahlen werden von der Elektronenhülle der Atome gestreut. Detektoren geben Auskunft über die elektronischen Eigenschaften eines Stoffes.

Condensed matter

The term “condensed matter” comprises all substances and material systems with the exception of gases – for example, solids, liquids, as well as biological materials and soft matter like polymers and colloids. Often, interest focuses on not only the materials themselves but also on the interfaces between different substances or states of matter.



Synchrotron radiation is scattered by the electron shell of the atoms. Detectors provide information about the electronic properties of a material.

- > analyse and utilise the structure formation processes and dynamics in systems with strong entropic interactions,
- > explore the physics of biological materials and functions.

This Jülich research is integrated into the “Condensed Matter” programme of the Helmholtz Association of German Research Centres. This programme concentrates primarily on three main areas:

- > **Electronic and magnetic phenomena.** Scientists at Jülich are working on consistent and self-contained theories that make it possible to calculate the electronic properties of solids and liquids more precisely than before. They are exploring the possibility of utilising not only the electric charge but also a second important property of the electron: its spin. A magnetic moment is associated with the spin.
- > **From matter to materials.** Researchers are looking for new ways of building structured solids from atomic and molecular components. For example, they want to put elastic interactions and other collective forces to use. They are also studying the processes that unfold at interfaces and defects, which have considerable effects on the chemical, electronic and micromechanical properties of a material.
- > **Soft matter and biophysics.** ■■■ A central challenge for research in the field of soft matter and biophysics is to bridge the great gulf in length and time scales between the individual molecular unit and the mesoscopic structures they form, ■■■ says Müller-Krumbhaar. To meet this challenge, the Jülich scientists have to develop new methods and techniques in material preparation, in the design of instruments, in theory and in modelling. Systems of soft matter can be pushed far beyond the state of thermal equilibrium by external force fields or chemical reactions. This occurs in many industrial processes, such as polymer synthesis and polymer processing. Mastery of these processes of non-equilibrium is also important for biological systems.

Intensive exchange

The variety of materials systems dealt with in the physics of condensed matter is an excellent precondition for a scientific exchange among the Jülich researchers who work in the fields of health, information, environment and energy. Furthermore, in all of these research fields, there is an increasing desire for detailed microscopic knowledge of the material systems in question, and a growing need for computer-based modelling and for new, usable physical effects. That means it is inevitably becoming increasingly important to cooperate beyond

Intensiver Austausch

Die Vielfalt der Stoffsysteme, die in der Physik kondensierter Materie behandelt werden, ist eine ausgezeichnete Voraussetzung für einen wechselseitigen wissenschaftlichen Austausch mit den Jülicher Forschern, die in den Bereichen Gesundheit, Information, Umwelt und Energie tätig sind. Zudem wächst in all diesen Forschungsfeldern der Wunsch nach mikroskopischer Detailkenntnis über die jeweiligen Stoffsysteme und steigt der Bedarf an computergestützter Modellierung sowie an neuen nutzbaren physikalischen Effekten. Damit wird es zwangsläufig immer wichtiger, auch über die Grenzen des eigenen Fachgebiets hinaus zu kooperieren. Die Jülicher Forscher verschiedener Disziplinen nutzen schon längst gemeinsam experimentelle Methoden wie etwa die höchstauflösende Elektronenmikroskopie und die Röntgen- und Neutronenstrukturanalyse. Interdisziplinäre Forschung wird in Zukunft vor allem da an Bedeutung gewinnen, wo die Fragestellung die jeweils betroffenen Disziplinen gleichermaßen berührt.

Die vielfältigen, oft selbst entwickelten Methoden und die leistungsfähige Infrastruktur des Forschungszentrums bilden eine einzigartige Basis, um den zunehmend komplexeren Fragestellungen in allen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereichen nachzugehen: So ist das „Jülich Centre for Neutron Science“ (JCNS) eines der wesentlichen Elemente der deutschen Neutronenforschungsinfrastruktur und betreibt acht ständige Experimentiereinrichtungen an der neuen Neutronenquelle FRM-2, darunter das höchstauflösende Neutronenspin-echospektrometer, die Neutronenkleinwinkelstreuung und Reflektometer. Jülicher Forschergruppen sind auch erfahren darin, Synchrotronstrahlen zu nutzen und dabei neue Verfahren zu entwickeln. Sie betreiben modernste Instrumente an Synchrotrons bei DELTA (Dortmund) und BESSY (Berlin) sowie bei DORIS (Hamburg) und APS (Argonne, USA). Diese Experimentier-Einrichtungen werden auch einer großen Zahl externer Nutzer zur Verfügung gestellt.

Das „Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen“ arbeitet als nationale Einrichtung in enger Kooperation mit der RWTH Aachen und stellt Nutzergruppen von Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industrie Instrumente mit weltweit höchster Auflösung zur Verfügung. Diese Transmissionselektronenmikroskope sind aus eigener Entwicklung hervorgegangen und haben inzwischen die einschlägige Industrie revolutioniert. Im Bereich Informationstechnologie bietet Jülich mit dem „Centre for Nanoelectronic Systems“ (CNI) einen Schwerpunkt für die Forschung an zukünftigen Materialien und Vorrichtungen für die Informations- und Kommunikationstechnik.

Atomare Dimensionen und Nanometer

Während die kleinsten sichtbaren Gegenstände in unserem Alltag einige Zehntel Millimeter messen, ist für Materialforscher wichtig, was sich in der Welt der Millionstel Millimeter (Nanometer) abspielt. Denn als kleinste chemisch nicht teilbare Bausteine der Materie haben Atome einen Durchmesser, der meist zwischen 0,1 und 0,5 Nanometern liegt. Wissenschaftler können inzwischen mit einzelnen Atomen hantieren, um größere Strukturen aufzubauen.

Atomic dimensions and nanometres

Whereas the smallest visible objects in our everyday world have dimensions on the scale of a few tenths of a millimetre, the processes that are important for materials researchers take place on the scale of millionths of a millimetre (nanometres). Atoms, after all, the smallest chemically indivisible constituents of matter, usually have diameters of between 0.1 and 0.5 nanometres. Scientists can now manipulate individual atoms and build larger structures with them.

the bounds of one's own field. Jülich researchers in various disciplines have long been using shared experimental methods, such as high-resolution electron microscopy and x-ray and neutron structure analysis. In the future, interdisciplinary research will become especially important in areas where the problem being addressed touches on all disciplines involved in equal measure.

The many types of methods, often developed in-house, and the efficient infrastructure of the Research Centre form a unique basis for looking into the increasingly complex problems and issues in all fields of science and engineering. In fact, the "Jülich Centre for Neutron Science" (JCNS) is one of the essential elements in the German neutron research infrastructure and operates eight permanent experimental facilities at the new FRM-2 neutron source, among them the ultra-high-resolution neutron spin-echo spectrometer, the neutron small-angle scattering instrument and a reflectometer. Jülich research groups are also experienced in the use and development of new methods involving synchrotron radiation. They operate state-of-the-art instruments at the synchrotrons at DELTA (Dortmund), BESSY (Berlin), DORIS (Hamburg) and APS (Argonne, USA). These experimental facilities are also made available to a large number of external users.

The "Ernst Ruska Centre for Microscopy and Spectroscopy with Electrons" works as a national facility in close cooperation with RWTH Aachen University and makes instruments with the highest resolution in the world available to groups of users from universities, research institutes and industry. These transmission electron microscopes were developed here in Jülich and have now revolutionised the industry. In the field of information technology, the "Centre for Nanoelectronic Systems" (CNI) at Jülich offers a prime focus for research into future materials and devices for information and communications technology.

Crystal growth, preparation and characterisation constitute an indispensable prerequisite for the development of new materials and material systems. Jülich operates one of the very few monocrystal growth and preparation facilities in Germany with an excellent track record. In addition, fully equipped chemistry laboratories for the synthesis of polymers and colloids have been set up at the Research Centre. In Jülich, there are also specialised laboratories for experiments with biomaterials.

The theory groups at the Institute for Solid State Research in Jülich have developed a comprehensive arsenal of analytical and numerical methods for handling practically all types of technical and scientific problems, from quantum-mechanical "ab initio" methods to hydrodynam-

Kristallzucht, Präparation und Charakterisierung sind für die Entwicklung zukünftiger neuartiger Materialien und Materialsysteme eine unabdingbare Voraussetzung. Jülich betreibt mit großem Erfolg eine der ganz wenigen Einkristallzucht- und Präparationseinrichtungen in Deutschland. Außerdem sind am Forschungszentrum voll ausgerüstete Chemie-Labore für die Synthese von Polymeren und Kolloiden aufgebaut worden. In Jülich existieren daneben auch spezialisierte Laboratorien für Experimente mit Biomaterialien.

Die Theorie-Gruppen des Instituts für Festkörperforschung in Jülich haben ein umfassendes Arsenal von analytischen und numerischen Verfahren zur Behandlung praktisch aller Arten naturwissenschaftlich-technischer Probleme entwickelt, von quantenmechanischen „ab-initio“-Methoden bis hin zu hydrodynamischen Simulationstechniken. Die hocheffizienten Verfahren werden gemeinsam mit den Mathematikern und Informatikern des John von Neumann-Instituts für Computing (NIC) in Jülich weiter vorangetrieben.

Der weiteren Stärkung der Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Disziplinen dienen die Campusgruppen „Modellierung“ und „Materialien“, die sich im Aufbau befinden. Die dort bei Bedarf zusammenkommenden Wissenschaftler unterstehen dabei weiterhin ihren Instituten und sind in deren Forschung eingebunden, sie werden also nicht zentral zusammengezogen. Diese Konstruktion hilft sicherzustellen, dass die verfolgten Projekte jeweils mit den Kernaufgaben der beteiligten Forschungsbereiche verknüpft sind und dass sich Neuentwicklungen an den Grenzen der Forschungsbereiche schnell aufgreifen lassen.

Über das JCNS, das CNI und das Ernst Ruska-Centrum bestehen enge Allianzen mit externen Forschergruppen im In- und Ausland. Außerdem spielen die Jülicher Forscher in den EU-Netzwerken „Soft Matter Composites“ und „Complex Metallic Alloys“ sowie im Programm „Towards Atomistic Material Design“ der European Science Foundation eine führende Rolle. Wesentlich beteiligt ist das Forschungszentrum auch an den virtuellen Instituten für Spinelektronik und für funktionale Molekülsysteme sowie an acht Schwerpunktprogrammen und Sonderforschungsbereichen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

Neutronen- und Synchrotronstrahlung

Neutronen sind Kernteilchen, die tief in die Materie eindringen können. Wie Billardkugeln stoßen sie dort mit den Atomkernen zusammen und werden in unterschiedliche Richtungen abgelenkt. Aus den resultierenden Streubildern lassen sich Informationen über die Struktur und die Bewegung der Atome im untersuchten Material gewinnen. Synchrotronstrahlen gehören wie das Licht zur elektromagnetischen Strahlung. Sie werden von der Elektronenhülle der Atome gestreut. Detektoren können diese Wechselwirkung messen. Die erhaltenen Daten geben Auskunft über die elektronischen Eigenschaften eines Stoffes.

Neutron and synchrotron radiation

Neutrons are nuclear particles that can penetrate deep into matter. Like billiard balls, they collide with the atomic nuclei there and are deflected in various directions. From the scattering patterns that result, information can be gained about the structure and the movement of the atoms in the material studied. Like light, synchrotron radiation is a form of electromagnetic radiation. It is scattered by the electron shells of atoms. Detectors can measure this interaction. The data obtained in this way provide information about the electronic properties of a substance.

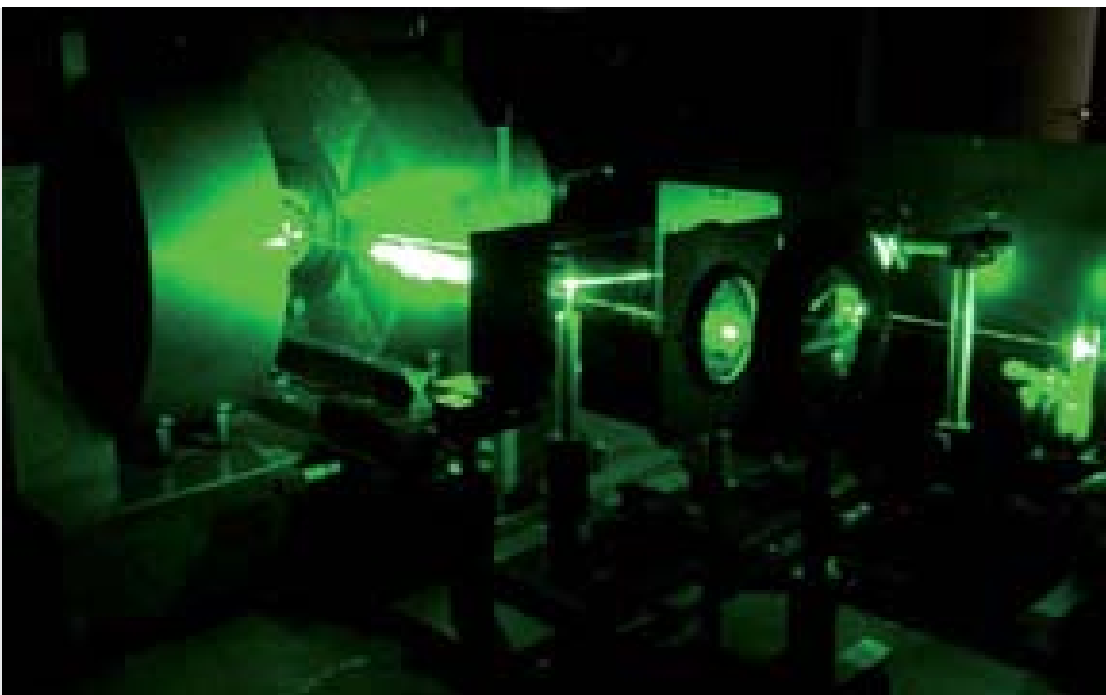
Modernste Messinstrumente nehmen neue Werkstoffe unter die Lupe. Mit dem Laser können magnetische Oberflächen charakterisiert werden.

State-of-the-art measuring instruments scrutinise new materials. Magnetic surfaces can be characterised by a laser.

ic simulation techniques. The highly efficient processes are being developed further together with the mathematicians and computer scientists at the John von Neumann Institute for Computing (NIC) in Jülich.

The campus groups “Modelling” and “Materials”, currently in the process of being established, will further strengthen collaboration between the various disciplines. The scientists who join these groups as required remain members of their respective institutes and are involved in the institute’s research; they do not form permanent centralised groups. This arrangement helps ensure that the projects pursued are in each case linked with the central tasks of the participating research areas, and that new developments on the boundaries of the research areas can be addressed quickly.

Through the JCNS, the CNI and the Ernst Ruska Centre, close alliances are maintained with external research groups in Germany and abroad. In addition, Jülich researchers play a leading role in the EU networks “Soft Matter Composites” and “Complex Metallic Alloys”, and in the programme of the European Science Foundation “Towards Atomistic Material Design”. The Research Centre also plays a major role in the “virtual institutes” for spin electronics and for functional molecular systems, as well as in eight priority programmes and collaborative research programmes of the Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Foundation).



Physik@Jülich: Erik Koch tastet in Computerexperimenten nach neuen Materialien

Erik Koch ist ein Mann zwischen den Welten. Zumindest zwischen denen der Physik. Die teilt ihre Protagonisten traditionell in Theoretiker und Experimentatoren ein. Koch passt in keine der beiden Schubladen. Oder aber in beide. „Theorie I“ steht an der Tür seines Büros im Jülicher Institut für Festkörperforschung. Dahinter liegt eine dieser typischen Denkerstuben: ausladender Schreibtisch, zwei Computer, Bücherregale. An der Wand hängt eine Tafel, voll geschrieben mit Operatoren, Quantenzuständen und anderen kryptischen Formeln.

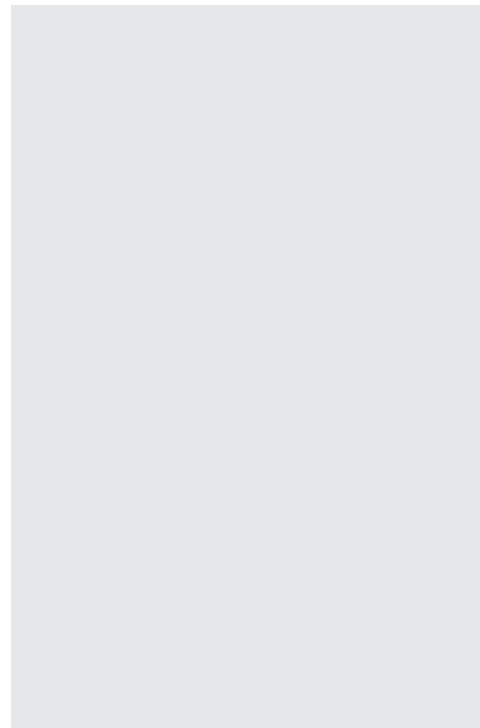
Doch das Klischee täuscht. Koch ist zugleich ein Mann des Experiments. Er kann auf eine der leistungsfähigsten Versuchsanlagen Europas zurückgreifen: einen Superrechner namens JUBL, kurz für „Jülicher Blue Gene/L“. Das Elektronenhirn, vier windschiefe Schränke voll gepackt mit Rechenpower, steht in einer klimatisierten Maschinenhalle – fünf Gehminuten von der Denkerstube entfernt.

„Der Computer“, sagt Koch, „ist unser Labor. Was wir machen, sind Computerexperimente.“

„Computational Physics“ nennt sich die noch junge Disziplin, die eine Brücke zwischen Theorie und Experimentalphysik schlägt. Und Koch ist einer ihrer Architekten. Vorbei sind die Zeiten der klassisch-theoretischen Physik, die die gesamte Welt in Formeln packen und mit Hilfe der Mathematik analytisch lösen wollte. Was auf diese Weise berechnet werden konnte, ist durchgerechnet worden. Was übrig geblieben ist, ist so komplex oder so neu, dass Mensch und Mathematik daran scheitern. Es sei denn, sie haben einen Geistesblitz und schütteln eine Gleichung aus dem Handgelenk. „Dafür gibt es dann den Nobelpreis“, sagt Koch. „Garantiert.“

Computer haben solche Zufallstreffer nicht nötig. Sie haben Geduld: Durch Simulation können Rechner selbst unlösbare Probleme knacken – zumal die Maschinen immer schneller, die Algorithmen immer besser werden. „Das ist wie der Treck nach Westen“, sagt Koch. „Man ist an einer Grenze, und die bewegt sich immer weiter.“ Physikalische Probleme, die der Forscher in seiner Doktorarbeit vor elf Jahren noch aufwändig berechnen musste, lassen sich mittlerweile mit dem Laptop lösen. „Ein heißes Gebiet“, sagt Koch.

Die interessantesten Fragestellungen stammen dabei ausgerechnet aus dem realen Experiment, aus Versuchen, die – etwa bei der Synthese neuer Materialien – mitunter an Alchimie erinnern. Koch führt gerne das Beispiel eines Katalysators an: „Um den zu optimieren, ändert der



Physics@Jülich: Erik Koch Seeking New Materials in Computer Experiments

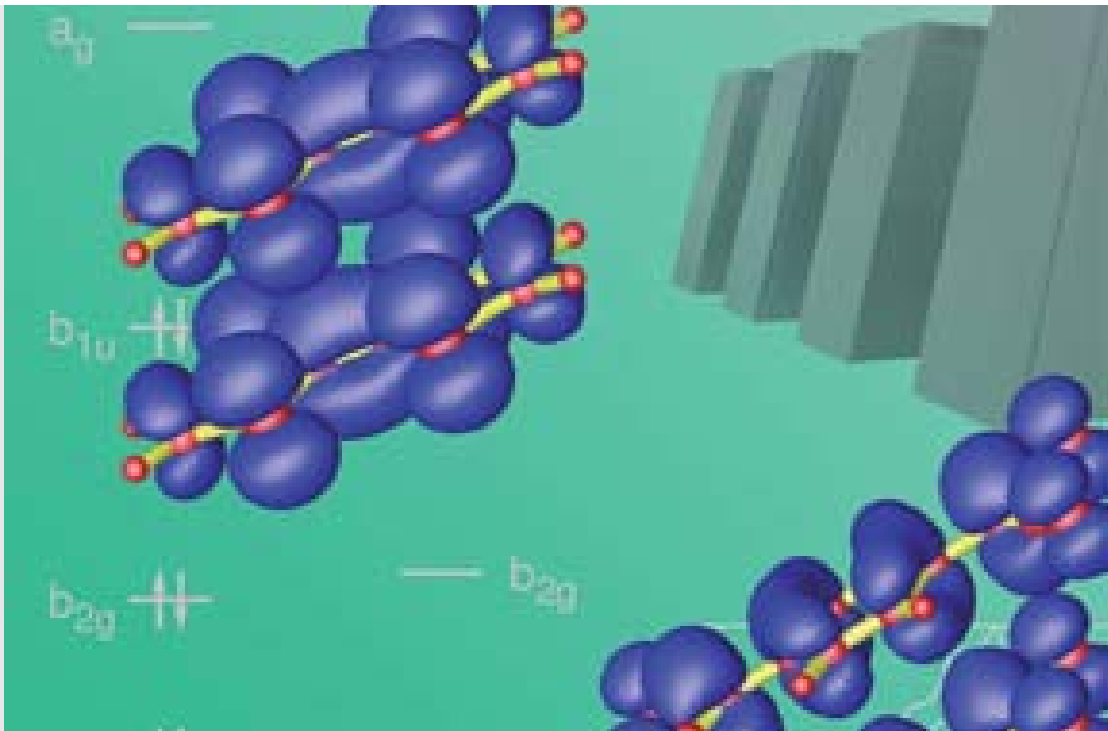
Erik Koch is a man between two worlds. At least as far as physics is concerned, which divides its protagonists into theoreticians and experimenters. Koch doesn't fit into either of these pigeonholes. Or perhaps into both. "Theory I" is written on his office door at the Jülich Institute for Solid State Research. Behind it lies the sort of room you would expect of a thinker: an expansive desk, two computers, bookshelves. On the wall a blackboard full of operators, references to quantum states and other cryptic formulae.

„Computational Physics“ schlägt eine Brücke zwischen Theorie und Experimentalphysik.

Computational physics builds a bridge between theoretical and experimental physics.

But the cliché is deceptive. Koch is also man of experiment. He has access to one of the most powerful pieces of experimental equipment in Europe: a supercomputer known as JUBL, short for "Jülich Blue Gene/L". This electronic brain, four sideways-leaning cabinets packed with computing power, is located in an air-conditioned machine room – five minutes away from the thinker's lair.

“The computer”, says Koch, “is our lab. Computer experiments are what we do.”



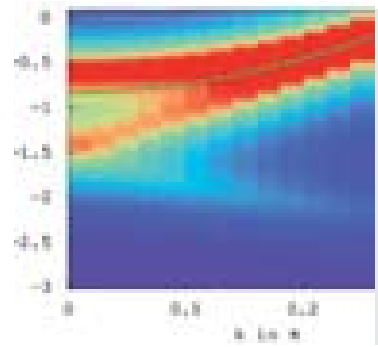
"Computational Physics" is the name of this emerging discipline which builds a bridge between theory and experimental physics. And Koch is one of its architects. Gone are the days of classical theoretical physics, which tried to fit the whole world into formulae to be solved analytically with the help of mathematics. What could be calculated in this way has already been calculated and

Experimentator das Rezept, probiert neue Ingredienzien aus, und der Katalysator wird entweder besser oder auch nicht.“ Computerphysiker drehen zwar ebenfalls – wie ein Experimentator – fortwährend an den Parametern ihrer Programme. Kommt zum Schluss das optimale Ergebnis heraus, wissen sie – anders als die experimentierenden Kollegen – aber auch warum: „Mit Hilfe des Programms kann ich mir Größen anschauen, die experimentell unzugänglich sind“, sagt Koch. Zum Beispiel, wie sich chemische Bindungen verändern oder warum sie brechen. „Erst wenn ich verstehe, wie etwas funktioniert, kann ich es auch gezielt optimieren.“

So wie auf dem Gebiet der stark korrelierten Elektronen, Kochs eigentlichem Forschungsschwerpunkt. Wenn der 40-Jährige von seiner Arbeit erzählt, fallen unweigerlich Begriffe wie „exotisch“ und „kurios“, „kompliziert“ und manchmal sogar „verrückt“. Schon seit den 60er-Jahren verzweifeln Theoretiker an den skurrilen Festkörpern, in denen sich Elektronen nicht mehr wie Elektronen verhalten, weil sich etwa deren grundlegende Eigenschaften – die Ladung und der Drehimpuls – voneinander trennen. Alle Versuche, die Phänomene in lösbare Gleichungen zu packen, lieferten höchstens die wesentlichen Züge, nie das komplette Bild. // Die quantitative Beschreibung realer Materialien ist heute für jemand, der auf althergebrachte Weise Ergebnisse produzieren will, uninteressant – weil er chancenlos ist //, sagt Koch.

Dabei zeichnen sich gerade jetzt mögliche Anwendungen der starken Korrelation ab: Manganoxide zum Beispiel, deren Widerstand sich infolge eines externen Magnetfelds stark ändert. Mit den Stoffen, die ebenfalls im Jülicher Institut erforscht werden, könnte die Speicherdichte von Festplatten enorm gesteigert werden. Noch tritt der interessante Effekt allerdings unterhalb der Raumtemperatur auf. „Als Experimentator könnte ich jetzt ähnlich wie beim Katalysator verschiedene Ansätze ausprobieren, um die Wirkung zu verbessern“, sagt Koch. „Oder ich gehe hin und versuche, den Effekt mit Hilfe des Computers zu verstehen.“

Doch selbst Superrechner können die Festkörper nicht bis ins kleinste Detail erfassen. Um beispielsweise ein einzelnes Eisenatom mit seinen 26 Elektronen komplett im Rechner abzubilden, wären allein für den Speicher mehr Atome nötig, als es in unserer Milchstraße gibt – ein fundamentales Problem aller quantenmechanischen Vielteilchenrechnungen. Deshalb müssen Koch und seine Kollegen die Grundgleichungen der Physik von Anfang an vereinfachen. Bei der Suche nach der passenden Näherung hilft nur physikalisches Verständnis – ein „Vorurteil“, wie Koch die richtige Mischung Geist und

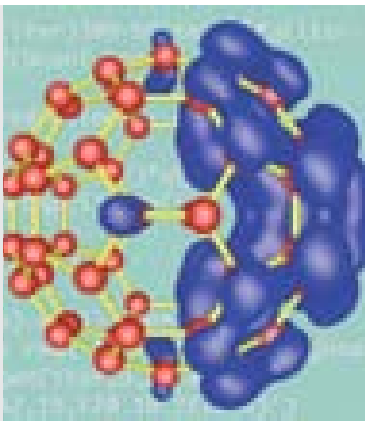


Virtuelle Daten aus dem Rechner ergänzen reale Messungen, etwa das Spektrum eines organischen Leiters.
Virtual data from computers supplement real measurements, for example the spectrum of an organic conductor.

recalculated. What remains is so complex, so new that neither man nor mathematics can crack it. Unless in a sudden flash of inspiration, they can pull an equation out of the hat. "That's then worth a Nobel Prize", says Koch. "Guaranteed."

Computers don't need flukes like this. They have patience. Using simulations, computers can crack even supposedly insoluble problems – especially since the machines are getting faster and faster, the algorithms better and better. "It's like the trek westward", says Koch. "You're at a frontier, and it continues to move." Physics problems that the researcher had to laboriously calculate in his doctoral thesis only eleven years ago can now be solved on a laptop. "The field is hot", says Koch.

The most interesting problems here come from actual experiments; experiments which – as in the case of the synthesis of new materials – are sometimes reminiscent of alchemy. Koch likes to give the example of a catalyst: "In order to optimise a catalyst, the experimenter changes the formula, tries out new ingredients, and it either improves or it doesn't." Computer physicists are also constantly changing the parameters of their programs – not unlike those performing actual experiments. When they end up with an ideal result, however, they also know why – unlike their experimenting colleagues. "Using the computer program, I can have a look at things that are inaccessible experimentally", says Koch. For instance, how chemical bonds change or why they break. "Only when I understand how something works I can optimise it in a rational way."



In Simulationen lassen sich die Elektronenwolken (blau) eines Balls aus Kohlenstoffatomen (rot) genau untersuchen.

In simulations, electron clouds (blue) around a ball of carbon atoms (red) can be precisely examined.

This is true in the field of strongly correlated electrons, the focus of Koch's research. When the 40-year-old talks about his work, words like "exotic", "strange", "complicated", and sometimes even "crazy" inevitably crop up. Since the 1960s, theoreticians have despaired at those bizarre solids in which electrons no longer behave like electrons because, for example, their fundamental properties – the charge and angular momentum – fall apart. All attempts to summarise the phenomena in equations that could be solved provided at most the essential features, never the complete picture. ■■ Today, the quantitative description of real materials is of no interest to anyone who wants to produce results in the traditional way – because it's hopeless ■■, says Koch.

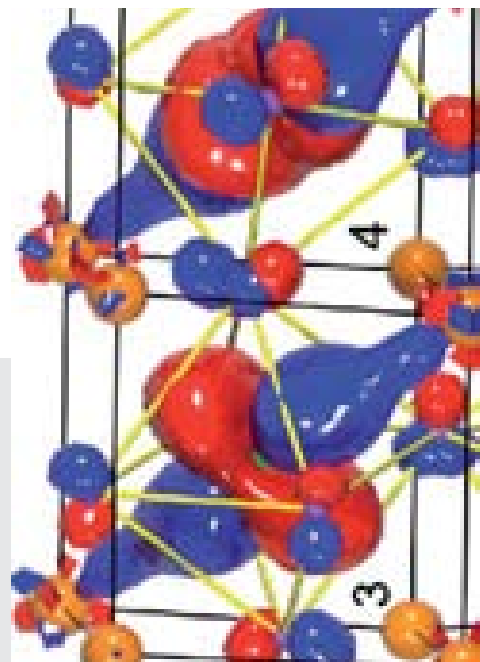
Yet this is precisely where possible applications of strong correlations begin to emerge: for example, manganese oxides, whose resistance changes dramatically as a result of an external magnetic field. With the materials that are also being explored at the Jülich institute, the storage density of hard discs could be enormously increased.

Gespür nennt. Anschließend gilt es, das Modell in einen passenden Algorithmus zu packen, so dass JUBL das Problem simulieren kann.

„Das Schwierigste an der ganzen Geschichte ist die Kombination von Modell und Simulation“, sagt Koch. Beides, die Reduktion physikalischer Probleme und die Simulation im Rechner, hat eine lange Tradition. Und beides war bislang strikt getrennt. Es gab unterschiedliche Sprachen, eine unterschiedliche Kultur. „Die unter einen Hut zu bringen, das ist die große Herausforderung“, erklärt der Physiker. Denn nur gemeinsam lassen sich Genauigkeit und Verlässlichkeit der Rechnungen vorantreiben – unablässig für aussagekräftige Ergebnisse. „Es geht schließlich nicht nur darum, etwas qualitativ zu verstehen, sondern verlässliche Vorhersagen zu machen“, sagt Koch. Noch ist die Vorhersagekraft der Kalkulationen allerdings beschränkt. Mit seinen Berechnungen treibt Koch die Supercomputer ein ums andere Mal an ihre Grenzen. „Wir sind gerade an der Schwelle, realistische Rechnungen machen zu können“, sagt der Physiker. // Dank schnellerer Rechner verspreche ich mir von den nächsten Jahren den Durchbruch. // Noch ist das Theorie. Aber der Brückenschlag zwischen Theorie und Praxis war Koch ja noch nie fremd.

Alexander Stirn,
Wissenschaftsredakteur, Süddeutsche Zeitung

Wie Elektronen sich in einem Kristall verteilen, bestimmt die Eigenschaften des Materials.



However, the interesting effect still only occurs below room temperature. "As an experimenter, I could now try out various methods of improving the effect, just as for the catalyst", explains Koch. "Or I can go away and try to understand the effect with the help of the computer."

But not even supercomputers can identify every last detail in the solid. In order to represent a single iron atom with its 26 electrons on a computer, for example, the memory alone would need more atoms than there are in the Milky Way – a fundamental problem for all quantum-mechanical calculations involving many particles. This is why Koch and his colleagues need to simplify the basic physics equations right from the start. Only a physical understanding can help in the search for a suitable approximation – a "preconception", as Koch calls the right mix of intellect and intuition. Then it's a question of converting the model into an appropriate algorithm so that JUBL can simulate the problem.

"The most difficult part of the whole process is combining model-building with simulation", says Koch. Both aspects, the reduction of physics problems and the simulation on the computer, have a long tradition. And both have been kept totally separate up until now. Different languages and different cultures existed. "Reconciling the two, that's the major challenge", explains the physicist. Only when combined can the accuracy and reliability of the calculations be improved – prerequisite for useful results. "After all, it's not just a matter of understanding something in qualitative terms but rather of making reliable predictions", says Koch. At the moment, however, the predictive power of the calculations is still limited. With his computations, Koch pushes the supercomputers to their limits time and time again. "We're now on the verge of being able to make realistic calculations", says the physicist. **■ ■** Thanks to faster computers, I'm hoping for a breakthrough in the next few years. **■ ■** This is still theory. But bridging the gap between theory and practice has never been something that Koch has shied away from.

Alexander Stirn,
Science Editor, Süddeutsche Zeitung

How electrons distribute themselves in a crystal is determined by the properties of the material.

