



Spinnenseide, extrem stabil und elastisch zugleich, ist Vorbild für moderne Hightechfasern.

Spuren in die Zukunft – Bionik an der TUM:

Das TUM Leonardo da Vinci-Zentrum für Bionik nimmt die Arbeit auf*

* Rede des TUM-Präsidenten, Prof. Wolfgang A. Herrmann, anlässlich der Preisverleihung zum »Ideenwettbewerb Bionik« des TUM Leonardo da Vinci-Zentrum für Bionik



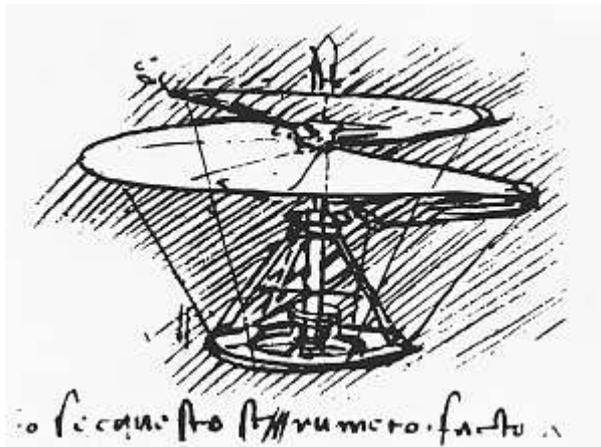
TUM Leonardo da Vinci-Zentrum für Bionik



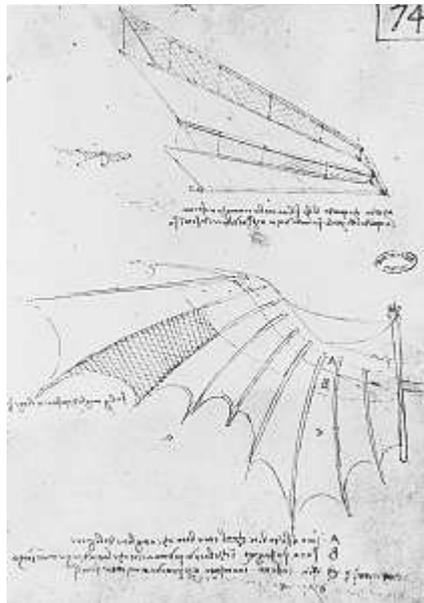
Leonardo da Vinci
Quelle: Deutsches Museum

»Kein größerer Maler hat je gelebt als Leonardo da Vinci; und dieser große Maler war, wie Albrecht Dürer und noch mehr als dieser, ein hervorragender Mathematiker und Mechaniker. Zugleich war er – wie wir täglich mehr einsehen lernen – ein fast allumfassender Geist, ein »Durchschauer« von allem, was sein Auge erblickte, ein Erfinder so unerschöpflich, wie die Welt vielleicht nie einen zweiten gesehen, ein tiefer, kühner Denker.« (Zitat unbekannter Herkunft)

Leonardo da Vinci (1452 bis 1519) ist der Inbegriff des Universalgelehrten, wie ihm an Statur nur wenige folgten. Der Philosoph Jürgen Mittelstraß spricht heute von der »Leonardo-Welt«, wenn er die Technik im Kontext einer umfassenden Bildungskultur beschreibt. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 bis 1716) gilt als letzter Universalgelehrter, ebenfalls mit großer Reichweite in die Neuzeit hinein.



Luftschraube (Hubschrauber) von Leonardo da Vinci; Zeichnung, um 1500
Quelle: Deutsches Museum



Flügel zu einem Flugapparat; Handskizze von Leonardo da Vinci, um 1500
Quelle: Deutsches Museum

Leonardo da Vinci war Künstler und Wissenschaftler zugleich, und so trifft er auch den Gründungsauftrag unserer Universität: *Scientiis et Artibus* – den Wissenschaften und den Künsten. Leonardo schuf Werke in der Malerei und Bildhauerei. Seine wissenschaftliche Tätigkeit brachte neue Erkenntnisse für die Architektur, Anatomie, Philosophie, Mathematik und Astronomie. Darüber hinaus ist er mit seinen zahlreichen bahnbrechenden Erfindungen ein Wegbereiter der Ingenieurkünste. Neben seinen berühmten Gemälden und Zeichnungen wie der Mona Lisa, dem Abendmahl oder der Proportionsstudie des vitruvianischen Menschen – die zum Beispiel auf der italienischen Ein-Euro-Münze eingeprägt ist – erfand und konstruierte er eine Vielzahl von Flugmaschinen, Schiffen, Kanalbauten, Brücken und militärischen Geräten.



Gottfried Wilhelm Leibniz
Quelle: Deutsches Museum

Leonardo wird häufig als Pionier der Bionik bezeichnet: Er beobachtete den Flug von Vögeln, um daraus Erkenntnisse für die Konstruktion seiner Flugmaschinen zu gewinnen.

Gleitflug von Otto Lilienthal vom Fliegeberg mit dem Normal-Segelapparat, 29.6.1895

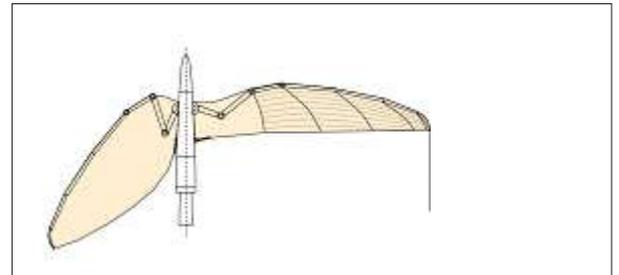
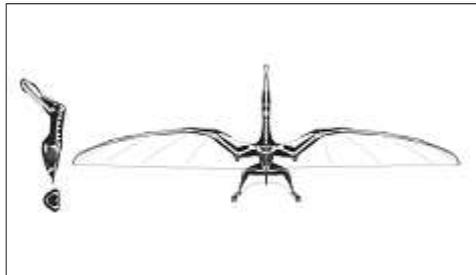


Quelle: Deutsches Museum



Die autonome Laufmaschine Johnnie, entwickelt am Lehrstuhl für Angewandte Mechanik der TUM

Foto: Lehrstuhl AM

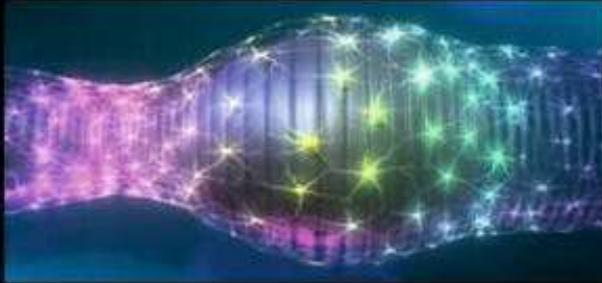


Die biologisch motivierte Entwicklung und Analyse eines formadaptiven Membran-Nurflüglers ist ein Projekt der TUM-Lehrstühle für Aerodynamik und für Numerische Mechanik.

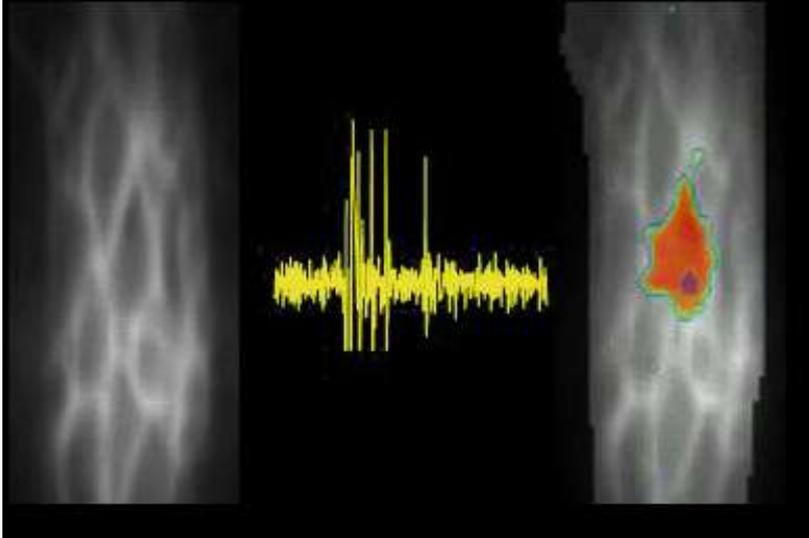
nen. Mit diesen Flugmaschinen war er seiner Zeit weit voraus. Aber auch er scheiterte zunächst, als er das Schwingenschlagen der Vögel und Fledermäuse technisch umzusetzen versuchte. Dies lag nicht nur an der komplexen Organomechanik der Tierflüge, die Auf- und Vortrieb in einer einzigen Bewegung verbinden, sondern auch am viel zu schwachen menschlichen Brustmuskel im Verhältnis zum Körpergewicht. Beim leicht gebauten Vogel macht allein die Flugmuskulatur bis zur Hälfte des Körpergewichts aus. Bei heutigen Nachbauten zeigt es sich, dass Leonardos Geräte tatsächlich überwiegend flugtauglich sind. So kann der von ihm erfundene Drehflügler als Urform des erst über 400 Jahre später entwickelten Hubschraubers gesehen werden.

Konsequenter als Leonardo war Otto Lilienthal (1848 bis 1896), der schon auf die Methoden der modernen Naturwissenschaften zurückgreifen konnte. Er ist ein Ingenieur der technischen Ära und leitet eine Maschinen- und Dampfkesselfabrik. Aber auch er ist künstlerisch veranlagt. Als trainierter, vielseitiger Sportler träumte er vom Flugsport als einem alle Grenzen überwindenden





Deformation induzierte nervale Aktivität



Ziel des Projekts »Mechanosensitivity in the gut: wide dynamic range sensors« ist die Entschlüsselung der nervalen Kodierung mechanischer Reize im Darm als Grundlage für die Entwicklung innovativer »Pacing-Implantate« zur Therapie sensorischer Funktionsstörungen. Beteiligt sind der Lehrstuhl für Humanbiologie der TUM und das Center of Excellence Visceral Biomechanics and Pain der Universität Aalborg, Dänemark.

Wegbereiter des Friedens. 150 Jahre später entwickeln Ingenieure nach dem Vorbild der Haifischhaut eine Beschichtungsfolie, die mittelfristig eine deutliche Reduzierung der Wandreibung bei Flugzeugen ermöglichen wird. Auch wenn es noch ungeklärte technische Fragen mit der neuen Rillenfolie gibt (Beklebung, Haltbarkeit), so lehrt dieses Beispiel, dass mit der Naturbeobachtung der technische Fortschritt beginnt. Bereits Konstruktionsalltag neuer Düsenjets sind die »Winglets«, die den steil aufgespreizten Flügelenden des Weißkopfsseeadlers abgeschaut sind. Die Winglets leisten erhebliche Vorteile für die Flugdynamik, sie stabilisieren bei Turbulenzen.

Die Technikbeispiele am Vorbild der Natur sind zahllos. Immer wieder stellt man fest, dass die biologische Evolution Methoden benutzt, die mathematischen Optimierungsverfahren immer noch weit überlegen sind. Für ihre optimierten Systeme hat die Natur Jahrtausende Testläufe Zeit gehabt. Wir Ingenieure und Naturwissenschaftler können uns scheinbar eine Intelligenz nutzbar machen, die Pflanzen und Lebewesen evolutionär geschaffen haben. Es ist die Intelligenz der Schöpfung, die den aufmerksamen Naturbeobachter in Staunen versetzt und zur Nachahmung anregt. Vergleichsweise primitiv wirken da die technischen und organisatorischen Errungenschaften des Homo sapiens im Vergleich zur Armada lebender Systeme. Naturwissenschaftler und Techniker, Mediziner, Architekten, ja sogar Manager haben begonnen, auf bewährte biologische Systeme als Vorbilder zurückzugreifen. Wir beginnen zu verstehen, dass die industrielle und technische Revolution seit der Aufklärung den Blick in die Natur als Lehrmeisterin für künftige Technologien neu öffnet.



Foto: DLR

Kognitive Fähigkeiten in technischen Systemen zu realisieren, stellt große Anforderungen an die Wissenschaftler.

Es ist nämlich gerade die Komplexität fortgeschrittener technischer Systeme, mit der die Natur ihre stärksten Trümpfe ausspielt. Möglicherweise werden wir die Genialität biologischer Systeme und Organisationsprinzipien bald mehr bewundern als alle Innovationen der menschlichen Technik. Der Dienst an den kommenden Generationen kann sich freilich nicht in der Faszination der Naturbeobachtung erschöpfen, er muss vielmehr die

gewonnenen Erkenntnisse Kraft des menschlichen Geistes nutzen – für neue Technik, die in der Bionik ihre Koordinaten hat.

Die Natur ist die »selbstperfektierte Studienmatrix« für das Management komplexer Systeme. Bionik heißt: biologische Systeme mit den zu Gebote stehenden Methoden der Naturwissenschaften zu erschließen und die daraus gewonnenen Erkenntnisse in artifiziellen, technischen Systemen zu nutzen. Bionik ist also eine Art »weiterführende Disziplin«, die auf Forschungen der Biologie aufbaut und bestrebt ist, diese direkt, meist aber mittelbar oder im Sinne von prinzipiellen Ideen und Konzepten in technische Artefakte umzusetzen.

Bionik ist nicht eine 1:1-Umsetzung des natürlichen Vorbilds. Deshalb braucht man jedenfalls die Ingenieurwissenschaften, aber auch die Angewandte Mathematik und die Informatik, die Biologie, Chemie, Physik und Medizin. Der interdisziplinäre und ganzheitlich systemische Ansatz der TUM, mit allen ihren Fakultäten, liefert die besten Ausgangsbedingungen für eine exzellente Bionik-Forschung. Die TUM hat alles, was das »vierblättrige Kleeblatt« unseres Fächerportfolios symbolisiert. Und wir haben starke Allianzen, über den Wissenschaftsraum München weit hinaus.

Bionische Ansätze sind ideal an einer technischen Universität zu verfolgen. Zum einen sind die Messverfahren, Instrumente und vor allem das Know-how vorhanden, um biologische Systeme bis in die Molekularstrukturen hinunter zu analysieren. Andererseits können Befunde aus diesen Untersuchungen direkt in die Entwicklung neuer Werkstoffe, Instrumente und Verfahren einfließen. Bionikrelevante Ergebnisse können aus allen Bereichen der Biologie und der Medizin gewonnen werden, von der Ökologie und Systembiologie über die Neurowissenschaften bis hin zu den mehr molekular orientierten Teilgebieten. Die Ergebnisse inspirieren grundsätzlich alle Bereiche der Technik. Entscheidend ist die Bereitschaft, über die traditionellen Grenzen der jeweiligen Fächer hinweg zu denken, zu kooperieren und Interdisziplinarität konkret zu gestalten. Bionik ist damit eine Sache des Horizonts unserer Neugier.

Der technische Fortschritt lebt aus der überdisziplinären Verschränkung. Er kennt keine Wagenburger mehr. Dazu braucht man freilich starke, disziplinär fundierte Kernkompetenzen, deren Träger allerdings den Blick für andere Denk-, Arbeits- und Methodenwelten mitbringen. Das ist letztlich nichts anderes als die Neugier am anderen, am Ungewohnten, am Nichtalltäglichen. Die



Foto: Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik

Gewohnheiten des Denkens zu überwinden, eröffnet die neuen Wege, stets als gemeinsame Wege.

Ein institutionalisiertes Beispiel im Raum München ist das »Bernstein Center for Computational Neuroscience« (BCCN-Munich), das die TUM kooperativ mit der LMU gestaltet. Am BCCN wird die theoretische, mathematische Erforschung der neuronalen Darstellung von Raum und Zeit als eine der wichtigsten Herausforderungen der neuronalen Informationsverarbeitung vorangetrieben. Unser Physikkollege Professor van Hemmen ist daran von Anfang an maßgeblich beteiligt.

Dem besonders qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs stehen neuerdings die Möglichkeiten der TUM International Graduate School of Science & Engineering (IGGSE) offen, ein Ergebnis der Exzellenzinitiative (2006). Professor Harald Luksch haben wir aus Aachen als »bionik-konditionierten« Wissenschaftler auf unsere beiden Zoologie-Lehrstühle nach Weihenstephan geholt. Er hilft, das ehrgeizige Konzept voranzubringen. Wir werden fortan zehn Doktorandenstipendien für Bionik-Projekte bereitstellen, um den neuen Lehr- und Forschungsschwerpunkt mit den jungen Kräften voranzubringen.

Als Präsident sehe ich es als meine Aufgabe, neue Ansätze in unserer Universität zu katalysieren. Dies setzt die Freiwilligkeit der Partner voraus, nicht zu verwechseln mit Beliebigkeit. Denn ein Katalysator kann bei aller

Die Frucht der Kapstachelbeere ist in einer Hülle mit einem Hohlvolumen »verpackt«. Das hemmt die Austrocknung und verhindert gleichzeitig eine zu hohe relative Feuchte im Inneren, die eine Schimmelbildung begünstigen würde.



Aktivität und Selektivität, wie der Fachmann sagt, nur Reaktionswege erschließen, die thermodynamisch möglich sind. Der Katalysator erniedrigt die Aktivierungsbarrieren, und das muss er ständig tun, bei jedem einzelnen Elementarakt, sonst kommt die Reaktion zum Erliegen. Wenn sich der Katalysator dabei abnutzt (»Deaktivierung«), dann geht nichts mehr. Deshalb muss es im Übrigen in Ihrem Interesse sein, dass Sie den Katalysator pfleglich behandeln!

Bionische Forschungsansätze waren in unserer Universität hier und dort vorhanden, so wie in der Medizintechnik und der »weißen Biotechnologie« auch. Nehmen Sie aktuell den erfolgreichen Exzellenzcluster »Cognition for Technical Systems« (CoTeSys). Oder nehmen Sie die Spinnenseide. Ihre Struktur haben unsere Forscher der »Eiweiß-Polymerfabrik« der Spinne abgesehen und nachgebaut. Das natürliche Material ist elastisch wie Gummi, zugfest wie Stahl. Eine gemeinsame

Firmenausgründung der TU München mit dem Erfinder ist auf dem Weg (AmSilk).

Die Idee zur Fokussierung auf die Bionik geht auf meine Anfangszeit als Präsident zurück. Das liegt bald 13 Jahre zurück. Studenten haben mich immer wieder belagert, damit ich das Thema voranbringe. In einigen Professoren, vor allem Herrn Lindemann und Herrn van Hemmen, habe ich Unterstützer gefunden. Professor Friedrich Pfeiffer, unser TUM Emeritus of Excellence, selbst ein herausragender Ingenieur, Forscher und Erfinder, hat sich angeboten, das Projekt in die Hand zu nehmen. Etwa zeitgleich, und unabhängig von unserer Initiative zur Gründung des TUM-Forschungszentrums für Bionik (2007), hat die DFG ein gleichnamiges Schwerpunktprogramm ausgerufen. Bei uns hat Professor Pfeiffer die Fäden gezogen, Überzeugungs- nicht Spinnenfäden, ebenso elastisch und zugfest aber auch. Dafür danke ich ihm. Damit erweist er unserer Univer-



Eingerahmt von Laudator Prof. Friedrich Pfeiffer (l.) und TUM-Präsident Prof. Wolfgang A. Herrmann (r.) präsentieren sich die Leiter der Projekte, mit denen das »TUM Leonardo da Vinci-Zentrum für Bionik« startet (v.l.): Prof. Wolfgang A. Wall, Dr. Uwe Siart, Prof. Veit Senner, Prof. Martin Stutzmann und Prof. Horst-Christian Langowski.

sität einen großen Dienst. Wahrscheinlich setzt er so ein weiteres Werk von bleibender Bedeutung in Gang.

An uns liegt es nun, die Idee zu verwirklichen. Am Hochschulpräsidium liegt es, die erforderlichen Ressourcen zur Verfügung zu stellen. Dieses Geld mag, wie immer im Leben, an anderer Stelle fehlen. Wir meinen aber, dass die Multiplikatorwirkung jedes einzelnen Euro viele andere, kleinteilige Aktivitäten der Universität um ein Vielfaches übertrifft. Deshalb zahlen wir.

Die ausgewählten Startprojekte haben uns so gut gefallen, dass deren Dotierung spontan von 40 000 auf 50 000 Euro erhöht wurde. Insgesamt hat die Hochschule für die Startphase zunächst 500 000 Euro disponiert. Wenn wir in Gang gekommen sind, besteht unsere feste Absicht in der Einrichtung eines Lehrstuhls für Bionik. Er soll später alle Aktivitäten in unserer Universität koordinieren, soll für die Bildung von Allianzen über die institutionellen Grenzen hinaus sorgen, und er soll am Ende dazu beitragen, dass diese Technische Universität eine veritable Größe auf dem Zukunftsgebiet der Bionik wird. Dies ist eine der Initiativen, die ich dereinst aus meiner Amtszeit als Präsident hinterlassen möchte.

Damit ist das Wesentliche gesagt, um das »TUM Leonardo da Vinci-Zentrum für Bionik« zu erklären. Wir haben es im Sommer 2007 ausgerufen und wollen es jetzt mit Leben erfüllen. Es wird sich unter der Dachmarke TUM im Wissenschaftsraum München rasch profilieren können, wenn es sich mit niveaувollen Forschungsprojekten zeigt. Diese Forschungsprojekte nutzen zunächst die vorhandenen Kompetenzen, werden aber ganz gewiss neue hervorbringen.

Wir freuen uns über die große Resonanz unserer Initiative. Der Ideenwettbewerb erbrachte 17 Projektvorschläge unter Beteiligung von gut 30 Professoren. Der wissenschaftliche Gehalt und die Vielfalt der Ansätze ist beeindruckend. Die Bandbreite quer durch die Technische Universität München lässt eindrucksvoll das vorhandene »bionische Potential« an unserer Universität aufscheinen. Wir hatten offensichtlich die richtige Idee zum richtigen Zeitpunkt.

Kriterien auf dem Weg zur heutigen Preisverleihung waren unter anderem die Wissenschaftlichkeit (wissenschaftliches Potential), die Transdisziplinarität, der Innovationswert und der Nachhaltigkeitsaspekt (lässt das Projekt weiterführende Ergebnisse erwarten und hat es das Potential für öffentlich geförderte Forschungsvorhaben?). Fachgutachter ohne Eigenbedarf haben uns bei der Bewertung geholfen; auch ihnen gilt heute mein Dank. Wichtig war nicht zuletzt, dass das finanzielle Projektvolumen einen substantiellen Beitrag zum Aufbau der Bionikforschung an der TUM leistet. Alle heute prämierten Arbeiten haben das Potential für den Ausbau zu größeren Forschungsprojekten.

Alle Dinge des Lebens fangen klein an, so auch die TUM-Bionik. Groß hingegen ist das Potential. Wer weiß, ob dereinst daraus eine eigene Leonardo da Vinci-Fakultät für Bionik wird? Oder, viel früher schon, ein forschungsgetriebener Studiengang in der kommenden Munich School of Engineering? Wagen wir uns hinein in die technische und gleichzeitig widerspruchsfreie gebildete »Leonardo-Welt«!

Die ersten Projekte des TUM Leonardo da Vinci-Zentrums für Bionik:

Implementierung von Kokontraktion und mehrgeleinkigen Muskeln in die Robotik

Prof. Veit Senner, Dr. Harald Böhm, Fachgebiet Sportgeräte und -materialien; Dr. Patrick van der Smagt, Institut für Robotik und Mechatronik des DLR; Prof. Heinz Ulbrich, Lehrstuhl für Angewandte Mechanik; Prof. Udo Lindemann, Lehrstuhl für Produktentwicklung

Flexible Hart-Weich-Übergänge in Natur und Technik

Prof. Reiner Gradinger, PD Dr. Rainer Burgkart, Lehrstuhl für Orthopädie und Unfallchirurgie; Prof. Hartmut Hoffmann, Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen; Prof. Udo Lindemann, Lehrstuhl für Produktentwicklung; Prof. Kristina Shea, Fachgebiet Anwendungen der virtuellen Produktentwicklung; Prof. Wolfgang A. Wall, Lehrstuhl für Numerische Mechanik

Pflanzliche Membranen als Vorbilder für aktive, hochfunktionale Verpackungen für frische Lebensmittel

Prof. Horst-Christian Langowski, Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik; Prof. Klaus J. Lenzian, Lehrstuhl für Botanik

Künstliches Facettenauge

Prof. Peter Russer, Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik; Prof. Vasilis Ntziachristos, Institut für Biologische Bildgebung; Prof. Klaus Diepold, Lehrstuhl für Datenverarbeitung; Dr. Uwe Siart, Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik

Bionische Solarzellen

Dr. Gerhard Hartwich, frizbiochem GmbH, Neuried; Prof. Martin Stutzmann, Walter Schottky Institut; Prof. Philipp Scherer, Prof. Sighart Fischer, Lehrstuhl für Theoretische Physik II (T38)