

| GEO Magazin 06/05 - Die fabelhafte Welt der Forscher |

» Artikel drucken



TEXT VON JENS SCHRÖDER

## Max-Planck-Institute: An den Grenzen des Wissens

Forschungsprojekte an den Grenzen des menschlichen Wissens voranzutreiben - das ist die Bestimmung der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V., der wohl elitärsten und erfolgreichsten aller deutschen Forschungsorganisationen - und der mit Abstand vernehmlichsten deutschen Stimme in der weltweiten Avantgarde der Erkenntnis.

### Gefördert wird pure Neugier

In 80 Instituten fahnden 12 000 Mitarbeiter gemeinsam mit 8000 Doktoranden und Gastwissenschaftlern nach Einsichten der fundamentalsten Art. Erforschen etwa die Fusion von Atomkernen oder die Haftkraft von Fliegenfüßen, analysieren menschliche Hirne, pflanzliche Uhren und atmosphärischen Aerosoltransport. Geleitet werden sie von 265 Direktoren, jeder eine internationale Spitzenkraft, die über ein Gesamtbudget von 1,3 Milliarden Euro pro Jahr verfügen. Es ist fast vollständig aus Steuergeldern von Bund und Ländern finanziert, aber die Direktoren können es weitgehend frei von politischen Vorgaben verwenden. Getrieben, das ist das Max-Planck-Prinzip, von der Neugier auf tiefe Einsichten in das Wesen der Dinge - und nicht etwa vom Wunsch nach patenten Lösungen für aktuelle Probleme.

### Misserfolge gehören zum Prinzip

Denn wer als Forscher "nicht über den engen Horizont der Verwertbarkeit seiner Ergebnisse hinausschaut", so erklärt es der Präsident der Gesellschaft, der Biologe Peter Gruss, "dem entgeht womöglich die zündende Idee". Es sei deshalb gerade das Prinzip der Grundlagenforscher, sich auf unbekanntes Territorium zu begeben. Im Wissen, dass der praktische Nutzen ihrer Erkenntnisse nicht vorhersehbar sei. Und dass der Erfolg, wenn er sich denn einstelle, fast immer mit der Mühsal von Versuch und Irrtum, mit dem Risiko des Scheiterns erkaufte sei.



© Stephan Elleringmann

Am MPI für Plasmaphysik in Greifswald testen die Forscher die Kernfusion als Energiequelle - und bauen ein verschlungenes Metallgefäß, in dem sie die Vorgänge im Inneren der Sonne simulieren wollen

### Viele Erfindungen geschehen zufällig

Ohne Visionen macht der Fortschritt nur kleine Schritte. Keinen einzigen Satelliten hätte die Menschheit bis heute in den Orbit schießen können, wenn sich nicht vor 200 Jahren Grundlagenforscher auf die Suche nach dem absoluten Temperaturnullpunkt begeben hätten. Dabei entdeckten sie, wie sich Gase verflüssigen lassen - und legten so die Basis für die Herstellung von Raketentreibstoff. Kein Mobiltelefon, kein Notebook, kein Global Positioning System wäre je erfunden worden, wenn nicht Wissenschaftler wie Albert Einstein oder Max Planck ihre Genialität darauf verwendet hätten, jahrhundertalte Vorstellungen über Raum, Zeit und Energie mit neuartigen mathematischen Formeln umzustürzen, ohne sich dabei über die konkrete Anwendung ihrer Erkenntnisse Gedanken zu machen.

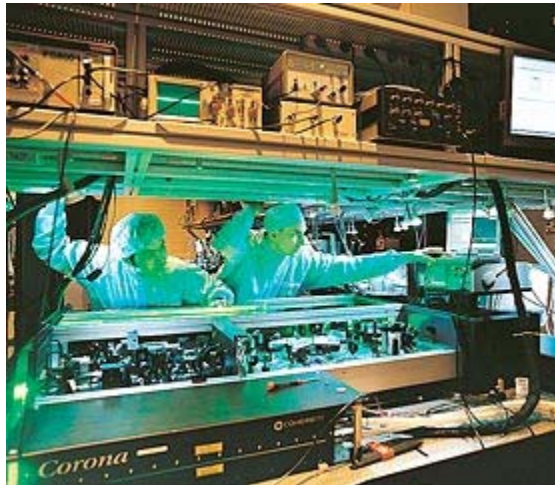
### Albert Einstein erfand den CD-Player

Als Einstein im Jahre 1917 am Berliner Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik seine Idee beschrieb, dass sich Lichtteilchen zu einem intensiven Strahl bündeln lassen müssten, war nicht vorherzusehen, dass seine Theorie Jahrzehnte später einen dynamischen Wirtschaftszweig schaffen würde: Heute findet sich das konzentrierte Licht in CD-Spielern und Arztpraxen, in Schneidbrennern und Präzisionsschweißgeräten. Allein die

deutschen Hersteller von Lasern für die industrielle Materialbearbeitung, Weltspitze in ihrer Branche, haben im Jahr 2004 High-Tech-Produkte im Wert von knapp 1,3 Milliarden Euro verkauft. Das ist fast so viel wie der Jahresetat der Max-Planck-Gesellschaft.

### Aus den Werkstätten der Institute

Wer weiß, welche technologischen, medizinischen oder gesellschaftlichen Durchbrüche der Menschheit einst gelingen werden, weil Heidelberger Max-Planck-Forscher zu Beginn des dritten Jahrtausends die Physik der kosmischen Gammastrahlen ergründet haben? Weil Völkerrechtler am Max-Planck-Institut in Heidelberg derzeit eine neuartige Verfassung entwerfen, mit der sich möglicherweise die ethnischen Konflikte im Sudan entschärfen lassen? Oder weil Molekularbiologen an einem Berliner Max-Planck-Institut nach Jahrzehnten der scheinbar zweckfreien Forschung am Vogelhirn herausgefunden haben, dass in den Köpfen von



© Stephan Elleringmann

Physiker am MPI für Quantenoptik in Garching erzeugen Blitze von einigen Attosekunden Länge (das ist der Milliardste Teil einer Milliardstelsekunde). Sie wollen Elektronen im Inneren von Atomen fotografieren

Zebrafinken beim Erlernen ihrer Gesänge sehr ähnliche Vorgänge ablaufen wie im Gehirn von Menschen, die eine Sprache lernen?

### Ornithologen beflügeln die Humanmedizin

Der Max-Planck-Präsident Peter Gruss ist erkennbar stolz auf Resultate wie die aus der Vogelforschung. Denn sie liefern ideale Beispiele für seine Botschaft: Die Freiheit der Forschung ist entscheidend für ihren Erfolg. "Wenn wir", so Gruss, "jetzt mithilfe eines Vogelhirns - entgegen langjähriger Annahmen - unsere eigenen zerebralen Strukturen besser studieren können, dann zeigt das doch einmal mehr: Wir können nie wissen, auf welchem Feld der nächste große Durchbruch kommt. Es könnte in der Nanotechnologie passieren, aber eben auch in der Ornithologie. Deshalb müssen wir auf allen Gebieten die beste Forschung weiterführen, auch wenn es manchem als zu teuer erscheint. Irgendwann bekommen wir ein Vielfaches zurück."

### Der MPG vertrauen die meisten

Beim wichtigsten Finanzier der deutschen Grundlagenforschung, der Öffentlichkeit, kommt die Botschaft vom Lohn der wissenschaftlichen Ausdauer auch in Zeiten knapper Kassen offenbar gut an: Einer Allensbach-Studie zufolge halten 70 Prozent der Bundesbürger ihre Steuergelder bei den Max-Planck-Forschern für gut angelegt. Und nach einer Umfrage unter Führungskräften liegen die Institute der MPG im Ansehen auf Platz drei - gleich hinter der Bundesbank und dem Bundesverfassungsgericht. Woher rührt dieser Vertrauensvorsprung?

### Eine Gründung aus Kaisers Zeiten

Wohl aus dem Nimbus der Elite, der die Institution seit jeher umgibt. Die Max-Planck-Gesellschaft erbte ihn bei der Gründung 1948 von ihrer Vorgängerorganisation: der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG), deren Instituten es gelungen war, Deutschland bis in die 1930er Jahre mit an der Spitze der internationalen Forschernationen zu halten. Diesen historischen Erfolg verdankte die KWG vor allem dem so genannten "Harnack-Prinzip", benannt nach ihrem ersten Präsidenten, dem Theologen Adolf von Harnack: Nur die besten Wissenschaftler eines Faches sollten ins Direktorium der KWG berufen werden, so seine 1911 mit dem Kaiser persönlich abgesprochene Prämisse. Sie

wurden von der Pflicht zur Lehre an den Universitäten entbunden, erhielten die fast völlige Freiheit, ihren wissenschaftlichen Interessen nachzugehen - und ein Institut, das exakt auf ihre Bedürfnisse zugeschnitten war.



© Stephan Elleringmann

Energie aus Stein und Wasser wollen die Forscher am MPI für Plasmaphysik produzieren. Das dabei entstehende "Plasma" muss mit starken Magnetkräften kontrolliert werden - erzeugt etwa mit verzwirbelten Spulen aus Niob-Titan, deren Formen exakt auf die gewünschten Umriss des magnetischen Feldes abgestimmt sind

### Headhunting in fernen Ländern

An diese Regeln hält sich die Max-Planck-Gesellschaft meist noch heute - und lockt damit Spitzenforscher aus aller Welt an den schon so oft totgesagten Forschungsstandort Deutschland. "Brain-Gain", Hirn-Import, nennen die Max-Planck-Direktoren ihre Personalpolitik. Ein Viertel der Instituts-Chefs sind Spitzenforscher aus dem Ausland. Dazu kommen mehr als 40 deutsche Professoren, die in den vergangenen Jahren aus dem Ausland zurückgelockt werden konnten und jetzt in Deutschland die wissenschaftliche Bilanz ihres neuen Arbeitgebers verbessern. Die Mitarbeiter der MPG produzieren knapp ein Drittel aller Beiträge aus Deutschland, die in den weltweit führenden naturwissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht werden. Und ihre Arbeiten werden viel beachtet: Auf der Liste der international meistzitierten Wissenschaftler stehen 193 Forscher aus Deutschland - und 54 davon arbeiten an Max-Planck-Instituten.

### Das Prinzip Freiheit

Hohe Gehälter kann die MPG nicht bieten, dafür aber: Den Luxus, nicht ständig einem Geldgeber erklären zu müssen, warum man in die schwer zugänglichen Grenzbereiche seines jeweiligen Fachgebiets vorstoßen will. Ohne Erfolgsgarantie. Aber auch mit der Chance, ein völlig neues Forschungsfeld zu begründen. So ist auch der Einzug von Zoologen im Stuttgarter Institut für Metallforschung eine typische Max-Planck-Geschichte. Heute wundert sich dort niemand mehr darüber, wenn eine Mitarbeiterin des Instituts in der Mittagspause Sauerampfer für die Versorgung der Käfer sammeln geht. Wenn sie den grünlich schimmernden Insekten anschließend in einem Versuch vorsichtig ein menschliches Haar an den Chitinpanzer lötet, um sie so an einen Kraftsensor anzubinden. Und feststellt, dass ein Käfer mit 0,0102 Gramm Körpermasse selbst auf ultraglaten Oberflächen noch eine Zugkraft von 13 Millinewton aufbringt.

### Warum können Tiere an Wänden laufen?

Die Physiker und Ingenieure des Instituts haben sich längst an den Kleintierzoo im ersten Stock ihres Gebäudes gewöhnt. Denn seit einiger Zeit interessieren sie sich nicht mehr nur für die Eigenschaften von Kristallgittern und Legierungskomponenten, sondern auch für Insekten und

Geckos, für Spinnen und Schlangen. Und an den Saphirkugeln ihrer hoch empfindlichen Mikrotester werden nicht mehr - wie früher - nur die Reibungskräfte an metallischen Oberflächen analysiert, sondern auch die Fußsohlen eingespannter Heupferde oder die Funktionsweise von fingernagelgroßen Käferkopfgelenken.



© Stephan Elleringmann

Ein Nashornkäfer aus Sulawesi unter einem Mikroskop des MPI für Metallforschung in Stuttgart: eines von Hunderten Studienobjekten der Arbeitsgruppe Evolutionäre Biomaterialien

### Die Suche nach dem Ansatz

"Es begann mit einem Schlüsselerebnis", erklärt Institutsdirektor Eduard Arzt die Revolution in seiner Abteilung. "Vor ein paar Jahren habe ich in einer Zeitschrift ein Diagramm gesehen, das ich sofort als eine Kurve zum Dehnungsverhalten von Stahl zu erkennen glaubte - bis sich herausstellte, dass das Bild in Wahrheit mechanische Eigenschaften eines DNS-Moleküls darstellte. Die Idee, dass unsere Messmethoden aus der Metallforschung sich auch auf biologische Materialien anwenden lassen müssten, hat mich von da an nicht mehr losgelassen." Monatelang beschäftigte sich der Materialwissenschaftler daraufhin mit Biologie, besuchte andere Max-Planck-Institute und befragte dort die Forscher - "bis ich eine wissenschaftliche Nische gefunden hatte, die mir vielversprechend erschien".

### Interdisziplinäre Forschung

Heute widmet sich fast die Hälfte seiner Mitarbeiter "Evolutionären Biomaterialien", wie Arzt das neue Arbeitsfeld genannt hat. Eine ganze Gruppe von Zoologen hat er aus dem Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen "importiert". Damit sie sich den bislang unbekanntenen Materialien aus der Tierwelt mit der fachgerechten Systematik annähern - und den Physikern eine perfekte Grundlage für deren theoretische Modelle liefern können. Mit vereinten Fachkräften machte sich das gemischte Team an die Lösung einer seit Jahren niemals abschließend gelösten Frage: Was hält Geckos, Spinnen oder Fliegen fest, wenn sie kopfüber an der Zimmerdecke laufen?

### Mit deutscher Gründlichkeit

"Selbstverständlich haben sich auch schon andere Wissenschaftler mit natürlichen Haftsystemen befasst", sagt der Zoologe Stanislav Gorb, der die Forschungsgruppe leitet. "Sie haben sich vor allem mit den Füßen der Geckos beschäftigt, weil das besonders medienwirksam ist. Aber wir sind ein Max-Planck-Institut - und deshalb müssen wir versuchen, das Prinzip von Grund auf zu verstehen. Nur dann haben wir die Chance, es einmal wirklich zu beherrschen." Und so haben Gorb und seine Kollegen Hunderten von Kriech- und Krabbeltieren aus aller Welt mit dem Elektronenmikroskop auf die Fußsohlen geschaut, haben sie auf Zentrifugen herumgewirbelt und



© Stephan Elleringmann

Einem Rätsel des Universums sind die Forscher des MPI für Kernphysik in Heidelberg auf der Spur - mit vier Spezial-Teleskopen, die sie im Hochland Namibias aufgestellt haben. Deren mosaikartige Spiegelflächen sollen in der Nacht das sogenannte Tscherenkow-Licht einfangen, das entsteht, wenn energiereiche

über polierte Siliziumscheiben laufen lassen.

Gammateilchen aus dem All auf unsere Atmosphäre prallen

### Erste Erkenntnisse

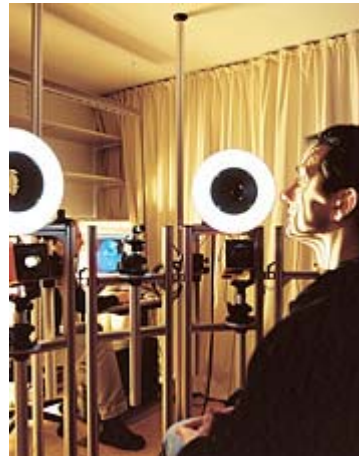
Sie haben die Kräfte an den winzigen Hafthärchen von Fliegen und Ohrwürmern gemessen; haben den Neigungswinkel und die Ausrichtung der Härchen mit dem Bewegungsablauf des jeweiligen Tieres und der Rauheit seiner natürlichen Laufoberfläche in Beziehung gesetzt, haben Quotienten aus Größe und Dichte, Weichheit und Steife, Länge und Breite der Härchen gebildet - und schließlich aus der Datensammlung die Essenz der tierischen Adhäsion herausgefiltert. Ergebnis: Bei mindestens fünf miteinander nicht verwandten Tiergruppen hat die Evolution ganz ähnliche "haarige Haftsysteme" hervorgebracht - ein Zeichen dafür, dass das Funktionsprinzip wohl kaum noch zu verbessern war.

### Je größer das Tier, desto feinere Haft-Haare

Die meisten dieser Haftorgane sind komplex organisiert, haben drei oder vier Hierarchie-Ebenen von Härchen, die sich jeweils unterschiedlichen Stufen von Rauheit anpassen. Fast immer sind die Spitzen der Härchen spatelförmig abgeflacht und angewinkelt. Und vor allem: Je größer das Tier, desto feiner und zahlreicher die Haftkontakte. Bei Käfern etwa haben die Spitzen der Härchen den Durchmesser von einem Zehntel des menschlichen Haares. Beim Gecko sind sie um den Faktor 50 feiner und gehören mit einer Dicke von etwa 200 Millionstel Millimeter zu den kleinsten biologischen Strukturen, welche die Natur hervorzubringen vermag - Nanotechnologie in der Fauna.

### Von Tieren lernen

Um einen Menschen an der Decke kleben zu lassen, so haben die Forscher ausgerechnet, müsste er mit Hafthärchen ausgerüstet sein, die nochmals zehnmals dünner sind - wenn das System in dieser Größenordnung überhaupt noch funktionieren kann. Doch bei aller fächerübergreifenden Synergie: Das letzte Wort zum Thema Gecko-Haftung ist noch nicht gesprochen. Der Weg zu einem "Gecko-Tape", einem künstlichen Klebeband mit Nanohärchen, oder zu einem marktreifen "Kletterroboter" oder einem sanften Sauggreifer für die industrielle Fließbandproduktion ist zwar noch weit. Ein Patent auf ihre Erkenntnisse haben die Max-Planck-Forscher dennoch angemeldet - und die ersten Prototypen künstlicher Härchenhaftung bereits hergestellt. Für Stanislaw Gorb ist das kein Widerspruch zur Grundlagenforschung: " Gerade bei Insekten hat die Natur ausgeklügelte Lösungen geschaffen. Es gibt viele Gründe, sie auch zu nutzen, nachdem wir sie erst einmal verstanden haben."



© Stephan Elleringmann

Ausgeleuchtet von grellen Rundblitzen und überzogen mit einem computergesteuerten Linienraster sollen Schauspieler am MPI für biologische Kybernetik in Tübingen Gefühle zeigen: Furcht, Überraschung, Nachdenklichkeit oder Verwirrung wollen die Wissenschaftler hier auf ihre minimale Essenz reduzieren

### 150 Tonnen im freien Fall

22. März 2005, südwestlich von Brest. Das Flugzeug mit den Forschern vom Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching befindet sich im freien Fall. Fast 8000 Meter über dem Atlantik hat der Pilot nach einem steilen Steigflug die Nase der Maschine unter den Luftstrom gedrückt, sodass die Flügel dem Jet jetzt keinen Auftrieb mehr geben können. Der Lärm der Turbinen verebbt. Ihr Schub ist auf ein Minimum gedrosselt. Die einzige Kraft, die jetzt noch auf das Flugzeug wirkt, ist sein eigenes Gewicht: 150 Tonnen Metall und Kunststoff, die wie ein in die Luft geschossener Fußball noch ein paar Sekunden lang fast lautlos weiter schräg nach oben driften, einen Scheitelpunkt erreichen, um dann mit wachsender Geschwindigkeit nach unten zu fallen, angezogen vom Gravitationsfeld der Erde.

### 22 Sekunden konzentrierte Arbeit

Erst 22 Sekunden später und 1000

Meter tiefer wird der Pilot den Steuerknüppel nach hinten ziehen, um das parabelförmige Manöver zu beenden und den Forschungsjet wieder in eine waagerechte Flugbahn zu bringen. 22 Sekunden, in denen der freie Fall die Schwerkraft im Inneren des Flugzeugs aufhebt. 22 Sekunden Arbeitszeit für jene zwölf Forscherteams, die auf Einladung der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA) an Bord des Jets ihre Versuchsanordnungen aufgebaut haben. Vorn rechts im Flugzeug hocken drei MPI-Forscher aus Garching, von Gurten am Kabinenboden festgehalten, und starren auf einen Kasten mit zwei Bildschirmen. Kleine weiße Pünktchen tanzen dort auf und nieder, bilden Muster, richten sich aufeinander aus - und fallen, sobald ein Parabelmanöver beendet ist, nach unten aus dem Sichtfeld heraus.



© ESA

Nach getaner Arbeit gehen Wissenschaftler am MPI für extraterrestrische Physik in Garching noch einmal in die Luft - nur zu ihrem Vergnügen. 30-mal haben sie zuvor an Bord eines Forschungsjets der europäischen Raumfahrtagentur ihr hochkompliziertes Experiment in völliger Schwerelosigkeit ablaufen lassen

### Rätselhaftes Plasmakristall

Ein "komplexes Plasma" wollen die drei Wissenschaftler studieren. Genauer: Argon-Gas, dessen Atome sie in ihre Bestandteile zerlegt haben, und dem sie nun Kunststoffkügelchen von ein paar Tausendstel Millimetern Durchmesser beimischen. Diese Kügelchen verhalten sich in der Mixtur fast genauso wie Moleküle in einer Flüssigkeit. Manchmal ordnen sie sich sogar, von elektrischen Kräften dirigiert, in festen Gittern an, wie die Atome in einem Kristall. Die Max-Planck-Wissenschaftler erforschen eine neue Art von Materie: den "Plasmakristall", dem sie vor einiger Zeit in ihrem Institut in Garching auf die Spur gekommen sind. Mit seiner Hilfe wollen sie fundamentale Erkenntnisse über bislang noch nicht genau verstandene Vorgänge in der Natur gewinnen.

### Künstliche Atome

Was geschieht beispielsweise mit den Molekülen von Flüssigkeiten, wenn diese erstarren - wenn etwa Wasser zu Eis wird? Und wie genau verhalten sich die Atome in einem Metall in exakt jenem Moment, da der feste Körper, den sie bilden, zu schmelzen beginnt? Am Plasmakristall lassen sich diese Phasenübergänge mit bislang nicht gekannter Präzision studieren. Denn seine "Atome" sind ja nicht echt, sondern in Wahrheit Kunststoffkügelchen: also tausendfach größer als wirkliche Elementarteilchen - und damit im Schein von Laserlicht sichtbar!

### Ein neuer Blick

In der Schwerelosigkeit wollen die Forscher nun jene schwachen Kräfte im Zusammenspiel der "Atome" untersuchen, die auf der Erde stets von der mächtigen Gravitation überlagert werden. Kräfte, die sich nur im schwerelosen Orbit messen lassen - oder während des 31 mal 22 Sekunden dauernden Parabelflugs. Es ist ein neuer Blick ins Fundament der Materie, den die Garchinger Forscher da wagen. Den Nutzen ihrer Expedition an die Grenzen des Wissens kann noch niemand ermessen. Vielleicht wird er grandios sein. Vielleicht wird es ihn niemals geben. Vielleicht werden die Ergebnisse auch in



© Stephan Elleringmann

Der Biophysiker Joe Howard (Mitte) bespricht mit Mitarbeitern das Modell eines Bullenspermiums, gebaut

Vergessenheit geraten - und erst in 50 Jahren eine neuartige High-Tech-Industrie begründen. Oder nichts von alledem. Doch selbst in diesem Fall befriedigt die Suche nach dem Wesen des Plasmakristalls, wie so häufig bei MPI-Forschern, zumindest eines: die menschliche Neugier.

aus Gartenschläuchen. Am MPI für Molekulare Zellbiologie in Dresden ist der Australier den Grundlagen aller Bewegung auf der Spur: molekularen Motoren, die etwa den Schwanz des Spermiums zum Schlagen bringen

© GEO.de 1996-2005

Fenster schließen [x]