



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

JAHRESBERICHT | ANNUAL REPORT

2016



IMPRESSIONUM

HERAUSGEBER

Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung der Wissenschaften e.V.

Abteilung Kommunikation
Hofgartenstr. 8, D-80539 München
Tel: +49 (0)89 2108-1276
Fax: +49 (0)89 2108-1207
E-Mail: presse@gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

REDAKTION

Gottfried Plehn, Susanne Beer,
Mechthild Zimmermann, Dr. Christina Beck,
Peter Hergersberg

GESTALTUNG

HAAK & NAKAT, München
[www.haak-nakat.de]

TITELBILD:

EXPLODIERENDE SAMENSCHOTEN

Pflanzen haben keine Muskeln, sehr schnelle Bewegungen sind bei ihnen daher selten. Eine Ausnahme macht das Behaarte Schaumkraut (*Cardamine hirsuta*): Die Samenhülsen dieser Pflanze explodieren so rasant, dass sich der Vorgang nur mit Hochgeschwindigkeitskameras beobachten lässt. Der Schlüssel dazu liegt in einer evolutionären Innovation. Das Behaarte Schaumkraut hat eine besondere Art der Fruchtwand entwickelt. Diese speichert elastische Energie aus Wachstum und Ausdehnung und setzt sie schlagartig frei, sobald die Saat reif ist. Dabei löst sich ein von der Zellwand gebildetes Scharnier, ähnlich dem eines Schnapparmbands, und schleudert die Samen in die Luft. In nur einer halben Millisekunde beschleunigen sie dabei von null auf zehn Meter pro Sekunde. Die blauen Linien im Bild zeigen die Formveränderungen der Hülse, die Punkte den Bewegungsverlauf zweier definierter Stellen. Die Minerva-Forschungsgruppe, die von der Pflanzengenetikerin Angela Hay am Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung in Köln geleitet wird, hat diesen Mechanismus aufgeklärt.

Copyright Angela Hay/MPI für Pflanzenzüchtungsforschung

Mai 2017

ISSN 1430-4066

IMPRINT

PUBLISHERS

Max Planck Society
for the Advancement of Science

Department Communication
Hofgartenstr. 8, D-80539 Munich
Tel: +49 (0)89 2108-1276
Fax: +49 (0)89 2108-1207
E-mail: presse@gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

TEXTEDITOR

Gottfried Plehn, Susanne Beer,
Mechthild Zimmermann, Dr. Christina Beck,
Peter Hergersberg

DESIGN

HAAK & NAKAT, Munich
[www.haak-nakat.de]

COVER IMAGE:

EXPLODING SEED PODS

Since plants have no muscles, rapid movements are rare. One exception is hairy bittercress (*Cardamine hirsuta*): the seed pods of this plant explode so fast that this movement can only be observed with a high-speed camera. The key to this explosive acceleration lies in the evolutionary innovation of a fruit wall that can store elastic energy through growth and expansion, and release it rapidly when the seeds are ripe. During explosion, a hinge-shaped cell wall suddenly opens causing the fruit wall to explosively coil, similar to a toy snap bracelet. This catapults the seeds into the air, accelerating them from nought to ten metres per second in just half a millisecond. The blue lines in the photo show the coiling shape of the pod, and the dots indicate the motions of two defined positions. The Minerva Research Group, headed by plant geneticist Angela Hay at the Max Planck Institute for Plant Breeding Research in Cologne, discovered this mechanism.

Copyright Angela Hay/MPI for Plant Breeding Research

May 2017

ISSN 1430-4066

Inhaltsverzeichnis

Contents

2 4	VORWORT DES PRÄSIDENTEN Schwerpunkt des Jahres: Die besondere Verantwortung bei Tierversuchen	FOREWORD BY THE PRESIDENT Focus of the Year: Animal Research – a Special Responsibility
KAP. 01  10 12 32 36 47 51	LAGEBERICHT FÜR DAS GESCHÄFTSJAHR 2016 Mission der Max-Planck-Gesellschaft Erfolgsfaktoren für die wissenschaftliche Arbeit Gesamtentwicklung im Personalbereich Bericht über die wirtschaftliche Entwicklung Chancen-/Risikobericht Ausblick	MANAGEMENT REPORT FOR THE FINANCIAL YEAR 2016 Max Planck Society – mission Factors in the success of the scientific work Overall development in human resources Economic report Opportunities and risks report Outlook
KAP. 02  54 58 68 77 86	AUS DER FORSCHUNG DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT Leseproben aus dem Jahrbuch Forschungsausblick: - Johannes Krause Die genetische Herkunft der Europäer: Biologische Anpassung und Mobilität in der Vorgeschichte - Volker Mailänder, Katharina Landfester Wirkstofftransporter für die Nanomedizin - Matthias Mann Von der Grundlagentechnologie zum universellen Diagnose-Tool Technologietransfer	RESEARCH INSIGHTS FROM THE MAX PLANCK SOCIETY Extracts from the Yearbook Research Outlook: - Johannes Krause The genetic history of Europe: biological adaptation and mobility in prehistory - Volker Mailänder, Katharina Landfester Drug delivery in nanomedicine - Matthias Mann Proteomics: From basic technology to universal diagnostic tool Technology Transfer
KAP. 03  96 98 100 134	JAHRESABSCHLUSS DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT Bilanz zum 31.12.2016 Gewinn- und Verlustrechnung für das Geschäftsjahr 2016 Anhang für das Geschäftsjahr 2016 Bestätigungsvermerk des Abschlussprüfers	
KAP. 04  138 140 142 144 155 163	STRUKTUREN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT Organisatorischer Aufbau der MPG Ausschüsse des Senats der Max-Planck-Gesellschaft Fördernde Mitglieder Forschungsgruppen Inland Forschungsgruppen Ausland Forschungsstandorte	STRUCTURES OF THE MAX PLANCK SOCIETY Organizational structure of the MPS Committees of the Senate of the Max Planck Society Supporting Members Research Groups in Germany Research Groups abroad Overview of Research Facilities

Vorwort des Präsidenten

Zwei Ereignisse ragen in 2016 besonders heraus und wurden auch von politischer Prominenz begleitet: Da war zum einen im Februar die Zündung des ersten Wasserstoff-Plasmas am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Greifswald. Die Bundeskanzlerin legte dort selbst Hand an und startete mit einem Knopfdruck den Experimentierbetrieb der Fusionsanlage Wendelstein 7-X. Wendelstein 7-X ist ein Meilenstein der Plasmaphysik und der Ingenieurskunst und einer der größten Hoffnungsträger im Ringen um eine nachhaltige Energieversorgung im 21. Jahrhundert. Jeder Schritt auf dem Jahrhundert-Weg Richtung Fusionskraftwerk sei ein Erfolg, betonte daher auch die Kanzlerin.

Das zweite wichtige Ereignis war im Dezember 2016 der Startschuss für das Cyber Valley durch den Ministerpräsidenten von Baden-Württemberg, Winfried Kretschmann. Im Cyber Valley verstärken das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, das Land Baden-Württemberg, die Universitäten Stuttgart und Tübingen sowie die Unternehmen Bosch, Daimler, Porsche, BMW, ZF Friedrichshafen und Facebook die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz. Damit entsteht eine der größten Forschungskooperationen Europas im Bereich der Künstlichen Intelligenz, in die das Land in den kommenden Jahren mehr als 50 Millionen Euro investieren wird.

Darüber hinaus hat uns in 2016 das Thema Tierversuche besonders beschäftigt. Im November hat der Senat einstimmig die Ziele eines Grundsatzpapiers der Max-Planck-Gesellschaft zu Tierversuchen beschlossen. Tierversuche sind und bleiben auf absehbare Zeit für viele Forschungsbereiche der Max-Planck-Gesellschaft notwendig. In ihrem Grundsatzpapier hat die Max-Planck-Gesellschaft daher eine Reihe von Maßnahmen beschlossen, mit denen der bestmögliche Kompromiss zwischen der Belastung von Versuchstieren und dem Erkenntniswert von Experimenten erreicht werden soll. Das



FOTO: AXEL GRIESCH/MPG, MÜNCHEN

Grundsatzpapier und alle begleitenden Maßnahmen sollen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an den MPI dabei unterstützen, dieser Verantwortung im praktischen Forschungsalltag wie auch im Kontakt mit der Öffentlichkeit gerecht zu werden.

Forschungsergebnisse, wie jene am MPI für die Biologie des Alterns, zeigen aber auch, dass sich gerade im Bereich der Stammzellforschung neue Optionen eröffnen, um die Zahl der Tierversuche zu reduzieren (www.mpg.de/10865430/). Für neue Therapien gegen Hautkrebs beispielsweise müssen Forscher Medikamente an der Haut von Tieren testen. Wissenschaftlern in Köln ist es 2016 gelungen, Hautstammzellen von Mäusen in der Petrischale zu züchten. Diese kultivierten Stammzellen könnten in Zukunft viele Tierversuche ersetzen.

Die Ergebnisse der Beratungen der von mir eingesetzten Präsidentenkommission werden auf den Folgeseiten noch einmal ausführlich dargestellt – ihre Lektüre möchte ich Ihnen an dieser Stelle noch einmal empfehlen.

Ihr Martin Stratmann

Foreword by the President

Two events were particular highlights of the year 2016, both attended by prominent political figures. In February, the first hydrogen plasma was ignited at the Max Planck Institute for Plasma Physics (IPP) in Greifswald. Federal Chancellor Angela Merkel actually pushed some buttons herself – she personally flipped the switch to generate the machine's first hydrogen plasma. The Wendelstein 7-X fusion reactor is a milestone in plasma physics and engineering, and one of the most promising future sources of sustainable energy supply in the 21st century. Merkel emphasized that every step taken on the long road towards fusion power was a success.

The second milestone event was the 'Cyber Valley' initiative, launched by the Minister President of Baden-Württemberg, Winfried Kretschmann, in December 2016. Cyber Valley brings together the Max Planck Institute for Intelligent Systems, the State of Baden-Württemberg, and the Universities of Stuttgart and Tübingen along with Bosch, Daimler, Porsche, BMW, ZF Friedrichshafen and Facebook in a combined effort to intensify their research and development in the field of artificial intelligence. This endeavour will create one of Europe's largest AI research pools, in which the state will invest over 50 million euros in the coming years.

The subject of animal research also had high priority in 2016. In November, the Max Planck Society's Senate unanimously adopted the objectives of a policy document on animal experiments. In many of the research areas of the Max Planck Society, the use of laboratory animals will continue to be indispensable for the foreseeable future. In its White Paper, the MPG therefore resolved to pursue a series of measures aimed at achieving the best possible compromise between the stresses placed on animals and the knowledge gained in experiments. The policy and

accompanying measures are intended to support members of staff in fulfilling this responsibility both in practical day-to-day research and in contact with the public.

Research findings such as those achieved at the Max Planck Institute for the Biology of Aging also show that especially in the field of stem cell research new options are emerging to reduce the number of animal experiments (www.mpg.de/10865430/). To develop new treatments for skin cancer, for example, researchers must test medications on the skin of animals. However in 2016, scientists in Cologne succeeded in growing skin stem cells of mice in a petri dish. In future, the cultivated stem cells could replace many animal experiments.

The following pages will outline once more the results of deliberations by the Presidential Committee established by me, and I hope that you will find them of interest.

Sincerely,
Martin Stratmann

Die besondere Verantwortung bei Tierversuchen

Der Senat der Max-Planck-Gesellschaft hat im November 2016 eine Grundsatzerklarung (White Paper) zum Thema „Tierversuche in der Grundlagenforschung“ verabschiedet. Vorausgegangen waren umfangreiche Beratungen einer vom Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft einberufenen international besetzten Kommission. Ihr gehörten renommierte Forscher aus verschiedenen Bereichen der Lebenswissenschaften, Verhaltensforscher, Ethiker, Kommunikationsexperten und erfahrene Persönlichkeiten aus der Forschungspolitik an. Die Leitung hatte der langjährige Direktor am Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt inne, Prof. Wolf Singer.

In der Grundsatzerklarung „Tierversuche in der Grundlagenforschung“ unterstreicht die Max-Planck-Gesellschaft, dass die biologische und medizinische Forschung auf Tierversuche nach wie vor angewiesen ist, um das komplizierte Zusammenspiel der Komponenten komplexer Organismen zu verstehen. Vernetzte Systeme wie etwa das Immunsystem oder das Gehirn können nicht allein durch die Untersuchung ihrer einzelnen Bausteine oder durch vereinfachte Modelle und Computersimulationen verstanden werden. Die Max-Planck-Gesellschaft betont aber auch die ethischen Konflikte, die sich aus Versuchen mit Tieren ergeben. Der erwartete Erkenntnisgewinn eines Experiments muss gegen die Beeinträchtigung des Versuchstiers abgewogen werden. Menschen können dabei je nach persönlichem Wertesystem oder kulturellem Hintergrund zu unterschiedlichen Schlüssen kommen – universell akzeptierte Maßstäbe gibt es dafür nicht. Deshalb müssen Gesellschaften immer wieder neu verhandeln, wie sie mit diesem ethischen Dilemma umgehen wollen.

Eine Forschungsorganisation wie die Max-Planck-Gesellschaft steht dabei vor besonderen Herausforderungen, da Grundlagenforschung nicht auf kurzfristigen Nützlichkeitserwägungen, sondern auf dem zu erwartenden Wissensgewinn beruht. Dieses Wissen besitzt einen Wert an sich, auch wenn es keine unmittelbare praktische Anwendung findet. Denn die Herausforderungen, vor denen die Menschheit heute steht, lassen sich nur bewältigen, wenn der Mensch die Konsequenzen seines Handelns kennt: Wir sind gezwungen zu handeln und greifen dabei fortwährend in unsere Umwelt ein. Wenn wir nicht gleichzeitig erforschen, welches die möglichen Folgen unseres Tuns sind, handeln wir verantwortungslos. Wer vermag schon zu sagen, ob ein heute entdecktes Protein des Immunsystems in 20 Jahren ein Schlüssel für die Behandlung einer Infektionskrankheit sein wird?

EINFÜHRUNG EINES VIERTEN „R“ FÜR „RESPONSIBILITY“ (VERANTWORTUNG)

Die Max-Planck-Gesellschaft hat in ihrem Grundsatzpapier eine Reihe von Maßnahmen beschlossen, mit denen der bestmögliche Kompromiss zwischen der Belastung von Versuchstieren und dem Erkenntniswert von Experimenten erreicht werden soll. Dazu gehören unter anderem:

- Stärkung einer Kultur der Fürsorge für die Tiere; dies soll durch eine verbesserte Koordination des Tierschutzes innerhalb der MPG erreicht werden bei gleichzeitiger Wahrung höchster Qualität der Wissenschaft;
- weitere Verbesserung und Minimierung von Tierversuchen – wissenschaftliche Erkenntnisse sollen dazu genutzt werden, die Zahl der Versuche und die Belastung der Tiere zu verringern;
- transparente Darstellung von Tierversuchen gegenüber der Öffentlichkeit;

- Erforschung von Möglichkeiten zur verbesserten Umsetzung des 3-R-Prinzips;
- Erforschung der Lebensbedingungen von Versuchstieren, ihrem Sozialverhalten, Schmerzempfinden, Bewusstsein und ihrem Recht auf Leben;
- Schulung aller mit Tieren beschäftigten Mitarbeiter in Fragen der Tierethik.

Die Max-Planck-Gesellschaft erweitert darüber hinaus das dem Tierschutz in der Forschung zugrunde liegende 3-R-Prinzip (*Replacement, Reduction, Refinement*: Ersatz von Tierversuchen, Reduktion von Tierversuchen, Minimierung der Belastungen der Tiere) um ein viertes „R“ für *Responsibility* (Verantwortung). Dazu gehört unter anderem die ständige Neubewertung von Schäden und Belastungen in Tierversuchen auf der Basis neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse über die Empfindungsfähigkeit, das Bewusstsein und die Intelligenz von unterschiedlichen Tierarten. Denn Ansätze, die auf der Grundlage des heutigen Wissensstandes akzeptabel sein mögen, könnten schon in einigen Jahren anders beurteilt werden. Die wissenschaftliche Expertise in der Max-Planck-Gesellschaft soll daher auch eingesetzt werden, um Fragen etwa zum Schmerzempfinden oder zum Recht auf Leben von Tieren zu untersuchen und den ethischen Diskurs mit der Öffentlichkeit zu verbessern.

Link zum White Paper:

www.mpg.de/10882259/MPG_Whitepaper.pdf

Mit einer öffentlichen Podiumsdiskussion „Was bedeutet Tierethik in der Grundlagenforschung?“ im Januar 2017 vor rund 100 Gästen wurde der Versuch unternommen, das vorliegende White Paper in den gegenwärtigen rechtlichen und ethischen Diskurs einzuordnen. Neben Prof. Wolf Singer

nahmen an der Diskussion der Philosoph Prof. Dieter Birnbacher von der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf sowie die Rechtswissenschaftlerin Prof. Anne Peters, Direktorin am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht in Heidelberg, teil.

Link zur Podiumsdiskussion:

www.youtube.com/watch?v=oejp0z_jd64

Umfassende Informationen zum Thema Tierversuche einschließlich der aktuellen Tierversuchszahlen in der Max-Planck-Gesellschaft werden seit Januar 2017 auf der Webseite der Max-Planck-Gesellschaft bereitgestellt. Das Themenportal wurde im Zuge der schwerpunktmaßen Befassung mit dem Thema Tierversuche ausgebaut und mit Film- und Bildmaterial angereichert. Darüber hinaus beteiligt sich die Max-Planck-Gesellschaft auch an der Informationsinitiative „Tierversuche verstehen“ der Allianz der Wissenschaftsorganisationen, die mit einer eigenen Informationsplattform seit September 2016 online ist.

Link zum Themenportal Tierversuche:

www.mpg.de/themenportal/tierversuche

Link zur Informationsinitiative der Allianz:

www.tierversuche-verstehen.de

Animal Research – a Special Responsibility

The Max Planck Society's Senate adopted a declaration of principle (White Paper) on the topic of the use of animals in experiments for basic research in November 2016. This was preceded by comprehensive consultations on the part of an international committee convened by the President. The committee included renowned researchers from various fields of the life sciences, behavioural researchers, ethicists, communications specialists as well as senior figures from the area of research policy. The committee was chaired by Prof. Wolf Singer, a longstanding Director at the Max Planck Institute for Brain Research in Frankfurt.

In its White Paper „Animal Research in the Max Planck Society“, the Max Planck Society emphasises that biological and medical research is still reliant on animal research in order to study the complicated interplay of the components of complex organisms. Interconnected systems such as the immune system and brain, for example, cannot be understood by studying only their individual parts, reduced models, or the outcome of computer simulations. The Max Planck Society, however, also highlights the ethical conflicts that arise from experiments involving animals. The gain in insight expected from an experiment must be weighed up against the potential harm inflicted on the animals. Depending on their personal value systems or cultural backgrounds, people can reach different conclusions here – there are no universally accepted standards for this evaluation. For this reason, societies must continuously renegotiate their approach to this ethical dilemma.

A research organization like the Max Planck Society faces particular challenges here, as basic research is not founded on short-term considerations about utility, but rather on the expected knowledge gain. Even if it lacks a direct practi-

cal application, this knowledge has an intrinsic value. The challenges facing humanity today can only be successfully tackled if we are aware of the consequences of our actions: we are forced to act, constantly intervening in our environment in the process. If we do not simultaneously research the possible consequences of our activities, we are acting irresponsibly. Who can possibly say whether an immune system protein discovered today will become the key to the treatment of an infectious disease in 20 years time?

INTRODUCING A FOURTH "R" FOR RESPONSIBILITY

In its White Paper, the Max Planck Society adopted a series of measures designed to achieve the best possible compromise between the potential harm caused to animals used in research, and the epistemic value of experiments. These measures include:

- the strengthening of the culture of care for the animals; this is to be achieved through the improved coordination of animal welfare within the MPG while simultaneously maintaining the highest quality in terms of scientific work;
- the further improvement and minimization of animal research – scientific insights should be used to reduce the number of experiments and the stress involved for the animals;
- the transparent communication of animal research to the general public;
- the researching of possibilities for improving the implementation of the 3 R principle;
- the researching of the living conditions of experimental animals, their social behaviour, perception of pain, consciousness and right to life;
- the provision of training in animal ethics for all MPG employees who work with animals.

In addition to this, the Max Planck Society is adding a fourth “R” for responsibility to the 3 R principle (Replacement, Reduction, Refinement), which is being applied for the protection of animals in research. This includes, among other things, the constant reassessment of harm and stress in animal research based on the very latest scientific information about the sensitivity, consciousness, and intelligence of different animal species. Approaches that may be acceptable today based on currently available knowledge could be assessed differently in a matter of just a few years. Hence the Max Planck Society’s expertise should be used to study questions such as the perception of pain and the right to life of animals and to improve the ethical discourse with the public.

Link to the White Paper:

www.mpg.de/10882259/MPG_Whitepaper.pdf

A public panel discussion entitled “Was bedeutet Tierethik in der Grundlagenforschung?” (“What does animal ethics mean in the context of basic research?”) was held in January 2017 with a view to attempting to position the MPG’s new White Paper in the current legal and ethical discourse. In addition to Prof. Wolf Singer, the panel included Prof. Dieter Birnbacher, a philosopher from Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf, and legal expert Prof. Anne Peters, Director at the Max Planck Institute for Comparative Public Law and International Law in Heidelberg.

Link to the panel discussion (in German):

www.youtube.com/watch?v=oejp0z_jd64

Since January 2017, comprehensive information, including current data on animal research in the Max Planck Society, has been provided on the MPG’s website. The Animal Stud-

ies Portal was developed in the process of the examination of the topic of animal research, and new film material and images were added. The Max Planck Society is also involved in the information initiative “Tierversuche verstehen” (Understanding Animal Research) organized by the Alliance of Science Organisations in Germany. The information platform for the initiative has been online since September 2016.

Link to the Animal Studies Portal:

<https://www.mpg.de/animal-studies-in-basic-research>

Link to the Alliance’s animal research information initiative (in German):

www.tierversuche-verstehen.de

01

Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V., Berlin

Lagebericht für das Geschäftsjahr 2016

Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V., Berlin

Management Report for the financial year 2016

Seite 10
**MISSION DER
MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT**

Seite 12
**ERFOLGSFAKTOREN FÜR DIE
WISSENSCHAFTLICHE ARBEIT**

Seite 32
**GESAMTENTWICKLUNG IM
PERSONALBEREICH**

Seite 36
**BERICHT ÜBER DIE
WIRTSCHAFTLICHE ENTWICKLUNG**

Seite 47
CHANCEN-/RISIKOBERICHT

Seite 51
AUSBLICK

Page 10
**MAX PLANCK SOCIETY –
MISSION**

Page 12
**FACTORS IN THE SUCCESS OF
THE SCIENTIFIC WORK**

Page 32
**OVERALL DEVELOPMENT
IN HUMAN RESOURCES**

Page 36
ECONOMIC REPORT

Page 47
OPPORTUNITIES AND RISKS REPORT

Page 51
OUTLOOK

Mission der Max-Planck-Gesellschaft

Max Planck Society – mission

Die Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. (im Folgenden Max-Planck-Gesellschaft oder MPG) ist darauf ausgerichtet, grundlegende Erkenntnisse zu erforschen und zu erschließen. Ihr Forschungsspektrum ist dabei breit gefächert: Die 83 Max-Planck-Institute und Einrichtungen (Stand 2016) betreiben Grundlagenforschung in den Natur-, Bio-, Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dort forschen über das Innere der Elementarteilchen, den Ursprung unseres Universums, sie forschen an den molekularen Bausteinen des Lebens wie an den spezifischen Interaktionen in Ökosystemen, an den Veränderungen von Gesellschaften durch globale Migration sowie an internationalen Rechtsvergleichen.

Die Max-Planck-Gesellschaft sieht es als ihre originäre Aufgabe, wissenschaftlich besonders relevante und zukunftsrechte Gebiete zu bearbeiten und vor allem neu entstehende, auch außerhalb etablierter Disziplinen oder zwischen ihnen liegende Forschungsgebiete rasch und mit dem erforderlichen Aufwand aufzugreifen. Das verlangt ein hohes Maß an Flexibilität und Innovationsfähigkeit und führt zu einem stetigen wissenschaftlichen Erneuerungsprozess ihrer Institute und der Organisation insgesamt. Dieser wird über die Perspektivenkommissionen der Sektionen begleitet, die Veränderungen in der internationalen Wissenschaftslandschaft permanent verfolgen und bewerten.

Die Erneuerung von Instituten oder Abteilungen mittels Schließung oder Neuausrichtung ist konstituierender Teil der Governance der Max-Planck-Gesellschaft und geschieht vor allem über die etablierten und bewährten Eva-

The Max Planck Society for the Advancement of Science (hereafter referred to as the Max Planck Society or MPG) is focused on researching and understanding basic findings. Its research covers a wide range of different fields.

The 83 Max Planck Institutes and facilities (as of 2016) conduct basic research in the natural sciences, biosciences, humanities and social sciences. Scientists' research interests range from the interior of elementary particles to the origin of our universe. They research the molecular building blocks of life such as those involved in specific interactions in ecosystems, the changes in societies resulting from global migration and international legal comparisons.

The Max Planck Society considers its original mission to be the scientific investigation of particularly relevant and promising areas. Above all, it seeks to address new areas of research, including those outside or between established disciplines, quickly and with the required effort. This calls for a high level of flexibility and innovative capabilities and leads to a process whereby its institutes and the organization as a whole are being constantly modernized in terms of their scientific work. It is accompanied by the constant pursuit and evaluation of changes in the international scientific landscape led by the Sections' Perspective Commission.

This renewal stemming from the closure or realignment of Institutes or departments is a constituent aspect of its governance and is achieved primarily through the evaluation procedures established and proven in the Max Planck Society in the interdependence between the research concept and the personality of the researcher. By applying the

luationsverfahren, die sowohl Forschungskonzeption wie auch Forscherpersönlichkeit in den Blick nehmen. Mit dem Strukturprinzip der persönlichkeitszentrierten Forschungsorganisation, dem seit rund hundert Jahren erfolgreichen Harnack-Prinzip, das auf den ersten Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Adolf von Harnack, zurückgeht, setzt die Max-Planck-Gesellschaft bis heute die Tradition ihrer Vorgängerinstitution fort.

structural principle of the personality-centred research organization, the Harnack Principle, which can be traced back roughly 100 years to the first President of the Kaiser Wilhelm Society, Adolf von Harnack, the Max Planck Society is continuing the tradition of its predecessor institution to the present day.

Erfolgsfaktoren für die wissenschaftliche Arbeit

Factors in the success of the scientific work

- Seite 14
Berufungen auf höchstem Niveau
- Seite 20
Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses
- Seite 23
Chancengleichheit
- Seite 27
Nationale und internationale Kooperationen

- Page 14
Appointments at the highest level
- Page 20
Support of junior scientists
- Page 23
Equal opportunities
- Page 27
National and international collaboration

Die Max-Planck-Gesellschaft zählt – in der Nachfolge der 1911 gegründeten Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft¹ – zu den führenden Forschungsorganisationen weltweit. Sie verdankt ihre Reputation der erfolgreichen Arbeit ihrer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler: So finden sich seit Gründung der Max-Planck-Gesellschaft 1948 alleine 18 Nobelpreisträger in ihren Reihen, darunter Deutschlands bisher einzige (naturwissenschaftliche) Nobelpreisträgerin. Unter der Vielzahl von Wissenschaftspreisen, die in 2016 an Max-Planck-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler verliehen wurden, verdient der renommierte, mit 750.000 Schweizer Franken dotierte Balzan-Preis an Reinhard Jahn, Direktor am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, besondere Erwähnung.

Als einzige deutsche Forschungsorganisation kann sich die Max-Planck-Gesellschaft zudem in der Spurz der führenden Einrichtungen mit den weltweit meistzitierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler etablieren (siehe Tabelle; Quelle: Highly Cited Researchers, Clarivate Analytics, 2016).

Following on from the Kaiser Wilhelm Society¹, established in 1911, the Max Planck Society is one of the world's leading research organizations.

It owes its reputation to the successful work of its scientists. For example, it can boast 18 Nobel Prize winners among its ranks since the Max Planck Society was set up in 1948, including Germany's only female Nobel Prize Laureate in the natural sciences so far. Among its many science prizes presented to Max Planck scientists in 2016, the Balzan Prize – endowed with 750,000 Swiss francs – which was awarded to Reinhard Jahn, Director at the Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, is worthy of special mention.

The Max Planck Society is also the only German research organization to feature among the top leading institutions with the most-cited scientists worldwide (see Table; Source: Clarivate Analytics, 2016).

1) Die Max-Planck-Gesellschaft ist nicht Rechtsnachfolgerin der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, setzt aber laut Satzung deren Tradition fort.

1) The Max Planck Society is not the legal successor of the Kaiser Wilhelm Society but in accordance with its statutes carries on its tradition.

**DIE SIEBEN FÜHRENDE INSTITUTIONEN MIT DEN MEISTEN HOCHZITIERTEN WISSENSCHAFTLER/INNEN² |
THE SEVEN LEADING INSTITUTIONS WITH THE MOST FREQUENTLY CITED SCIENTISTS²**

PRIMÄRE EINRICHTUNG EINER WISSENSCHAFTLERIN/EINES WISSENSCHAFTLERS SCIENTIST'S PRIMARY INSTITUTION	ANZAHL NUMBER
Harvard University, USA	81
National Institutes of Health (NIH), USA	73
Stanford University, USA	56
Chinese Academy of Sciences, China	35
Max-Planck-Gesellschaft, Deutschland	34
University of California, Los Angeles, USA	33
University of California, Berkeley, USA	32

Auch die mehr als 15.000 Publikationen jedes Jahr in international renommierten Fachzeitschriften sind Beleg für die hervorragende Forschungsarbeit an den Max-Planck-Instituten – viele Artikel davon dürfen sich zu den meistzitierten Publikationen in ihrem jeweiligen Fachgebiet zählen. Der Nature Index 2016 (www.natureindex.com) listet die Max-Planck-Gesellschaft im Bereich der Naturwissenschaften unter den fünf besten Einrichtungen weltweit. Ausgewertet wurde dabei die Zahl der Publikationen, die verlagsübergreifend in renommierten naturwissenschaftlichen Zeitschriften erschienen sind.

In addition, the 15,000+ articles published each year in internationally renowned journals are proof of the outstanding research work conducted at the Max Planck institutes – many of the articles in question count among the most cited publications in their respective area of expertise. The 2016 Nature Index (www.natureindex.com) lists the Max Planck Society among the top five institutions in the world for natural sciences. The index is compiled by evaluating the number of articles published in renowned scientific journals across multiple publishers.

2) Die angeführte Zahl der Wissenschaftlerinnen/Wissenschaftler wurde um Doppelennennungen in verschiedenen Fachgebieten bereinigt.

2) The above-mentioned number of scientists was adjusted for duplications in various subject areas.

■ Berufungen auf höchstem Niveau Appointments at the highest level

Die Qualität der von der Max-Planck-Gesellschaft geleisteten Forschung fußt auf einer sorgfältigen Berufungspolitik. Nur wenn es auf Dauer gelingt, nach internationalen Maßstäben höchstqualifizierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für wissenschaftliche Führungspositionen zu gewinnen, kann die Max-Planck-Gesellschaft Spitzenforschung im Bereich der Grundlagenforschung gewährleisten. In einem strengen Auswahl- und Berufungsverfahren werden exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler identifiziert, deren bisherige Arbeiten für Originalität und Leistungsfähigkeit sprechen und großes Potenzial aufzeigen. Sie erhalten als Wissenschaftliche Mitglieder der Max-Planck-Gesellschaft die wissenschaftlichen und administrativen Freiräume sowie die entsprechenden sachlichen und finanziellen Rahmenbedingungen, um ihre Forschungsvorhaben erfolgreich umzusetzen.

Der weltweite Wettbewerb um die besten Köpfe erfährt eine zunehmende Dynamik. Im Zuge dessen nimmt auch die weltweite Mobilität von Forscherinnen und Forschern zu. Herausragende Forscherinnen und Forscher gehören heute zu den transnationalen Eliten, die dort arbeiten, wo sie die optimalen Bedingungen für ihre Forschung finden. Im Berufungsgeschäft konnte die Max-Planck-Gesellschaft weiterhin sehr erfolgreich agieren: 2016 wurden zehn Personen zu Wissenschaftlichen Mitgliedern der Max-Planck-Gesellschaft berufen, unter ihnen vier Frauen. Acht der neu berufenen Direktorinnen und Direktoren kommen aus dem Ausland, aus den USA (4), Großbritannien (2), der Schweiz (1) und den Niederlanden (1) – von so renommierten Forschungseinrichtungen wie der Harvard University, der University of California, der Cornell University, der Oxford University sowie der École polytechnique fédérale de Lausanne.

The quality of the research conducted by the Max Planck Society is based on a prudent appointment policy. The Max Planck Society can only guarantee cutting-edge basic research if it is able to consistently attract the most highly qualified scientists according to international standards for leadership positions in science. A stringent selection and appointment process identifies excellent scientists whose previous work indicates originality and capability and demonstrates great potential. As Scientific Members of the Max Planck Society, they benefit from the academic and administrative freedom and the corresponding material and financial conditions in order to successfully implement their research ideas.

The global competition for the best minds is gaining increasing momentum. Consequently, the global mobility of researchers is also on the rise; outstanding researchers now belong to the transnational elite, working wherever they find the optimum conditions for their research. The Max Planck Society was able to maintain its success in the recruitment market. In 2016, ten people were appointed Scientific Members of the Max Planck Society, among them four women. Eight of the newly appointed Directors come from outside Germany, 4 from the USA, 2 from Great Britain, 1 from Switzerland and 1 from the Netherlands – from such renowned research institutions as Harvard University, the University of California, Cornell University, Oxford University, and EPFL Lausanne.



PROF. DR. FRANK JENKO

DIREKTOR AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK, GARCHING UND GREIFSWALD (ZUVOR TÄTIG AN DER UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LOS ANGELES, USA)

DIRECTOR AT THE MAX PLANCK INSTITUTE FOR PLASMA PHYSICS, GARCHING AND GREIFSWALD (PREVIOUSLY AT THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LOS ANGELES, USA)

Am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik werden Kraftwerkstypen erforscht, die – ähnlich wie die Sonne – Energie aus der Verschmelzung, der Fusion, von Atomkernen gewinnen. Physiktheoretiker Frank Jenko will mit seinem Team die komplette Modellierung künftiger Tokamak-Fusionsanlagen mit Supercomputern der nächsten Generation möglich machen und virtuelle Experimente ausführen. Zur Vorbereitung auf die neuen Rechner führt Jenko zwei bislang getrennt laufende Rechenprogramme zusammen und passt sie an die Architektur der künftigen Rechner an: ein von ihm entwickeltes Programm, das die turbulenten Vorgänge im heißen Plasmazentrum beschreibt, sowie eines aus Princeton, das den kälteren Rand erfasst.

At the Max Planck Institute for Plasma Physics, research is conducted into different types of power stations which generate energy from the fusion of atomic cores, in a similar way to the sun. Theoretical physicist Frank Jenko and his team are striving to model complete Tokamak fusion reactors of the future with next generation super computers and conduct virtual experiments. By way of preparation for the new computers, Jenko is merging two programs which previously ran separately, and adapting them to the architecture of future computers – one program developed by him that describes the turbulent events in the hot centre plasma and one from Princeton that covers the colder edge.



PROF. DR. KAI JOHNSSON

DIREKTOR AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR MEDIZINISCHE FORSCHUNG, HEIDELBERG (ZUVOR TÄTIG AN DER ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE, SCHWEIZ)

DIRECTOR AT THE MAX PLANCK INSTITUTE FOR MEDICAL RESEARCH, HEIDELBERG (PREVIOUSLY AT THE ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE, SWITZERLAND)

Der Chemiker Kai Johnsson löst biologische Fragestellungen, indem er synthetische Chemie und „Protein Engineering“ miteinander verknüpft. Er ist ein Pionier in der Entwicklung sogenannter Protein-Tags, kurzer Aminosäuresequenzen, die sich mit bestimmten Proteinen in lebenden Zellen verbinden und dadurch mit synthetischen Farbstoffen markiert werden können. Johnsson forscht ferner daran, intrazelluläre Konzentrationen von Stoffwechselprodukten zu quantifizieren und zentrale Prozesse der Signalweiterleitung in der Zelle zu visualisieren.

The chemist Kai Johnsson solves biological problems by combining synthetic chemistry with “protein engineering”. He is a pioneer in the development of protein tags, short amino acid sequences which combine with certain proteins in living cells and can therefore be marked with synthetic dyes. Johnsson is also researching into quantifying intracellular concentrations of metabolites and visualizing central processes in signal transduction.

**PROF. DR. KATHERINE KUCHENBECKER**

DIREKTORIN AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR INTELLIGENTE SYSTEME,
STUTTGART (ZUVOR TÄTIG AN DER UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA,
PHILADELPHIA, USA)

DIRECTOR AT THE MAX PLANCK INSTITUTE FOR INTELLIGENT SYSTEMS,
STUTTGART (PREVIOUSLY AT THE UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA,
PHILADELPHIA, USA)

Katherine Kuchenbecker erforscht die Haptik von Robotern. Sie bringt – vereinfachend gesagt – den „berührungsblind“ Maschinen bei, wie man behutsam mit Objekten umgeht, also haptische Intelligenz erwirbt. Darunter sind telerobotische Systeme, die bei minimal-invasiven Operationsmethoden eingesetzt werden, autonome Roboter, die umfangreiche haptische Sensorströme mit weiteren Wahrnehmungs- und motorischen Informationen kombinieren und haptische Schnittstellen, die die Wahrnehmungserfahrung beim Berühren eines Gegenstands realistisch reproduzieren und dem Anwender mittels Rückmeldung helfen, seine motorischen Fähigkeiten zu verbessern.

Katherine Kuchenbecker studied Mechanical Engineering and researches haptics in robots. In simplified terms, she teaches machines with no sense of touch how to handle objects carefully, i.e. how to acquire haptic intelligence. They include telerobotic systems that are used for minimally invasive surgical procedures, autonomous robots that combine extensive haptic sensor currents with other perceptions and motor information as well as haptic interfaces that realistically reproduce the perceived experience when we touch an object and use feedback to help the user improve their motor skills.

**PROF. RUTH LEY, PH.D.**

DIREKTORIN AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR ENTWICKLUNGSBIOLOGIE,
TÜBINGEN (ZUVOR TÄTIG AN DER CORNELL UNIVERSITY, ITHACA, NEW YORK,
USA)

DIRECTOR AT THE MAX PLANCK INSTITUTE FOR DEVELOPMENTAL BIOLOGY,
TÜBINGEN (PREVIOUSLY AT CORNELL UNIVERSITY, ITHACA (NEW YORK), USA)

Das Fachgebiet der amerikanischen Mikrobiologin Ruth E. Ley ist die Mikrobiomforschung. Sie möchte verstehen, welche Rolle Pilze oder Bakterien – in der Gesamtheit Mikrobiom genannt – in der menschlichen Evolution spielen. Dazu untersucht sie Wirt-Gast-Beziehungen des Darwmikrobioms von Maus und Mensch sowie deren Auswirkungen auf den gesunden Stoffwechsel, aber auch auf Erkrankungen wie Fettleibigkeit.

The specialist field of the American microbiologist Ruth E. Ley is microbiome research. She wants to understand the role played by fungi or bacteria – referred to as the microbiome in their entirety – in human evolution. To do so, she examines host-guest relationships in the intestinal microbiomes of mice and humans as well as their effect on a healthy metabolism, but also on illnesses such as obesity.

**PROF. DR. FLORIAN MARQUARDT**

DIREKTOR AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR DIE PHYSIK DES LICHTS, ERLANGEN
(ZUVOR TÄTIG AN DER FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG)

DIRECTOR AT THE MAX PLANCK INSTITUTE FOR THE SCIENCE OF LIGHT,
ERLANGEN (PREVIOUSLY AT THE FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITY OF
ERLANGEN-NÜRNBERG)

Der Physiker Florian Marquardt leitet die neu geschaffene Theorie-Abteilung des Instituts. Er hat sich in den letzten Jahren vor allem mit der Optomechanik beschäftigt. In diesem relativ jungen Forschungszweig geht es um die Wechselwirkung zwischen Licht und mechanischen Resonatoren. Dass Photonen (Lichtteilchen) eine Kraft ausüben, dient schon seit Mitte der 1980er-Jahre dazu, Atome mit Lasern zu kühlen. Seit etwa zehn Jahren erforschen Physiker jedoch auch, wie Licht mit der mechanischen Bewegung größerer Objekte wechselwirkt. Das lässt sich etwa für hochgenaue Messungen ausnutzen sowie für Quanteninformationsverarbeitung und zur Klärung fundamentaler Fragen der Quantenphysik.

Physicist Florian Marquardt is head of the Institute's newly created theory department. In the past few years, his research has been primarily focused on optomechanics. This relatively recent field of research is concerned with the interaction between light and mechanical resonators. The fact that photons (light particles) exert a force has been used since the middle of the 1980s to cool atoms with lasers. For about ten years now, however, physicists have also been exploring how light interacts with the mechanical movement of larger objects. This can be exploited, for example, for highly accurate measurements as well as for quantum information processing and for the clarification of fundamental questions of quantum physics.

**PROF. GERARD MEIJER, PH.D.**

DIREKTOR AM FRITZ-HABER-INSTITUT DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT,
BERLIN (ZUVOR TÄTIG AN DER RADBOUD UNIVERSITY, NIJMEGEN,
NIEDERLANDE)

DIRECTOR AT THE MAX PLANCK SOCIETY'S FRITZ HABER INSTITUTE, BERLIN
(PREVIOUSLY AT RADBOUD UNIVERSITY, NIJMEGEN, THE NETHERLANDS)

Gerard Meijer ist ein Fachmann in der Molekülphysik; er hat eine Reihe origineller spektroskopischer Methoden entwickelt und ist führend in der Manipulation und Kontrolle von Molekularstrahlen. Am Fritz-Haber-Institut wird er Studien zu Nanoteilchen und Biomolekülen durchführen und dabei auch den institutseigenen Freie-Elektronen-Laser nutzen.

Gerard Meijer specializes in molecular physics; he has developed a series of original spectroscopic methods and is a leading expert in the manipulation and control of molecular beams. At the Fritz-Haber Institute, he will conduct studies into nanoparticles and biomolecules and make use of the Institute's own free-electron laser in the process.

**PROF. ALEXANDER MEISSNER, PH.D.**

DIREKTOR AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR MOLEKULARE GENETIK, BERLIN
(ZUVOR TÄTIG AN DER HARVARD UNIVERSITY, CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS,
USA)

DIRECTOR AT THE MAX PLANCK INSTITUTE OF MOLECULAR GENETICS,
BERLIN (PREVIOUSLY AT HARVARD UNIVERSITY, CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS,
USA)

Der Biotechnologe Alexander Meissner untersucht, wie sich Stammzellen ausdifferenzieren. Als Forscher auf dem Gebiet der Epigenetik und der Neoprogrammierung von Stammzellen konzentriert er sich auf zwei zentrale Fragestellungen: Auf welche Weise verändern Stammzellen beim Übergang zur differenzierten Zelle ihre zelluläre Identität? Und was sind die zugrunde liegenden epigenetischen Prinzipien dieser Veränderungen? Die Epigenetik fragt danach, wie durch Veränderungen der Erbsubstanz, also des DNA-Stranges, das Ablesen von Genen gesteuert wird.

The biotechnologist Alexander Meissner examines how stem cells differentiate. As a researcher in the field of epigenetics and the reprogramming of stem cells, he concentrates on two central issues: In what way do stem cells change their cellular identity in the transition to a differentiated cell? And what are the underlying epigenetic principles behind these changes? Epigenetics is the comparatively new field of research that enquires into how the reading of genes is controlled by modifying the DNA.

**PROF. JOËL OUAKNINE, PH.D.**

DIREKTOR AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR SOFTWARESYSTEME,
SAARBRÜCKEN (ZUVOR TÄTIG AN DER UNIVERSITY OF OXFORD,
GROSSBRITANNIEN)

DIRECTOR AT THE MAX PLANCK INSTITUTE FOR SOFTWARE SYSTEMS, SAAR-
BRÜCKEN (PREVIOUSLY AT OXFORD UNIVERSITY, GREAT BRITAIN)

Der kanadische Mathematiker und Informatiker Joël Ouaknine ist auf dem Gebiet der formalen Verifikation von Softwaresystemen tätig, also darin, wie man nachweist, dass Softwaresysteme wirklich in allen Fällen so funktionieren, wie sie sollen. Sein Arbeitsgebiet liegt in der theoretischen Informatik an der Grenze zwischen Logik und Algorithmik. Er entwickelt Grundlagen für Programme, die Software dann automatisch analysieren sollen. Seine Arbeiten haben auch zu praktisch anwendbaren Methoden geführt, etwa zu Modellen, wie sich Schwärme von Quadrocoptern, einer besonderen Form von Hubschraubern, steuern lassen.

The Canadian mathematician and computer scientist Joël Ouaknine works in the field of the formal verification of software systems, i.e. how it can be shown that software systems really always work as they are supposed to. His field lies in theoretical computer science at the border between logic and algorithms. Joël Ouaknine develops the foundations for programs which are then intended to automatically analyze software. His work has also led to methods applied in practice, for example models of how swarms of quadcopters, a special form of helicopter, can be controlled.

**PROF. CAROLINE ROWLAND, PH.D.**

DIREKTORIN AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PSYCHOLINGUISTIK,
NIJMEGEN, NIEDERLANDE (ZUVOR TÄTIG AN DER UNIVERSITY OF LIVERPOOL,
GROSSBRITANNIEN)

**DIRECTOR AT THE MAX PLANCK INSTITUTE FOR PSYCHOLINGUISTICS, NIJMEGEN
(PREVIOUSLY AT THE UNIVERSITY OF LIVERPOOL, GREAT BRITAIN)**

Die Entwicklungspsychologin Caroline Rowland sucht nach Antworten auf die klassische Frage, wie Kinder Sprache lernen. Wie befördern neurokognitive Mechanismen im Hirn die Sprachentwicklung? Was verursacht individuelle Unterschiede beim Spracherwerb im Laufe der Entwicklung? Rowlands Ziel ist es, biologisch plausible Modelle der Lernmechanismen im menschlichen Hirn zu entwickeln. Anhand dieser Modelle möchte sie herausfinden, wie diese Mechanismen die Informationen aus der kindlichen Umgebung nutzen, um Erwachsenensprache zu entwickeln. Geplant sind Studien mit Kindern aller Altersstufen sowie mit Erwachsenen. Rowlands Team will auch neue Methoden aus dem Bereich der Virtual Reality anwenden und Big-Data-Werkzeuge zur automatisierten Sammlung und Analyse von Sprachdaten entwickeln.

The development psychologist Caroline Rowland searches for answers to the classic question of how children learn language. How do neurocognitive mechanisms in the brain encourage the development of language? What causes individual differences in language acquisition in the course of development? Her aim is to identify biologically plausible models of learning mechanisms in the human brain in order to establish how such mechanisms use information from the child's environment to develop adult language. Her plan is to conduct studies with children of all ages and with adults. Rowland's team also wants to apply new methods from the area of Virtual Reality and to develop big data tools for the automated gathering and analysis of linguistic

**PROF. DR. TANJA WEIL**

DIREKTORIN AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR POLYMERFORSCHUNG, MAINZ
(ZUVOR TÄTIG AN DER UNIVERSITÄT ULM)

**DIRECTOR AT THE MAX PLANCK INSTITUTE FOR POLYMER RESEARCH, MAINZ
(PREVIOUSLY AT THE UNIVERSITY OF ULM)**

Die Leiterin der Abteilung „Synthese von Makromolekülen“ ist gelernte Chemikerin und widmet sich der Entwicklung maßgeschneiderter Nanomaterialien für biomedizinische und materialwissenschaftliche Anwendungen. Zudem erforscht sie die Herstellung von Präzisionsmakromolekülen und Hybridmaterialien. Diese können beispielsweise die Aufnahme von Viren in Stammzellen verstärken und so neue Anwendungen in der Gentherapie eröffnen sowie Krebszellen erkennen und lichtgesteuert den Zelltod herbeiführen.

The Head of the Department for the „Synthesis of Macromolecules“ is a trained chemist who has devoted herself to the development of tailor-made nanomaterials for biomedical and material science applications. She also researches into the production of precision macromolecules and hybrid materials. For example, they can reinforce the reception of viruses in stem cells, thereby opening up new applications in gene therapy, as well as detect cancer cells and bring about the light-controlled death of the cell.

■ Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses

Support of junior scientists

Die Max-Planck-Gesellschaft möchte jungen Forscherinnen und Forschern im Rahmen der Nachwuchsförderung beste Bedingungen für ihre Karriere bieten. Durch die Internationalisierung des Arbeitsmarktes für Hochqualifizierte und den demografischen Wandel stehen Hochtechnologieländer wie Deutschland im weltweiten Wettbewerb um die besten Nachwuchskräfte. Karrierestrukturen müssen daher fortlaufend weiterentwickelt werden, um im Vergleich mit den internationalen Top-Einrichtungen konkurrenzfähig zu bleiben. Mit den im März 2015 von Verwaltungsrat und Senat verabschiedeten Beschlüssen sind die Förder- und Betreuungs- wie auch die Vergütungsstrukturen für Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler in der Max-Planck-Gesellschaft transparent geregelt. Dabei hat die Max-Planck-Gesellschaft auch ihre Leitlinien zur Doktorandenbildung überarbeitet, um eine gute Betreuung der Promovierenden sicherzustellen. Die Einhaltung dieser Leitlinien wird unter anderem durch die Fachbeiräte des jeweiligen MPI überprüft. Ziel ist es, die Qualität der Promovierenden-Ausbildung weiter zu steigern. Die Leitlinien nehmen eine Vorreiterrolle im deutschen Wissenschaftssystem ein. Im Rahmen der Gesetzesbegründung zur Novellierung des Wissenschaftszeitvertragsgesetzes wurden sie als beispielhaft erwähnt.

Die Max-Planck-Gesellschaft bietet eine forschungsorientierte Graduiertenausbildung an als Basis für die weitere wissenschaftliche Karriere. Die jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sollen die Zeit an einem Max-Planck-Institut nutzen, um in diesem hervorragenden wissenschaftlichen Umfeld für sich ein Forschungsfeld zu identifizieren. Mit den **International Max Planck Research Schools** (IMPRS) wurde im Jahr 2000 der Grundstein für eine strukturierte, qualitativ hochwertige und international konkurrenzfähige Graduiertenausbildung gelegt. Die aktuell 64 IMPRS haben die Kooperation zwischen Max-Planck-Instituten und den deutschen Universitäten gestärkt. Gleiches gilt für die Zusammenarbeit mit dem Ausland: 50 Prozent der Doktorandinnen und Doktoranden in einer IMPRS werden aus dem Ausland angeworben. Im internationalen Wettbewerb ist diese Form der strukturierten Doktorandenbildung zu einem wichtigen Standortfaktor geworden.

The Max Planck Society wants to offer young researchers the best conditions for their careers through its support of junior scientists. As a result of the internationalization of the labour market for highly qualified scientists, and changing demographics, high technology countries such as Germany now have to compete globally for the best junior scientists. Career structures therefore have to be continuously refined to remain competitive by comparison with the top international facilities. The resolutions adopted by the Executive Committee and Senate in March 2015 have defined transparent structures for funding, supporting and paying junior scientists in the Max Planck Society. In the process, the Max Planck Society has also revised its guidelines for the training of doctoral students to ensure that they are provided with good support. Assessments by the Scientific Advisory Boards check whether the guidelines are being observed. The aim is to further enhance the quality of training for doctoral students. These guidelines will play a pioneering role in the German science system. Their exemplary character was mentioned in the explanatory memorandum to the amendment of the Academic Fixed-Term Contract Act.

The core feature of the support of junior scientists in the Max Planck Society is a research-oriented graduate education as the basis for a subsequent career in science. The intention is for young scientists to use their time at a Max Planck Institute to identify a field of research for themselves in this excellent scientific environment. With the introduction of the **International Max Planck Research Schools (IMPRS)** in 2000, the foundations were laid for a structured, high-quality and internationally competitive graduate education. Moreover, the IMPRS facilitate the Max Planck Society in strengthening cooperation between their institutes and the German universities, as well as enhancing collaboration with other countries through the explicit recruitment of junior scientists from abroad. The current number of 64 IMPRS has reinforced the cooperation between Max Planck Institutes and German universities. The same applies to cooperation with foreign institutions: 50 percent of doctoral students in an IMPRS are recruited from abroad.

Die im Rahmen der Neugestaltung der Förderstrukturen des wissenschaftlichen Nachwuchses der Max-Planck-Gesellschaft spezifisch auf die IMPRS abgestimmten Leitlinien sind Voraussetzung für die Einrichtung und Verlängerung jeder IMPRS. 2016 wurden sieben International Max Planck Research Schools verlängert; zwei International Max Planck Research Schools wurden neu bewilligt: die IMPRS on Genome Science am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Göttingen, mit der Universität Göttingen sowie die IMPRS on Intelligent Systems am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Stuttgart und Tübingen, mit der Universität Stuttgart und der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Sie beginnen ihre Arbeit in 2017.

Postdoktorandinnen und Postdoktoranden sind von entscheidender Bedeutung für die Forschungsleistung der Institute, da sie sich meist in einer sehr kreativen Phase ihrer wissenschaftlichen Entwicklung befinden und besonders engagiert sind. Ziel der Postdoc-Phase ist es, sich in einem Feld zu profilieren und internationale Sichtbarkeit zu erlangen. 2016 hat sich die Präsidentenkommission „Wissenschaftlicher Nachwuchs in der Max-Planck-Gesellschaft“ unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Reinhard Jahn intensiv mit der Optimierung der Postdoktorandenphase beschäftigt. Anliegen der Präsidentenkommission war es, die bislang wenig strukturierte Postdoc-Phase transparenter zu gestalten. Die Leitlinien für die Postdoc-Phase in der Max-Planck-Gesellschaft wurden im November 2016 vom Senat verabschiedet und sind auf der Website der Max-Planck-Gesellschaft (www.mpg.de/postdocs) öffentlich zugänglich.

Die Max-Planck-Gesellschaft bildet wissenschaftlichen Nachwuchs vorrangig mit der Perspektive für eine wissenschaftliche Laufbahn aus. Dabei ist offensichtlich, dass nicht jede Doktorandin, jeder Doktorand oder jeder Postdoc eine entsprechende wissenschaftliche Leitungsfunktion erreichen kann. Und nicht jeder möchte in der Academia bleiben. So kommt es zwischen Promotion und Postdoc-Phase häufig zu einer beruflichen Umorientierung, in die Industrie, ins Wissenschaftsmanagement, in den wissenschaftlichen Servicebereich oder auch in die Politik. Ein Wechsel in andere Berufsfelder ist je nach Fächerkultur unterschiedlich schwierig. Das Ziel der Max-Planck-Gesellschaft ist es daher, unterschiedliche Karrierewege – ob in der Academia oder außerhalb – bestmöglich zu unterstützen.

So fand 2016 zum zweiten Mal nach 2015 die Veranstaltung „Careersteps for Postdocs in Academia and Industry“ statt, an der fast 200 Postdoktorandinnen und Postdok-

Given the international competition, this form of structured doctoral education has become an important locational advantage. The guidelines which have been specifically designed with the IMPRS in mind as part of the reorganization of the support structures for junior scientists in the Max Planck Society, are a prerequisite of setting up and extending each IMPRS. Seven International Max Planck Research Schools were extended in 2016; two International Max Planck Research Schools were approved for the first time: the IMPRS on Genome Science at the Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, Göttingen, with the University of Göttingen, and the IMPRS on Intelligent Systems at the Max Planck Institute for Intelligent Systems, Stuttgart and Tübingen, with the University of Stuttgart and the Eberhard-Karls University of Tübingen. They will take up their work in 2017.

Postdoctoral students are crucial to the institutes' research achievements as they are usually in a very creative phase of their scientific development and are particularly committed. The aim of the postdoctoral student is to make a name for themselves and achieve international visibility. In 2016, the Presidential Committee “Junior Scientists in the Max Planck Society”, chaired by Prof. Dr. Reinhard Jahn, took a thorough look at optimizing the postdoc phase. The Presidential Committee's concern was to make the postdoc phase which had hitherto suffered from a lack of structure, more transparent. The guidelines for the postdoc phase in the Max Planck Society were adopted by the Senate in November 2016 and are also publicly accessible on the Max Planck Society's website (www.mpg.de/postdocs).

The Max Planck Society trains junior scientists with the primary aim of enabling them to subsequently take on a leadership role in science. At the same time, however, it is obvious that not every doctoral student or postdoc can achieve such a leading position. And not all of them want to stay in academia. The phase between obtaining their doctorate and entering the postdoc stage frequently sees a shift in their professional priorities and they move, for example, into industry, science management, scientific services, politics, etc. Switching to a different professional career poses varying degrees of difficulty, depending on the departmental culture. The Max Planck Society's aim, therefore, is to offer the best possible support for different career paths – whether in academia or elsewhere. For example, the event “Career Steps for Postdocs in Academia and Industry” was held for the second time in 2016 (after Munich in 2015), and

toranden teilgenommen haben. Die Veranstaltung soll in den kommenden Jahren an unterschiedlichen Standorten deutschlandweit stattfinden und noch weiter ausdifferenziert werden. Auch das Ende 2016 gegründete Career Steps Network, das auf einen stärkeren Austausch zwischen der Generalverwaltung und den Max-Planck-Instituten setzt, wird sich dem Thema „Karriereentwicklung und Karriereunterstützung“ widmen. Es ermöglicht zudem, das Portfolio zentral gesteuerter Angebote sowie Leistungen, die die Institute ihrem wissenschaftlichen Nachwuchs direkt anbieten können, aufeinander abzustimmen.

Bereits seit 1969 bietet die Max-Planck-Gesellschaft exzellenten Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern die Möglichkeit, für einen festen Zeitraum eigenständig eine Forschungsgruppe zu leiten. Durch Mittel des Pakts für Forschung und Innovation konnten weitere, insbesondere themenoffene **Max-Planck-Forschungsgruppen** eingerichtet werden. Die Forschungsgruppenleiterinnen und -gruppenleiter werden unter Beteiligung international renommierter externer Gutachter im Rahmen kompetitiver Auswahlverfahren identifiziert. Sie greifen innovative Forschungsfelder auf, die das Portfolio der Institute flexibel ergänzen. 90 Prozent der ehemaligen Max-Planck-Forschungsgruppenleiterinnen und -gruppenleiter wurden im Anschluss auf eine Professur berufen; zehn Prozent der Geförderten wurden später Wissenschaftliches Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft. Im Jahr 2016 haben zuletzt 21 neue Max-Planck-Forschungsgruppenleiterinnen und -gruppenleiter ihre Arbeit aufgenommen. Sieben von ihnen wurden gleichzeitig als **Assistant Professor (W2) mit Tenure Track** an die TU München berufen. Dies geschah auf Basis einer im vergangenen Jahr abgeschlossenen Rahmenvereinbarung mit der TU München.

almost 200 postdocs attended. In the coming years, the event is to be held in different locations across Germany and is due to be given greater definition. The *Career Steps Network* established at the end of 2016 that emphasizes greater networking between Administrative Headquarters and the Max Planck Institutes, will also devote more time to the subject of “career development and career support”. Additionally, it will help to coordinate the portfolio of centrally managed offers and services which the Institutes are able to provide directly to their junior scientists.

Since 1969, the Max Planck Society has been offering high-calibre junior scientists the opportunity to independently lead a research group for a fixed period of time. Thanks to the funding provided under the auspices of the Joint Initiative for Research and Innovation, it has been possible to set up further, in particular open-topic **Max Planck Research Groups**. They are chosen with the help of internationally renowned external experts as part of a competitive selection processes. Talented scientists working in Max Planck Research Groups tackle innovative research fields that enhance the institutes' portfolio. Some 90 percent of former Max Planck Research Group Leaders were subsequently offered professorships; ten percent of those who were supported in this role later became Scientific Members of the Max Planck Society. Most recently, 21 new Max Planck Research Group Leaders took up their work in 2016. In implementation of the framework agreement concluded last year for collaborating with the Technical University of Munich, a total of seven Max Planck Research Group Leaders were appointed as **Assistant Professors (W2) with tenure track** at the TU Munich.

■ Chancengleichheit Equal opportunities

Die Max-Planck-Gesellschaft hat das von der Politik und der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) als besonders wichtig erachtete Thema Chancengleichheit aufgegriffen und in den vergangenen Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um den Frauenanteil in wissenschaftlichen Leitungspositionen zu erhöhen. Die im Rahmen einer Selbstverpflichtung gesteckten Ziele führten zu einer deutlichen Steigerung des Anteils von Frauen in allen leitenden wissenschaftlichen Positionen.

Mit Senatsbeschluss vom März 2012 hat sich die MPG verpflichtet, im Zeitraum vom 1. Januar 2012 bis zum 1. Januar 2017 – wie bereits von 2005 bis 2010 – den Frauenanteil auf W3- und W2-Positionen sowie in den Vergütungsgruppen E13 bis E15Ü des Tarifvertrags für den öffentlichen Dienst (TVöD) um jeweils fünf Prozentpunkte zu steigern. Zum Jahreswechsel 2016/2017 endete diese zweite Selbstverpflichtungsphase. Dabei ist es in dem Zeitraum erneut gelungen, die Anteile von Frauen sichtbar zu erhöhen, auf der W3- und W2-Ebene konnte die MPG ihre selbstgesteckten Ziele sogar übertreffen:

	Soll (31.12.2016)	Ist (31.12.2016)
W3-Ebene	13,7 %	14,1 %
W2-Ebene	32,4 %	34,6 %
TVöD-Bereich	33,3 %	31,4 %

Im TVöD-Bereich tat sich die MPG etwas schwerer, die vorgegebene Steigerung zu erzielen; dieser umfasst mit rund 5.800 Personen auch die größte und heterogenste Gruppe mit der per se höchsten Fluktuationsrate der drei Ebenen. Vor diesem Hintergrund ist der Anstieg des Frauenanteils auf TVöD-Ebene um immerhin 3,1 Prozentpunkte auf 31,4 Prozent als durchaus erfolgreich zu bewerten.

Die Ziele der bisherigen Selbstverpflichtungen haben zu einem frühen Zeitpunkt, als dem Thema Chancengleichheit noch gesellschaftlich weniger Bedeutung beigemessen wurde, für eine Sensibilisierung in der Max-Planck-Gesellschaft und den notwendigen Rückenwind für Veränderungen gesorgt. Die Selbstverpflichtung bleibt auch weiterhin ein wichtiges Instrument, um die Frauenanteile auf allen Karriere-

The MPG took up the priorities set by the politicians and the JSC with regard to equal opportunities and identified them as an important subject. In the last few years, it has made considerable efforts to increase the proportion of women in leading scientific positions. The targets the MPG set itself in the process, led to a significant increase in the number of women in all leading scientific positions.

In a resolution adopted by the Senate in March 2012, the MPG undertook to raise the proportion of women in W3 and W2 positions as well as in salary groups E13 to E15Ü of the collective wage agreement for civil servants (TVöD) by five percentage points in each case in the period from 1 January 2012 to 1 January 2017 – as already achieved between 2005 and 2010. This second voluntary commitment phase concluded at the turn of 2016/2017. The MPG once again succeeded in visibly raising the proportion of women during this period, and it even exceeded the targets it had set itself at the W3 and W2 level.

	Target (31.12.2016)	Actual (31.12.2016)
W3-level	13.7 %	14.1 %
W2-level	32.4 %	34.6 %
TVöD	33.3 %	31.4 %

As far as the TVöD sector was concerned, the MPG had somewhat greater difficulty in achieving the specified increase; with around 5,800 people, it also comprises the largest and most heterogeneous group with by definition the highest rate of staff turnover of the three levels. Against this background, the rise in the proportion of women at TVöD level by 3.1 percentage points to 31.4 percent as at 31 December 2016 is definitely to be seen as a success.

The objectives of the MPG's previous voluntary commitments have created awareness at an early juncture and provided the necessary tailwind for the changes at a time when the subject of equal opportunities was still accorded less significance in society. The voluntary commitment remains an important tool for raising the proportion of women on all

ebenen zu steigern. Orientiert am Kaskadenmodell wird dieses weiter optimiert. In den Fokus rücken jetzt insbesondere der wissenschaftliche Nachwuchs und die Reduzierung der Zahl derer, die der Wissenschaft den Rücken kehren – ein Phänomen, das als „leaky pipeline“ bezeichnet wird.

Angesichts des erreichten Niveaus wird die neue Selbstverpflichtung einen Wechsel von einer pauschalen Steigerung der Frauenanteile zu einer sektionsspezifischen vollziehen. Denn das Bemühen, die Frauenanteile vor allem auf der höchsten Leitungsebene in der Wissenschaft weiterhin zu erhöhen, hat einen regelrechten Wettbewerb zwischen den Institutionen entfacht. Da der Pool an herausragenden Wissenschaftlerinnen vergleichsweise klein ist, werden inzwischen hochqualifizierte Frauen von einer Einheit zur nächsten abgeworben, was gesamtgesellschaftlich betrachtet einem Nullsummenspiel mit hohem finanziellen Aufwand entspricht, das langfristig nicht wirkt.

Wichtig ist es daher, den Pool an herausragenden Wissenschaftlerinnen zu erweitern, aus dem geschöpft werden kann; das gilt gerade für die Max-Planck-Gesellschaft, die sich mit dem Harnack-Prinzip verpflichtet hat, außergewöhnliche Forscherpersönlichkeiten zu fördern. Es ist dabei unerlässlich, den wissenschaftlichen Nachwuchs stärker in den Blick zu nehmen. Hier greift die Max-Planck-Gesellschaft bewusst die Logik des Kaskadenmodells auf: Es muss mehr denn je darum gehen, ein kluges Anreizsystem zu entwickeln, das auf der untersten Qualifikationsebene ansetzt, um Frauenanteile in Führungspositionen nachhaltig zu erhöhen. So sollen, unter anderem auch durch mehr Transparenz, Lücken dort geschlossen werden, wo Frauen nicht zum Zuge kommen.

VON ZIEL- ZU BESETZUNGSQUOTEN

Anstelle pauschaler Zielgrößen sollen das tatsächliche Berufungs- und Rekrutierungsgeschehen in den Blick genommen und sektionsspezifische Prozesse in Berufungsverfahren gestärkt werden. Es gilt also, mögliche stereotyp wirkende und somit hemmende Faktoren zu erkennen und zu verändern. Entscheidend ist hierbei, die unterschiedlichen Fächerkulturen der Sektionen zu beachten. Daher sind sektionsspezifische Besetzungsquoten das Kernelement der neuen Selbstverpflichtung der Max-Planck-Gesellschaft. Diese geben an, in welchem Verhältnis frei werdende Stellen künftig mit Frauen zu besetzen sind; sie orientieren sich dabei an Frauenanteilen wie sie international vergleichbare Wissenschaftseinrichtungen aufweisen. Besetzungsquoten spiegeln somit realistisch wider, wie viele herausragende Wissenschaftlerinnen am internationalen Markt tatsächlich für die jeweilige

career levels. This tool is being further refined, oriented at the cascade model. In particular, the focus is shifting towards reducing the “leaky pipeline” and onto junior scientists.

A blanket increase in the proportion of women across all Sections is no longer feasible at the level already reached. Especially as genuine competition has now broken out between the Institutes in view of the comparatively small pool of outstanding female scientists and the effort to further increase their proportion at the highest managerial level in science. Highly qualified women are poached from one unit to the next which from the point of view of the whole organization, represents a zero sum game at a high financial cost, but with no long-term effect.

It is important, therefore, to expand the pool of outstanding female scientists from which recruitments can be made; this applies especially to the MPG which has made a commitment to promote extraordinary research personalities in line with the Harnack principle. It is vital, therefore, to focus more strongly on junior scientists. Here, the Max Planck Society is quite deliberately echoing the logic of the cascade model. More than ever, it must be a question of developing a smart system of incentives that starts at the lowest level of qualifications in order to increase the proportion of women in managerial positions on a lasting basis. Among other things, greater transparency is to close any loopholes where women are not adequately considered.

FROM TARGETS TO PLACEMENT RATES

Instead of imponderable benchmarks, actual appointment and recruitment practice is to be reviewed, and real processes in the appointment procedure reinforced. The aim is to recognize any stereotypical factors which are therefore acting as brakes and to change them. It is crucial to take into consideration the different departmental cultures within the Sections. Section-specific placement rates therefore form a core element of the MPG's new voluntary commitment. These specify the ratio at which vacant posts must in future be filled with women. The placement rates are oriented towards proportions of women as shown by internationally comparable scientific institutions. They give a realistic reflection of how many outstanding female scientists are actually available on the international market in the respective Sections. Because they are based on the number of actual vacancies, placement rates not only enhance transparency but also increase the control options; the focus here is on real placement opportunities and not targets which may be unrealistic.

Sektion verfügbar sind. Indem frei werdende Stellen zugrunde gelegt werden, vergrößern die Besetzungsquoten nicht nur die Transparenz, sondern erhöhen auch die Steuerungsmöglichkeit; denn hier geht es um die reale Besetzungsmöglichkeit und nicht um fiktive Zielgrößen.

Um sektionsspezifische Besetzungsquoten auszuarbeiten, wurden im vergangenen Jahr die Wissenschaftlerinnenanteile der Departments führender und mit der Max-Planck-Gesellschaft qualitativ vergleichbarer Einrichtungen im In- und Ausland untersucht. Aus diesen Rekrutierungspools wurden sektionsspezifische Besetzungsquoten abgeleitet. Folgende Besetzungsquoten haben die Sektionen zur Erhöhung des Anteils von Wissenschaftlerinnen in Führungspositionen im Rahmen der dritten Selbstverpflichtung vom 1. Januar 2017 bis 31. Dezember 2020 festgelegt:

	Biologisch-Medizinische Sektion	Chemisch-Physikalisch-Technische Sektion	Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaftliche Sektion
W3-Ebene	30 %	20 %	30 %
W2-Ebene	35 %	25 %	45 %

	Biology and Medicine Section	Chemistry, Physics and Technology Section	Human Sciences Section
W3	30 %	20 %	30 %
W2	35 %	25 %	45 %

Am 18. November 2016 stimmte der Senat der Max-Planck-Gesellschaft diesen Besetzungsquoten zu. Diese liegen beinahe ausnahmslos über den Frauenanteilen der mehr als 300 untersuchten Departements: So wiesen zum Untersuchungszeitpunkt 70 Prozent der 173 analysierten Departments im Bereich der Biologisch-Medizinischen Sektion (BMS) einen Frauenanteil von null bis maximal 25 Prozent auf W3-Ebene auf. Die Besetzungsquote der BMS liegt mit 30 Prozent deutlich darüber. 69 Prozent aller 182 für die Chemisch-Physikalisch-Technischen Sektion (CPTS) untersuchten Departments hatten zum Untersuchungszeitpunkt einen Frauenanteil von null bis maximal 15 Prozent auf W3-Ebene. Mit einer Besetzungsquote von 20 Prozent liegt auch die CPTS hier deutlich über dem Level. Und schließlich wiesen von den 29 untersuchten Departments im Bereich der Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaftlichen Sektion (GSHS) knapp 63 Prozent einen Frauenanteil von null bis maximal 30 Prozent auf W3-Ebene auf. Mit einer Besetzungsquote von 30 Prozent liegt auch die GSHS über dem ihr weltweit zur Verfügung stehenden Rekrutierungspool.

In order to work out Section-specific placement rates, the proportion of female scientists in the departments of leading facilities at home and abroad of comparable quality to the MPG, was examined last year. Section-specific placement rates were derived from these recruitment pools. The Sections have determined the following placement rates to increase the proportion of female scientists in leading positions as part of the third voluntary commitment to run from 1 January 2017 to 31 December 2020:

The MPG's Senate adopted these placement rates on 18 November 2016. These lie almost without exception above the proportion of women in the more than 300 departments examined. For example, at the time of the investigation, 70 percent of the 173 departments analyzed in the BMS revealed a female proportion of zero to max. 25 percent at the W3 level. The placement target in the BMS is 30 percent which is considerably higher. 69 percent of all the 182 departments analyzed in the CPTS had a female proportion of zero to max. 15 percent at the W3 level at the time of the investigation. With a placement target of 20 percent, the CPTS is also significantly more ambitious than its international recruitment pool. And finally, almost 63 percent of the 29 departments analyzed in HS showed a female proportion of zero to max. 30 percent at the W3 level. With a placement target of 30 percent, HS too recruits women from the worldwide recruitment pool available to it.

The same also applies to the W2 level. At the time of the investigation, almost two thirds of the 173 departments

Analoges gilt für die W2-Ebene: Hier wiesen zum Untersuchungszeitpunkt knapp zwei Drittel der 173 analysierten Departments im Bereich der BMS einen Frauenanteil von null bis maximal 30 Prozent auf. Die Besetzungsquote der BMS liegt mit 35 Prozent darüber. 60 Prozent aller 182 für die CPTS untersuchten Departments hatten einen Frauenanteil von null bis maximal 20 Prozent – eine Besetzungsquote von 25 Prozent geht darüber hinaus. Und schließlich wiesen von den 29 untersuchten Departments im Bereich der GSHS knapp 60 Prozent einen Frauenanteil von null bis maximal 45 Prozent auf, wo hingegen die GSHS eine Besetzungsquote von 45 Prozent anstrebt.

Strukturelle Reformen im W2-Bereich werden darüber hinaus langfristig zu einer erhöhten Transparenz auch im Sinne der Chancengleichheit beitragen. Vorübergehend wird es jedoch nicht zuletzt in Folge des Auslaufens bisheriger befristeter W2-Sonderprogramme für Frauen zu einer stagnierenden, teils sogar rückläufigen Entwicklung im W2-Bereich kommen. Die positiven Neuerungen im W2-Bereich werden jedoch mittel- und langfristig ihre volle Wirkung entfalten.

DIE NEUE DRITTE EBENE DER SELBSTVERPFLICHTUNG

Um ihre Attraktivität für junge Wissenschaftlerinnen zu steigern, hat sich die Max-Planck-Gesellschaft entschieden, eine dritte Führungsebene (neben W3 und W2) einzuziehen. In ihr soll ein Großteil des bisherigen TVöD-Bereichs (Entgeltgruppen 13 bis 15Ü) aufgehen. Dazu wird die MPG eine im deutschen Wissenschaftssystem neue Position des Max Planck Established Researcher schaffen, die den Übergang vom Postdoc zu W2 klarer fassen soll; also jene Phase, in der junge Frauen und Männer grundsätzliche Entscheidungen über ihren weiteren Karriereweg treffen. Die Max-Planck-Gesellschaft wird als Teil ihrer Selbstverpflichtung auf der Ebene dieser Max Planck Established Researchers Instrumente und Maßnahmen etablieren, die der „leaky pipeline“ entgegenwirken. Mit Beschluss des Senats vom 18. November 2016 hat sich die MPG dazu verpflichtet, die Gruppe der Max Planck Established Researchers als neue Position zu definieren und mit Beginn 2018 für diese neue dritte Ebene der Selbstverpflichtung auch Besetzungsquoten vorzulegen. Die Entwicklung im übrigen TVöD-Bereich wird über das bestehende Monitoring zum Pakt für Forschung und Innovation weiterhin transparent dargestellt.

analyzed in the BMS revealed a female proportion of zero to max. 30 percent at the W2 level. The placement target in the BMS is 35 percent which is considerably higher. 60 percent of all the 182 departments analyzed in the CPTS had a female proportion of zero to max. 20 percent at the W2 level at the time of the investigation. With a placement target of 25 percent, CPTS is also aiming to exceed its international recruitment pool by a significant margin. And finally, almost 60 percent of the 29 departments analyzed in HS showed a female proportion of zero to max. 45 percent at the W2 level. With a placement target of 45 percent, HS is therefore also recruiting women from the worldwide recruitment pool available to it at W2 level.

In addition, structural reforms in the W2 area will contribute to increased transparency also as regards equal opportunities in the long term. Transitionally, however, there will be a stagnating and partly even declining trend in the W2 area, not least as a result of the phasing out of present fixed-term W2 special programmes for women. However, the positive innovations in the W2 area will unfold their full effect in the medium and long term.

THE NEW THIRD LEVEL OF THE VOLUNTARY COMMITMENT

In order to increase its attractiveness for young female scientists, the MPG has decided to extend its previous third managerial level, following W3 and W2. The majority of the previous TVöD area (E13-E15Ü) is to be subsumed in it. In this context, the MPG will create a new position in the German science system which is to more clearly define the transition from postdoc to W2, that phase in which young men and women make basic decisions on the path of their further career. In future, the Max Planck Society will establish effective instruments and measures as part of its voluntary commitment on the level of these Max Planck Established Researchers in order to reduce the "leaky pipeline". In a resolution passed by the Senate on 18 November 2016, the MPG committed itself to defining the group of Max Planck Established Researchers as a new position and also presenting placement rates for this new third level of its voluntary commitment, probably by the beginning of 2018. Developments in the remaining TVöD area will continue to be transparently displayed via the existing monitoring system for the Joint Initiative for Research and Innovation.

■ Nationale und internationale Kooperationen

National and international collaboration

Die zunehmende Komplexität wissenschaftlicher Fragestellungen macht es notwendig, Kompetenzen zu bündeln, um Spitzenforschung zu betreiben. Die Max-Planck-Gesellschaft ist für ihre Arbeit in ganz besonderer Weise auf wissenschaftsgeleitete und flexible Kooperationsstrukturen angewiesen. Auch im Jahr 2016 hat sie in diesem Sinne ihre vielfältigen Kooperationen zielgerichtet ausgebaut.

Eine produktive Vernetzung von Institutionen beginnt auf der Ebene der einzelnen Wissenschaftlerin und des einzelnen Wissenschaftlers. Sichtbarer Beleg für die enge personelle Zusammenarbeit von Max-Planck-Gesellschaft und Hochschulen sind die derzeit 309 Max-Planck-Wissenschaftlerinnen und Max-Planck-Wissenschaftler, die durch **Honorar- oder außerplanmäßige Professuren** an deutsche Hochschulen angebunden sind. Durch das Engagement der Honorarprofessorinnen und Honorarprofessoren in der Lehre gelingt es der Max-Planck-Gesellschaft, ihre innovativen, meist außerhalb curricularer Normen angesiedelten Forschungsansätze in die Hochschullehre einfließen zu lassen und damit für den wissenschaftlichen Nachwuchs zugänglich zu machen. Die Anbindung der Max-Planck-Wissenschaftlerinnen und Max-Planck-Wissenschaftler an die Hochschulen im Rahmen einer Honorarprofessur hat sich dabei als das flexibelste Instrument erwiesen. Darüber hinaus sind 2016 insgesamt 43 **gemeinsam mit einer Universität berufene** Professorinnen und Professoren an Max-Planck-Instituten tätig.

Max-Planck-Netzwerke unterstützen interdisziplinäre Forschungsansätze innerhalb der Max-Planck-Gesellschaft. Die bereitgestellten Mittel sollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus verschiedenen Max-Planck-Instituten Spitzenforschung auf neuen, Disziplinen übergreifenden Gebieten ermöglichen. Mit Max-Planck-Netzwerken werden risikobehaftete und insbesondere kostenintensive Forschungsthemen an der Schnittstelle mehrerer Disziplinen gefördert. In einem Netzwerk werden in der Regel mehrere, zu einem übergeordneten Forschungsthema gehörende und eher mittel- bis langfristig angelegte Teilprojekte von verschiedenen Max-Planck-Instituten und gegebenenfalls externen Partnern bearbeitet. Grundlage für die Gründung von Max-Planck-Netzwerken ist ein überzeugendes Konzept, das einer ausführlichen Begutachtung unterzogen wird. 2016

The increasing complexity of scientific issues necessitates that expertise is pooled in order to conduct cutting-edge research. The Max Planck Society is especially dependent on science-driven, flexible collaboration structures for its work. In 2016, it continued to expand its varied collaborations specifically with this in mind.

The productive networking of institutions begins at the level of individual scientists. The current number of 309 Max Planck scientists affiliated with German universities through **honorary or extraordinary professorships** are visible proof of the close cooperation between staff in the Max Planck Society and the universities. Through the commitment of its honorary professors to their teaching work, the Max Planck Society succeeds in making its innovative research work amenable to university teaching and thereby accessible to junior scientists, work which is usually located outside the confines of normal curricula. The affiliation of Max Planck scientists to universities as part of an honorary professorship has proven itself as the most flexible tool in this regard. In 2016, there are also a total of 43 professors working at Max Planck Institutes who have been appointed in conjunction with a university.

The **Max Planck networks** support interdisciplinary research approaches within the Max Planck Society. The funds provided are intended to facilitate scientists from various Max Planck institutes to conduct cutting-edge research in new, interdisciplinary fields. The Max Planck networks support risky and, in particular, costly research topics at the interfaces between multiple disciplines. In a network, several medium- to long-term sub-projects relating to a larger research topic are usually investigated by a number of Max Planck Institutes and, if applicable, external partners. A Max Planck network is based on a convincing concept that is subject to a detailed evaluation.

wurde kein neues Netzwerk eingerichtet; derzeit bestehen insgesamt fünf Max-Planck-Netzwerke:

- MaxNetAging
- MaxNet Energy on Materials and Processes for Novel Energy Systems
- Max Planck Research Network Synthetic Biology – MaxSynBio
- Max-Planck-Netzwerk Toward a History of Knowledge
- Max-Planck-Netzwerk Carbon Pump

Seit 2005 fördern die **Max-Planck-Gesellschaft** und die **Fraunhofer-Gesellschaft** aus Mitteln des Pakts für Forschung und Innovation Kooperationen, in denen die Kernkompetenzen beider Organisationen – Max-Planck mit der erkenntnisgetriebenen Grundlagenforschung, Fraunhofer mit der industrienahen Technologieentwicklung – bestmöglich zum Tragen kommen. Wissen für die Praxis schaffen, aus abstrakten Erkenntnissen Anwendungen entwickeln – das ist das Ziel des Programms. Die einmal jährlich eingehenden Anträge werden von einer gemeinsamen Kernkommission vergleichend begutachtet. Insgesamt 38 Projekte in technologisch und ökonomisch bedeutsamen Forschungsfeldern, wie zum Beispiel der Biotechnologie, den Life Sciences, Medizin, Sprachforschung, Mikroelektronik, Katalyseforschung, Quantenphysik, Informations- und Kommunikationstechnologie und Materialwissenschaften wurden bisher bewilligt. Insgesamt wurden von beiden Forschungsorganisationen seit Beginn des Programms gemeinsam über 40 Millionen Euro für Kooperationsprojekte bereit gestellt.

Für die im Berichtsjahr 2016 laufenden dreizehn Vorhaben (11 Projekte befanden sich in der laufenden Förderung, 2 haben ihre Arbeit im Frühjahr 2016 aufgenommen) stellte die Max-Planck-Gesellschaft Fördergeld in Höhe von rund 1,7 Millionen Euro aus zentralen Mitteln bereit. Vier neue Anträge für MPG-FhG-Kooperationen wurden 2016 bewilligt, die Anfang 2017 ihre Forschungsarbeiten aufnehmen werden: Die Projekte beschäftigen sich mit dem Zusammenwirken von Individuen bei der räumlichen Problemlösung im virtuellen Raum, mit den Nutzungsmöglichkeiten der Infrarotkammspektroskopie bei Echtzeit-Prozessanalysesystemen, mit der Entwicklung einer innovativen Laserstrahlquelle als Werkzeug für die Laserchirurgie sowie mit maschinellem Lernen.

Herausragende Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer können mit dem **Max Planck Fellow-Programm** ihre Forschung an einem Max-Planck-Institut vertiefen: Sie erhalten zusätzlich zu ihrem Lehrstuhl an der Universität für fünf Jahre

No new networks were set up in 2016; there are currently five Max Planck Networks in total:

- MaxNetAging
- MaxNet Energy on Materials and Processes for Novel Energy Systems
- Max Planck Research Network Synthetic Biology – MaxSynBio
- Max Planck Research Network: Toward a History of Knowledge
- Max Planck Network Carbon Pump

Since 2005, using funding provided under the auspices of the Joint Initiative for Research and Innovation, the **Max Planck Society** and the **Fraunhofer Society** have been supporting partnerships in which the core expertise of both organizations – Max Planck's knowledge-driven basic research, Fraunhofer's industry-related technology development – are used to their best possible advantage. Creating knowledge for everyday practice, developing applications from abstract findings: these are the objectives of the programme. The applications submitted once a year, are compared and assessed by a joint Core Committee. A total of 38 projects have so far been approved in technologically and financially important fields of research such as biotechnology, the life sciences, medicine, language research, microelectronics, catalysis research, quantum physics, IT and communications technology and material sciences. Altogether, over 40 million euros have been spent on these collaboration projects by both research organizations since the programme began.

For the thirteen projects running in the reporting year of 2016 (11 projects were at the stage of ongoing funding, 2 began work in the spring of 2016), the Max Planck Society provided funding of around 1.7 million euros from central funds. Four new applications for MPG-FhG collaborations were approved in 2016 which will take up their research work at the start of 2017. The projects look at the way in which individuals interact in solving spatial problems in virtual space, the uses of infrared comb spectroscopy in real-time process analysis systems, the development of an innovative source for a laser beam to be used as a tool for laser surgery and machine learning.

Outstanding university lecturers can consolidate their research at a Max Planck Institute with the **Max Planck Fellow Programme**. Besides their chair at the university, they receive an additional working group at a Max Planck

eine Arbeitsgruppe an einem Max-Planck-Institut. Insgesamt wurden bislang 78 exzellente Hochschulwissenschaftlerinnen und Hochschulwissenschaftler zu Max Planck Fellows bestellt. Seit 2005 wurden vier Max Planck Fellows zu Wissenschaftlichen Mitgliedern und zwei zu Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitgliedern der Max-Planck-Gesellschaft berufen. 2016 wurde sieben Max Planck Fellows neu berufen, zwei weitere wurden verlängert.

Ihre Position im internationalen Exzellenzwettbewerb sichert die Max-Planck-Gesellschaft durch Beteiligung an **internationalen Forschungsnetzwerken**. Komplexe Probleme können nur unter Einbeziehung verschiedener Expertinnen und Experten gelöst werden. Die Kooperation über nationale Grenzen hinweg ist daher eine Grundvoraussetzung für erfolgreiche wissenschaftliche Arbeit und für die Max-Planck-Gesellschaft daher immer schon eine *Conditio sine qua non*. Max-Planck-Institute sind international gefragte Partner: Derzeit bestehen 2500 Kooperationsprojekte mit ausländischen Einrichtungen. Die Beteiligung an internationalen Forschungsnetzwerken ermöglicht den Zugang zu wissenschaftlicher Infrastruktur, zu zusätzlichen Finanzquellen und interdisziplinärem Know-how.

Die Max-Planck-Gesellschaft treibt den Internationalisierungsprozess angesichts des wachsenden internationalen Wettbewerbs und des Bedarfs an internationalen Aktivitäten und wissenschaftlichen Kooperationen kontinuierlich voran. Sie kann dabei auf eine Vielzahl strategischer Instrumente zurückgreifen, von denen insbesondere die **Max Planck Center** in den vergangenen Jahren eine besondere Aufmerksamkeit erfahren haben. Dabei handelt es sich um wissenschaftliche Kooperationen, die aus der institutionellen Förderung jedes Partners oder aus Mitteln der jeweiligen nationalen Projektförderung für einen befristeten Zeitraum finanziert werden. Max Planck Center sind nicht auf Dauer angelegt und besitzen auch keine eigene Rechtsfähigkeit.

Im Rahmen dieser Kooperation werden Plattformen geschaffen, auf denen die beteiligten Institute und ihre internationalen Partner ihre Kenntnisse und Erfahrungen einbringen und durch die Kombination sich ergänzender Forschungsansätze und -methoden wirkungsvolle Synergien erzeugen können. Labore, Geräte und Bibliotheken werden gemeinsam genutzt; Förderanträge bei Drittmittelgebern für die Projektzusammenarbeit gemeinsam gestellt. Darüber hinaus stimulieren Max Planck Center den Austausch von Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern, sei es über die gemeinsame Doktorandenausbildung in einer Interna-

Institute for a period of five years. To date, a total of 78 excellent university scientists have been appointed Max Planck Fellows. Since 2005, four Max Planck Fellows have been appointed Scientific Members and two Max Planck Fellows have been appointed External Scientific Members of the Max Planck Society. In 2016, seven new Max Planck Fellows were appointed and a further two had their terms extended.

The Max Planck Society ensures its place in the international competition for excellence by participating in **international research networks**. After all, complex problems can only be resolved with the involvement of a variety of experts. Cross-border collaboration is therefore a basic prerequisite for successful scientific work, and for the Max Planck Society it is always a *sine qua non*. Max Planck Institutes are internationally sought-after partners – there are currently 2,500 existing collaboration projects with foreign facilities. Participation in international research networks facilitates access to scientific infrastructure, additional sources of funding and interdisciplinary expertise.

The Max Planck Society continuously drives the process of internationalization further in the face of growing international competition and the need for international activities and scientific partnerships. It can draw on a variety of strategic instruments, of which the **Max Planck Centers** in particular have attracted special attention in recent years. Max Planck Centers are financed by institutional funding from each partner or by funding available in the respective national project fund; they do not have legal capacity in their own right.

The Centers form platforms within these scientific cooperation programmes where the participating Max Planck institutes and their international partners can pool their respective knowledge and experience and through the combination of complementary research approaches and methods generate effective synergies. Laboratories, equipment and libraries are shared; applications for third-party funding are submitted jointly for project cooperation. The Max Planck Centers also encourage exchanges among junior scientists, whether this is effected through the shared doctoral training in an International Max Planck Research School, through the expansion of joint postdoctoral programmes or through the establishment of junior scientist and partner groups.

tional Max Planck Research School, über den Ausbau von gemeinsamen Postdoktorandinnen- und Postdoktoranden-Programmen oder die Einrichtung von Nachwuchs- und Partnergruppen.

Durch die Max Planck Center erhalten die Wissenschafts-kooperationen mit erstklassigen ausländischen Partnern in zukunftsweisenden Forschungsgebieten eine neue Qualität. Aktuell gibt es 16 Max Planck Center an 15 Standorten weltweit, die Hälfte davon befindet sich im Europäischen Forschungsraum. Im Jahr 2016 wurden Max Planck Center unter anderem mit der Universität im niederländischen Twente (Complex Fluid Dynamics) sowie dem Institut für Biomedizin und Gesundheit der Chinesischen Akademie der Wissenschaften in Guangzhou (Regenerative Biomedicine) vereinbart.

Bei den **Partnergruppen** handelt es sich um ein Instrument zur gemeinsamen Förderung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern mit Ländern, die an einer Stärkung ihrer Forschung durch internationale Kooperation interessiert sind. Hierzu zählen Indien, China, mittel- und osteuropäische sowie südamerikanische Länder. Partnergruppen können mit einem Institut im Ausland eingerichtet werden. Voraussetzung hierfür ist, dass exzellente Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler nach einem Forschungsaufenthalt an einem Max-Planck-Institut an ein leistungsfähiges und angemessen ausgestattetes Labor in ihrem Herkunftsland zurückkehren und an einem Thema weiterforschen, das auch im Interesse des vorher gastgebenden Max-Planck-Instituts ist. Die Arbeit der Partnergruppen wird nach drei Jahren evaluiert und kann bei positivem Votum auf fünf Jahre verlängert werden. Die Max-Planck-Gesellschaft fördert eine Max-Planck-Partnergruppe über einen Zeitraum von maximal fünf Jahren mit bis zu 20.000 Euro pro Jahr. 2016 arbeiteten 66 Partnergruppen weltweit; davon 48 in Asien und 11 in Südamerika. Bei einer Umfrage ergab sich: Für fast 60 Prozent der befragten Max-Planck-Direktorinnen und -Direktoren hatte die Einrichtung einer Partnergruppe eine stärkere Netzwerkbildung für das eigene Max-Planck-Institut im Gastland zur Folge.

Die erfolgreichen Organisationsprinzipien der Max-Planck-Gesellschaft, mit der sie wissenschaftliche Exzellenz sowie die Auswahl und Förderung besonders innovativer und interdisziplinärer Forschungsansätze sicherstellt, schlagen sich auch in Einrichtungen nieder, die nicht Teil der Max-Planck-Gesellschaft sind, für die die Max-Planck-Gesellschaft aber die wissenschaftliche Verantwortung trägt. Darunter sind vier **rechtlich selbstständige Max-Planck-Institute**, das

The Max Planck Centers bring the quality of scientific co-operation projects with first-class international partners in pioneering areas of research to a completely new level. There are currently 16 Max Planck Centers at 15 locations worldwide; half of them are located in the European Research Area. In 2016, Max Planck Centers were established, amongst others, with the University of Twente (complex fluid dynamics) and the Guangzhou Institutes of Biomedicine and Health of the Chinese Academy of Sciences (regenerative biomedicine).

Partner groups are an instrument used for the joint promotion of junior scientists involving countries that are interested in consolidating their research through international cooperation. These include, for example, India, China, Central and Eastern European countries and South American countries. Partner groups can be set up with an Institute outside Germany. The proviso is that high-calibre junior scientists who have completed a research residency at a Max Planck institute return to a leading and appropriately equipped laboratory in their country of origin and continue to research a topic that is also of interest to their previous host Max Planck institute. The work of the partner groups is evaluated after three years and, in the event of a positive evaluation, can be extended to five years. The Max Planck Society will fund a Max Planck partner group for a maximum period of five years to an amount of up to 20,000 euros per year. In 2016, there were 66 partner groups working around the world of which 48 were in Asia and 11 in South America. Almost 60% of Max Planck Institute Directors surveyed stated that the establishment of the partner group led to the formation of stronger networks for the Max Planck Institute in the host country.

The successful organization principles of the Max Planck Society for ensuring scientific excellence and for promoting especially innovative and interdisciplinary research approaches, also result in the establishment of affiliated facilities that are not part of the MPG. The initiative to do so stems from private sponsors or enquiries from specific countries – as it did in the case of the ESI. In Germany, the Ernst-Strüngmann Institute in Frankfurt (ESI) and the caesar in Bonn constitute **Max Planck affiliated facilities**; abroad, the same applies to the Max Planck Florida Institute for Neuroscience in the USA and the Max Planck Institute Luxembourg for International, European and Regulatory Procedural Law in Luxembourg. All four affiliated institutions are closely tied to other Max Planck Institutes in collaborative endeavours.

Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf, das Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr, das Max Planck Florida Institute for Neuroscience in Jupiter (USA) und das Max Planck Institute Luxembourg for International, European and Regulatory Procedural Law sowie zwei weitere **Max-Planck-assoziierte Einrichtungen**, das Ernst-Strüngmann-Institut in Frankfurt und das Forschungszentrum caesar in Bonn. Alle diese Einrichtungen sind eng in Kooperationen mit Max-Planck-Instituten eingebunden.

Mit dem Max Planck Florida Institute for Neuroscience in Jupiter, Florida, hat sich die Max-Planck-Gesellschaft einen Brückenkopf im US-amerikanischen Wissenschaftssystem geschaffen. Das Institut arbeitet sowohl eng mit den Max-Planck-Instituten in Deutschland als auch mit der lokalen Universität am Jupiter Campus zusammen. Diese erfolgreiche Zusammenarbeit wird auch in der Gründung einer International Max Planck Research School for Brain and Behavior gemeinsam mit dem Forschungszentrum caesar, der Universität Bonn und der Florida Atlantic University deutlich. Bisher sind zwei Abteilungen und fünf Max-Planck-Forschungsgruppen am Institut etabliert. Eine dritte Abteilung soll im Laufe des Jahres 2018 eingerichtet werden. Durch die Präsenz im dynamischen amerikanischen Forschungsraum wirkt das Max Planck Florida Institute for Neuroscience als Netzwerkatalysator zwischen deutschen und amerikanischen Spitzenforschern und -forschern und stärkt damit die Mission der Max-Planck-Gesellschaft als Markenbotschafter im Ausland für die deutsche Wissenschaft. Die Aufbaufinanzierung mit rund 186 Millionen US-Dollar erfolgte durch den Bundesstaat Florida und das Palm Beach County.

Am Max Planck Institute Luxembourg for International, European and Regulatory Procedural Law sind zwei Abteilungen aufgebaut sowie zwei Auswärtige Wissenschaftliche Mitglieder berufen worden. Mittelfristig ist die Einrichtung einer dritten Abteilung sowie einer Max-Planck-Forschungsgruppe vorgesehen. Die Grundfinanzierung des Instituts (den Ausbau eingeschlossen) erfolgt vollständig durch den Staat Luxemburg, der dafür eigens ein Gesetz erlassen hat. Durch die in Luxemburg vertretenen Institutionen der Europäischen Union bietet der Standort ideale Voraussetzungen für die Erforschung des Verfahrensrechts. Das Institut arbeitet eng mit dem Europäischen Gerichtshof zusammen und kooperiert mit der Universität Luxemburg unter anderem im Rahmen der International Max Planck Research School for Successful Dispute Resolution. Es besteht ein reger Austausch mit den juristischen Fakultäten der Université de Lorraine in Metz und Nancy sowie mit den Universitäten Trier und Saarbrücken.

With the Max Planck Florida Institute for Neuroscience in Jupiter, Florida, the Max Planck Society has established a bridgehead in the American scientific system. The Institute works closely both with the Max Planck Institutes in Germany and with the local university on the Jupiter campus. This successful collaboration is also exemplified in the foundation of an *International Max Planck Research School for Brain and Behavior* together with the caesar Research Center, the University of Bonn and Florida Atlantic University. Two departments and five Max Planck Research Groups have so far been established at the Institute. A third department is to be set up at the end of 2017. Thanks to its presence in the dynamic American research environment, the Max Planck Florida Institute for Neuroscience acts as a network catalyst between German and American cutting-edge researchers, thereby reinforcing the Max Planck Society's central mission as a brand ambassador abroad for German science. The State of Florida and Palm Beach County contributed 186 million US dollars to fund the development of the institute.

Two departments have been set up at the Max Planck Institute Luxembourg for International, European and Regulatory Procedural Law in Luxembourg and two External Scientific Members appointed. In the medium term, it is envisaged that a third department will be established as well as a Max Planck Research Group. The basic funding for the institution (including development) is fully financed by the State of Luxembourg, which specifically passed a law for this purpose. As a result of the institutions of the European Union represented in Luxembourg, the location offers ideal conditions for researching procedural law. For example, the Institute works closely with the European Court of Justice and cooperates with the University of Luxembourg, including as part of the *International Max Planck Research School for Successful Dispute Resolution*. There are active exchanges with the legal faculties of the Université de Lorraine in Metz and Nancy as well as with the universities of Trier and Saarbrücken.

Gesamtentwicklung im Personalbereich

Overall development in human resources

In der Max-Planck-Gesellschaft waren in ihren 83 Forschungseinrichtungen und in der Generalverwaltung zum Stichtag 31. Dezember 2016 insgesamt 22.995 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen tätig: 19.381 vertraglich Beschäftigte, 1.849 Stipendiatinnen und Stipendiaten sowie 1.765 Gastwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler³. Das entspricht im Vergleich zum vorherigen Stichtag einer Zunahme um 3,6 Prozent. Von den 19.381 vertraglich Beschäftigten waren 6.488 Personen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Hierarchieebenen Direktorium, Forschungsgruppenleitung oder Wissenschaftliche Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, was einem Zuwachs gegenüber dem Vorjahr von 7,2 Prozent entspricht. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler machen 33,5 Prozent aller vertraglich Beschäftigten aus.

Über das Jahr 2016 verteilt waren rund 15.400 Personen aus dem Bereich **Nachwuchs- und Gastwissenschaftler/-innen** mit einer jeweils unterschiedlich lang befristeten Tätigkeit in der Max-Planck-Gesellschaft tätig. Diese Gruppe umfasst: studentische und wissenschaftliche Hilfskräfte, Bachelorstipendiatinnen und -stipendiaten, Doktorandinnen und Doktoranden, Postdoktorandinnen und -doktoranden, Forschungsstipendiatinnen und -stipendiaten sowie Gastwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler. Insgesamt waren es knapp 200 mehr als im vorherigen Berichtsjahr.

Nahezu gleich geblieben ist die Zahl der **Auszubildenden** in der Max-Planck-Gesellschaft: Zu Beginn des Ausbildungsjahres am 1. September 2016 befanden sich insgesamt 509 Jugendliche (Vorjahr: 505) in einer Berufsausbildung, 40 Prozent von ihnen waren weiblich. Sie alle verteilen sich auf 35

As of the reporting date of 31 December 2016, there were a total of 22,995 employees working in the Max Planck Society's 83 research facilities and at its Administrative Headquarters: 19,381 contracted employees, 1,849 scholarship holders and 1,765 visiting scientists³. By comparison with the previous reporting date, that corresponds to an increase of 3.6 percent. Of the 19,381 contracted employees, 6,488 were scientists at Director, Research Group Leader or academic staff member level, corresponding to an increase of 7.2 percent compared to the previous year. Scientists account for 33.5 percent of all contracted employees.

Spread over the whole year of 2016, around 15,400 **junior and visiting scientists** worked in the Max Planck Society on fixed-term contracts of varying lengths. This group comprises: student and graduate assistants, scholarship holders on Bachelor degree courses, doctoral students, postdocs, research scholarship holders as well as visiting scientists. Altogether, there were almost 200 more than in the previous reporting year.

The number of **trainees** has remained almost the same in the Max Planck Society: at the beginning of the training year on 1 September 2016, there were a total of 509 young people (previous year: 505) in vocational training, 40 percent of them female. They were spread across 35 different apprenticeships in the administrations, workshops and laboratories of 71 facilities. 158 training contracts were concluded in the autumn of 2016, and a further 28 training places were not filled. Of 148 young people who completed their training in 2016, 124 were taken on.

verschiedene Ausbildungsberufe in Verwaltungen, Werkstätten und Laboren von 71 Einrichtungen. 158 Ausbildungsverträge wurden zum Herbst 2016 abgeschlossen, weitere 28 Ausbildungsplätze blieben unbesetzt. Von 148 jungen Menschen, die 2016 ihre Ausbildung abschlossen, wurden 124 weiterbeschäftigt.

Der Anteil der **Wissenschaftlerinnen** ist erneut leicht gestiegen, nämlich um 1,1 Prozentpunkte. Zum 31. Dezember 2016 betrug er 30,9 Prozent. Auf den einzelnen Karrierestufen differieren die Frauenanteile jedoch erheblich: So waren auf der W3-Ebene 14,1 Prozent Frauen, auf der W2-Ebene 34,6 Prozent und auf der Ebene der nach dem Tarifvertrag für den öffentlichen Dienst Beschäftigten 31,4 Prozent Frauen. Bei den nichtwissenschaftlich Beschäftigten ist der Frauenanteil regelmäßig höher; er lag diesmal bei 55,1 Prozent. Damit ergibt sich für alle Beschäftigten insgesamt ein Frauenanteil von 44,3 Prozent; das sind 0,2 Prozentpunkte mehr als zum Stichtag des Vorjahres.

In Teilzeit arbeiteten 28 Prozent der Beschäftigten; von den Teilzeitbeschäftigen waren 63,2 Prozent Frauen.

Gut ein Viertel (27 Prozent) der Beschäftigten kam **aus dem Ausland**. Unter den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern betrug der Anteil der aus dem Ausland stammenden Personen 47 Prozent; 104 der 297 Direktoriumsposten an den Instituten waren international besetzt, was 35 Prozent entspricht. 82,6 Prozent der Stipendiatinnen und Stipendiaten sowie 54,1 Prozent der Gastwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler hatten eine ausländische Staatsangehörigkeit.

Weitere Kennzahlen: Von den 19.381 vertraglich Beschäftigten wurden 16.759 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (davon 4.875 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler) aus institutioneller Förderung finanziert und 2.622 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (davon 1.613 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler) aus Drittmitteln. Das Durchschnittsalter der Beschäftigten betrug insgesamt 38,8 Jahre, das der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler lag bei 39,4 Jahren.

Im Jahr 2016 beschäftigte die Max-Planck-Gesellschaft (ohne die rechtlich selbstständigen Max-Planck-Institute für Kohlenforschung und für Eisenforschung) durchschnittlich 571 schwerbehinderte Menschen; das entspricht einer Quo-
te von 3,73 Prozent. Zur Erfüllung der Pflichtquote von fünf Prozent fehlten 194 Beschäftigte mit anerkannter Schwerbehinderung (45 Personen mehr als im Vorjahr).

The proportion of **female scientists** rose again slightly, by 1.1 percentage points. As at 31 December 2016, it stood at 30.9 percent. However, the female proportions differ considerably on individual career levels. For example, at the W3 level, the proportion of women was 14.1 percent, on the W2 level it was 34.6 percent and at the level of employees on contracts based on the collective agreement for Civil Servants, it was 31.4 percent. In the case of non-academic staff, the proportion of women is regularly higher; this year, it was 55.1 percent. This results in a female proportion of 44.3 percent for all employees; 0.2 percentage points more than on the reporting date for the previous year.

28 percent of employees were working part-time; 63.2 percent of those in part-time employment were women.

Over a quarter (27 percent) of employees came **from abroad**. Among the scientists, the proportion of those from abroad was 47 percent; 104 of 297 Directors' posts at the Institutes were filled from abroad, corresponding to 35 percent. 82.6 percent of scholarship holders and 54.1 percent of visiting scientists were of foreign nationality.

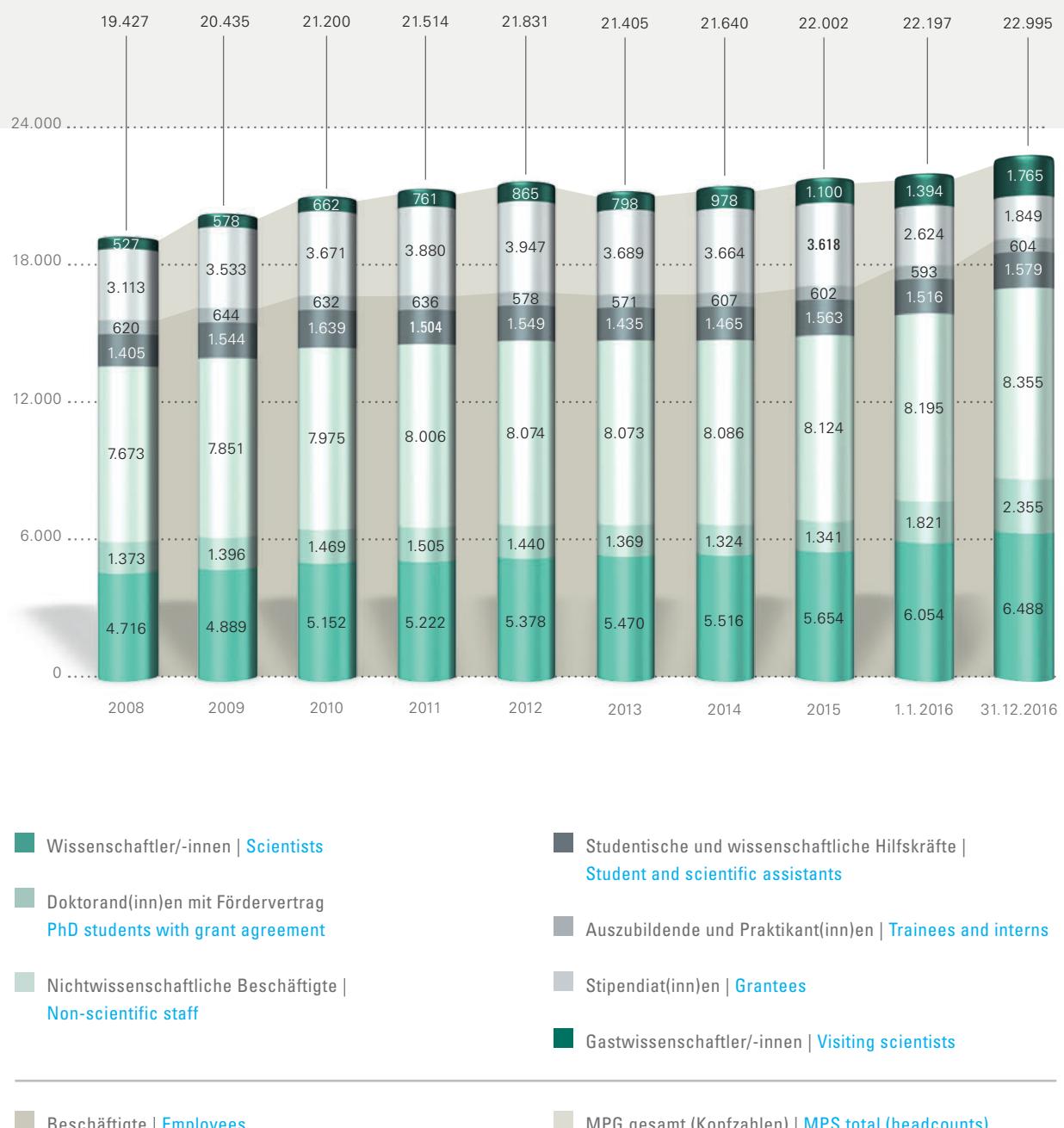
Further key figures: Of the 19,381 employees, 16,759 were institutionally funded (4,875 of them scientists), and 2,622 externally funded (1,613 of them scientists). The average age of all employees was 38.8; among scientists it was 39.4.

In 2016, the Max Planck Society (not including the legally independent Max-Planck-Institute für Kohlenforschung und für Eisenforschung) employed on average 571 individuals with severe disabilities; that corresponds to a quota of 3.73 percent. 194 more employees with recognized severe disabilities would have been required to meet the obligatory quota of five percent (45 more than in the previous year).

3) Die hier dargestellten Zahlen umfassen die Personaldaten der Max-Planck-Gesellschaft sowie ihrer rechtlich selbstständigen Institute. Die Zahlen allein für die Max-Planck-Gesellschaft ohne die rechtlich selbstständigen Einrichtungen sind den Tabellen auf den nachfolgenden Seiten zu entnehmen.

3) The figures shown here comprise the personnel data for the Max Planck Society and its legally independent Institutes. The figures for the Max Planck Society alone excluding the legally independent facilities can be taken from the tables on the following pages.

**ENTWICKLUNG PERSONAL GESAMT: BESCHÄFTIGTE, STIPENDIAT(INN)EN, GASTWISSENSCHAFTLER/-INNEN
DER MPG 2008–2016, STICHTAG 1.1. BIS JAHRESBERICHT 2015, STICHTAG 31.12. AB JAHRESBERICHT 2016 |
GENERAL STAFF DEVELOPMENT (EMPLOYEES, GRANTEES AND VISITING SCIENTISTS) OF THE MPS 2008–2016,
AS OF JANUARY 1 UNTIL ANNUAL REPORT 2015, DECEMBER 31 FOR ANNUAL REPORT 2016**



ÜBERSICHT BESCHÄFTIGTE, STIPENDIAT(INN)EN UND GASTWISSENSCHAFTLER/-INNEN (HC) ZUM STICHTAG 31.12.2016 |
OVERVIEW EMPLOYEES, GRANTEES AND VISITING SCIENTISTS (HC) AS OF 31ST DECEMBER 2016

Beschäftigte, Stipendiat(inn)en und Gastwissenschaftler/-innen, Stichtag 31.12.2016 Overview employees, grantees and visiting scientists (HC) as of 31 st December 2016	EIFO/ KOFO	MPG (ohne EIFO/ KOFO)	MPG Gesamt	Frauen- anteil in %	Institu- tionelle Mittel	Dritt- mittel	Personal aus Haushalten
				MPG Gesamt	MPG Gesamt	MPG Gesamt	MPG Gesamt
	EIFO/ KOFO	MPG (without EIFO/ KOFO)	MPG total	Percent- age of women total	Institut. funds total	Third- party funds total	Staff not on pay-roll register total
Direktoren und Direktorinnen	Directors and						
Wissenschaftliche Mitglieder	Scientific Members	8	289	297	14,1 %	297	0
Max-Planck Forschungsgruppenleiter/-innen	MP Research Group leaders	1	124	125	42,4 %	115	10
Forschungsgruppenleiter/-innen W2	Senior Research Scientists W2	5	231	236	30,5 %	228	8
Wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen	Academic staff	155	5.675	5.830	31,5 %	4.235	1.595
Wissenschaftler/-innen	Scientists	169	6.319	6.488	30,9 %	4.875	1.613
Doktorand(inn)en mit Fördervertrag	PhD students with grant agreement	55	2.300	2.355	39,1 %	1.853	502
Technik	Technical and IT staff	144	3.742	3.886	40,6 %	3.640	246
Administration	Administration	89	4.380	4.469	67,8 %	4.403	66
Nichtwissenschaftlich Beschäftigte	Total non-scientific staff	233	8.122	8.355	55,1 %	8.043	312
Studentische und wissenschaftliche Hilfskräfte	Student and scientific assistants	20	1.559	1.579	51,0 %	1.389	190
Auszubildende	Trainees	39	443	482	39,8 %	482	0
Praktikant(inn)en	Interns	2	120	122	45,9 %	117	5
Auszubildende und Praktikant(inn)en	Trainees and Interns	41	563	604	41,1 %	599	5
Beschäftigte	Total number of employees	518	18.863	19.381	44,3 %	16.759	2.622
IMPRS Bachelor	Bachelor IMPRS	0	83	83	44,6 %	83	0
Doktorand(inn)en mit Stipendium	PhD Students with stipend	52	932	984	43,2 %	904	80
Postdoktorand(inn)en mit Stipendium	Postdocs with stipend	21	607	628	33,0 %	592	36
Forschungsstipendiat(inn)en	Research Fellows	5	149	154	24,7 %	143	11
Stipendiat(inn)en	Grantees	78	1.771	1.849	38,2 %	1.722	127
Gastwissenschaftler/-innen	Visiting scientists	102	1.663	1.765	36,2 %	0	0
Personal Gesamt zum 31.12.2016	Personal Total as of 31st December 2016	698	22.297	22.995	43,2 %	18.481	2.749
							1.765

Bericht über die wirtschaftliche Entwicklung

Economic Report

FINANZIELLE RAHMENBEDINGUNGEN

Die Max-Planck-Gesellschaft wird auf Basis von Art. 91b Grundgesetz in Verbindung mit der Ausführungsvereinbarung zum GWK-Abkommen über die gemeinsame Förderung (AV-MPG) im Verhältnis 50:50 von Bund und Ländern finanziert (Grundfinanzierung). Im Rahmen des Pakts für Forschung und Innovation III streben Bund und Länder in den Jahren 2016 bis 2020 einen jährlichen Budgetzuwachs von 3 % an, der alleine vom Bund getragen wird. Darüber hinaus können Bund und Länder nach Zustimmung der Zuwendungsggeber in den Gremien der GWK über den jeweiligen Finanzierungsanteil hinausgehende Leistungen erbringen (Sonder- oder Teilsonderfinanzierungen).

Hiervon abweichend wird das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), das Teil der MPG ist, als assoziiertes Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft vom Bund und von den Sitzländern Bayern und Mecklenburg-Vorpommern nach den Regelungen für Mitgliedseinrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V. im Verhältnis 90:10 finanziert. Ein Assoziationsvertrag mit EUROfusion sichert und koordiniert die Zusammenarbeit mit der Europäischen Gemeinschaft auf dem Gebiet der Plasmaphysik.

Neben den Zuschüssen von Bund und Ländern zur institutionellen Förderung erhalten die Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute Projektförderungsmittel von Bundes- und Länderministerien sowie von der Europäischen Union, Zuwendungen von privater Seite sowie Spenden und Entgelte für eigene Leistungen.

FINANCIAL FRAMEWORK CONDITIONS

The Max Planck Society for the Advancement of Science is co-funded on the basis of Art. 91 b of the Basic Law in connection with the Implementation Agreement from the Joint Science Conference (Gemeinsame Wissenschaftskonferenz-GWK) on joint funding (execution agreement MPG (AV-MPG), by the Federal Government and the Länder (state governments) at a ratio of 50:50. As part of the Joint Initiative for Research and Innovation III, the MPG will receive annual budget growth of 3% from 2016 to 2020, financed solely by the Federal Government. In addition, the Federal and State Governments can provide services in excess of their respective funding shares with the approval of the funding bodies in the JSC governing bodies (special funding or partial special funding).

The exception to this system is the Max Planck Institute for Plasma Physics (IPP) which is part of the MPG, and which – as an associated member of the Helmholtz Association – is funded by the Federal Government and the home states of Bavaria and Mecklenburg-Western Pomerania at a ratio of 90:10 in accordance with the rules pertaining to member facilities of the Helmholtz Association of German Research Centres. Collaboration with the European Community in the field of plasma physics is secured and coordinated on the basis of an association agreement with EUROfusion.

In addition to the subsidies for institutional support from the Federal and State Governments, the Max Planck Society and its Institutes receive project funding from the ministries of the Federal and State Governments, and from the European Union, private contributions, donations and remuneration for services rendered.

Die MPG ohne IPP und die rechtlich selbstständigen Institute MPI für Eisenforschung GmbH und MPI für Kohlenforschung (rechtsfähige Stiftung) bilden gegenüber den Zuwendungsgebern eine Antragsgemeinschaft, die Empfängerin der Zuwendungen durch Bund und Länder ist. Die Umsetzung der Zuwendung innerhalb der Antragsgemeinschaft ist Aufgabe der MPG.

MPG without IPP and the legally independent Institutes MPI für Eisenforschung GmbH and MPI für Kohlenforschung (independent foundation) form an Application Collective vis-à-vis the funding providers. It is the responsibility of the MPG to allocate the grant within the Application Collective.

GESCHÄFTSVERLAUF UND LAGE

Die Finanzierung der MPG erfolgt weit überwiegend durch Zuschüsse. Die Bedeutung der Zuschussförderungen für die MPG wird aus der nachfolgenden Aufstellung ersichtlich:

BUSINESS DEVELOPMENT AND EARNINGS POSITION

The MPG is largely funded by subsidies. The significance of subsidy funding for the MPG is evidenced by the following table:

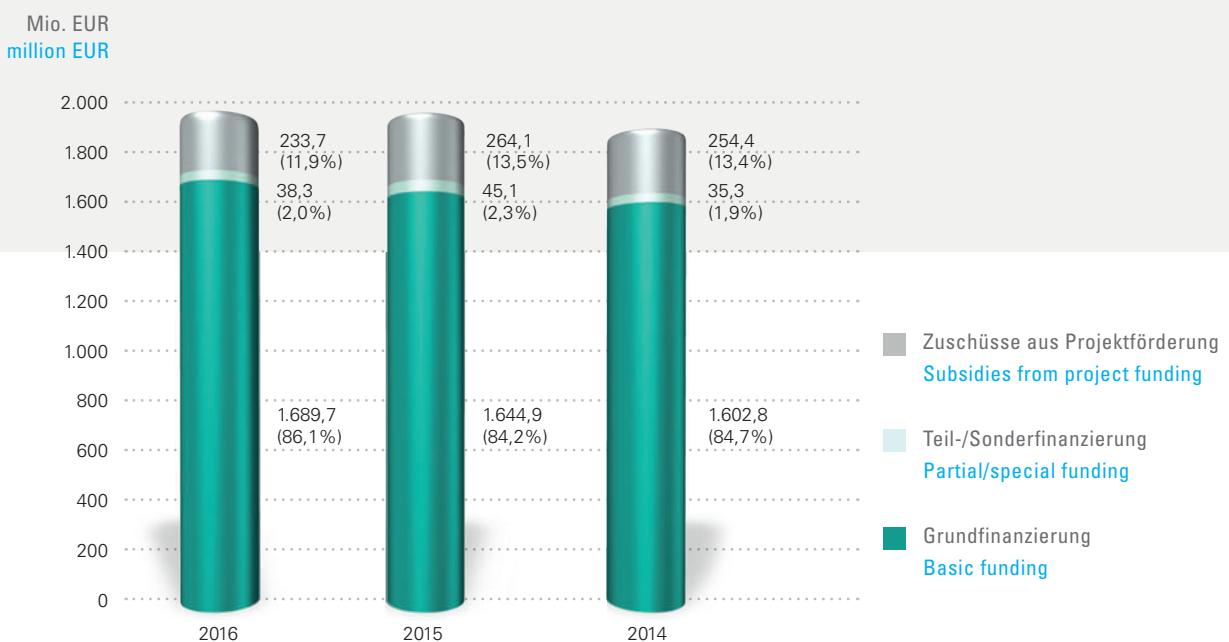
	2016		2015	
	Mio. EUR million EUR	% %	Mio. EUR million EUR	% %
Zuschüsse aus institutioneller Förderung Subsidies from institutional funding	1.728,0	81,3	1.690,0	80,6
Zuschüsse aus Projektförderung Subsidies from project funding	233,7	11,0	264,1	12,6
Eigene Erlöse und andere Erträge (ohne überjährig verfügbare Mittel) Own revenues and other income (excl. funds carried over from previous years)	140,6	6,6	109,4	5,2
Veränderung Forderungen aus Ausgleichsansprüchen Change in receivables from compensation claims	23,0	1,1	34,5	1,6
Erträge Auflösung Sonderposten (Tilgung Darlehen) Income from the release of extraordinary items (loan repayments)	0,1	0,0	0,2	0,0
Gesamterträge ohne überjährig verfügbare Mittel Total income excl. funds carried over from previous years	2.125,4	100,0	2.098,2	100,0
Erträge aus der Auflösung überjährig verfügbarer Mittel Income from the release of funds carried over from previous years	206,3		117,9	
GESAMT TOTAL	2.331,7		2.216,1	

Im Berichtsjahr entfielen ohne Berücksichtigung der Erträge aus der Auflösung überjährig verfügbarer Mittel 92,3 % (Vorjahr 93,1 %) der Erträge auf Zuschüsse aus institutioneller Förderung sowie aus Projektförderung.

Without taking into account income from the release of funds carried over from previous years, 92.3 percent (previous year 93.1 percent) of income was accounted for in the reporting year by institutional funding and project funding.

Die **Entwicklung der Zuschussfinanzierung** der MPG stellt sich wie folgt dar:

The **growth of subsidy funding** for the MPG is as follows:



Im Vergleich zum Vorjahr ergibt sich dabei folgende Entwicklung:

This results in the following changes compared with the previous year:

ENTWICKLUNG DER ZUSCHUSSFINANZIERUNG | GROWTH OF SUBSIDY FUNDING

		2016	2015	Veränderung Change	
		Mio. EUR million EUR	Mio. EUR million EUR	Mio. EUR million EUR	% %
Zuschüsse aus institutioneller Förderung	Subsidies from institutional funding	1.728,0	1.690,0	38,0	2,2
Grundfinanzierung	Basic funding	1.689,7	1.644,9	44,8	2,7
Teil-/Sonderfinanzierung	Partial/special funding	38,3	45,1	-6,8	-15,1
Zuschüsse aus Projektförderung	Subsidies from project funding	233,7	264,1	-30,4	-11,5
GESAMT	TOTAL	1.961,7	1.954,1	7,6	0,4

Von den Zuschüssen haben wiederum die **Zuschüsse aus institutioneller Förderung** (Grundfinanzierung und Teil-/Sonderfinanzierung) mit einem Anteil von 88,1 % (Vorjahr 86,5 %) die größte Bedeutung. Sie erhöhten sich im Berichtsjahr insgesamt um 38,0 Mio. EUR (2,2 %) auf 1.728,0 Mio. EUR.

Subsidies from institutional funding (basic funding and partial/special funding) in turn make up most of the subsidies with a share of 88.1 percent (previous year 86.5 percent). They increased in the reporting year by €38 million (2.2 percent) to €1,728 million.

Bezogen auf die MPG ohne IPP und die mit ihr eine Antragsgemeinschaft bildenden rechtlich selbstständigen MPI für Eisenforschung (EIFO) und MPI für Kohlenforschung (KOFO) stellen sich die Zuschüsse zur institutionellen Förderung im Soll (laut Wirtschaftsplan) und im Ist wie folgt dar:

Relative to the MPG excluding IPP and the legally independent MPI für Eisenforschung (EIFO) and MPI für Kohlenforschung (KOFO) which form a consortium of applicants with it, the budget figures and actuals for subsidies from institutional funding are as follows:

SOLL (LAUT WIRTSCHAFTSPLAN DER ANTRAGSGEMEINSCHAFT) | BUDGET (ACCORDING TO THE BUDGET FOR THE CONSORTIUM OF APPLICANTS)

	MPG ohne IPP MPG excl. IPP	EIFO EIFO	KOFO KOFO	Antrags- gemeinschaft Consortium of applicants	Antrags- gemeinschaft Consortium of applicants	Veränderung Change
	Soll 2016 TEUR Budget 2016 TEUR	Soll 2016 TEUR Budget 2016 TEUR	Soll 2016 TEUR Budget 2016 TEUR	Soll 2016 TEUR Budget 2016 TEUR	Soll 2015 TEUR Budget 2016 TEUR	%
Grundfinanzierung Basic funding	1.586.344	8.639	19.960	1.614.943	1.567.906	3,0
Teilsonderfinanzierung Partial/special funding	35.000	0	0	35.000	32.500	7,7
Sonderfinanzierung Special funding	10.658	0	0	10.658	8.530	24,9
Gesamtzuschuss Bund/Länder	1.632.002	8.639	19.960	1.660.601	1.608.936	3,2
Total subsidy government/federal states						
Sonstige Teilsonderfinanzierung Other partial special funding	1.671	0	0	1.671	1.624	2,9
ZUSCHÜSSE GESAMT	1.633.673	8.639	19.960	1.662.272	1.610.560	3,2
TOTAL SUBSIDIES						

IST (NACH UMSETZUNG INNERHALB DER ANTRAGSGEMEINSCHAFT) | ACTUALS (AFTER IMPLEMENTATION WITHIN THE CONSORTIUM OF APPLICANTS)

	MPG ohne IPP MPG excl. IPP	EIFO EIFO	KOFO KOFO	Antrags- gemeinschaft Consortium of applicants	Antrags- gemeinschaft Consortium of applicants	Veränderung Change
	Soll 2016 TEUR Budget 2016 TEUR	Soll 2016 TEUR Budget 2016 TEUR	Soll 2016 TEUR Budget 2016 TEUR	Soll 2016 TEUR Budget 2016 TEUR	Soll 2015 TEUR Budget 2016 TEUR	%
Grundfinanzierung Basic funding	1.583.415	10.529	20.999	1.614.943	1.567.906	3,0
Teilsonderfinanzierung Partial/special funding	29.908	0	0	29.908	32.400	-7,7
Sonderfinanzierung Special funding	6.726	0	0	6.726	11.009	-38,9
Gesamtzuschuss Bund/Länder	1.620.049	10.529	20.999	1.651.577	1.611.315	2,5
Total subsidy government/federal states						
Sonstige Teilsonderfinanzierung Other partial special funding	1.728	0	0	1.728	1.682	2,7
ZUSCHÜSSE GESAMT	1.621.777	10.529	20.999	1.653.305	1.612.997	2,5
TOTAL SUBSIDIES						

Die Zuschüsse zur Grundfinanzierung weisen im Soll laut Wirtschaftsplan gegenüber dem Vorjahr für die gesamte Antragsgemeinschaft wie für die MPG ohne IPP aufgrund der Fortschreibung des Paktes für Forschung und Innovation einen Anstieg um 3 % auf. Nach Umsetzung innerhalb der Antragsgemeinschaft ergibt sich im Ist für die MPG ohne IPP bei den Zuschüssen der Grundfinanzierung gegenüber dem Vorjahr ein Anstieg um 2,9 % (von 1.538.696 TEUR im Vorjahr auf 1.583.415 TEUR), da über den Ansatz im Wirtschaftsplan hinaus weitere Zuschüsse an EIFO und KOFO umgesetzt wurden, etwa für die Teilnahme an Programmen und Projekten der MPG (wie International Max Planck Research Schools, Max-Planck-Fraunhofer-Kooperationen).

Auf das IPP entfallen Zuschüsse der Grundfinanzierung in Höhe von 106.246 TEUR (Vorjahr 106.202 TEUR).

Die Zuschüsse zur Teil-/Sonderfinanzierung einschließlich der sonstigen Teilsonderfinanzierung betreffen nur die MPG ohne IPP. Gegenüber dem Vorjahr ergibt sich hier im Ist insgesamt ein Rückgang um 6,8 Mio. EUR (15,1 %) auf 38,3 Mio. EUR.

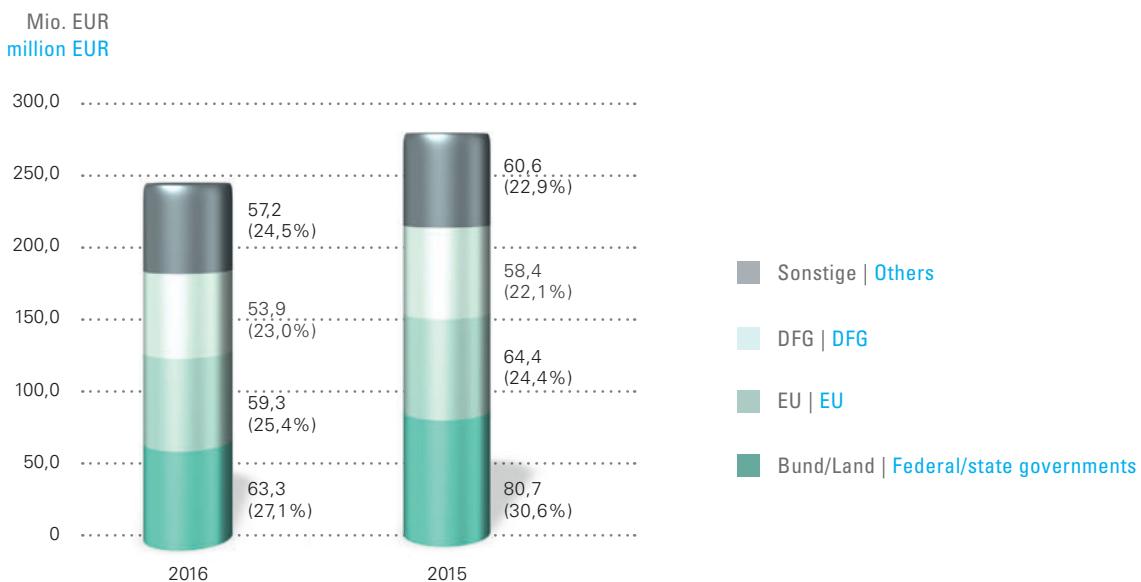
Die **Zuschüsse aus Projektförderung** betrugen im Berichtsjahr 233,7 Mio. EUR oder 11,0 % des Gesamtbetrags der Erträge ohne überjährig verfügbare Mittel. Im Vergleich zum Vorjahr sind sie um 30,4 Mio. EUR beziehungsweise um 11,5 % zurückgegangen. Sie verteilen sich im Vergleich zum Vorjahr wie folgt auf die unterschiedlichen Zuwendungsgeber:

The subsidies for basic funding show a budgeted year-on-year increase of three percent for the entire consortium of applicants as well as for the MPG excl. IPP due to the continuation of the Joint Initiative for Research and Innovation. After implementation within the consortium of applicants, actual subsidies to basic funding for the MPG excl. IPP show a rise of 2.9 percent over the previous year (from €1,538,696 thousand in the previous year to €1,583,415 thousand) as further subsidies were granted to EIFO and KOFO over and above the budget figure, for example for participating in MPG programmes and projects (such as International Max Planck Research Schools, Max Planck-Fraunhofer collaborations).

The IPP accounted for subsidies to basic funding of €106,246 thousand (previous year €106,202 thousand).

The subsidies to partial/special funding including other partial special funding only relate to the MPG excl. IPP. Actuals here fell by a total of €6.8 million (15.1 percent) to €38.3 million by comparison with the previous year.

Subsidies from project funding amounted to €233.7 million in the reporting year or 11 percent of total income not including funds carried over from previous years. They fell by €30.4 million or 11.5 percent by comparison with the previous year. They are split among the various funding bodies as follows by comparison with the previous year:



Dabei war im Berichtsjahr bei allen wesentlichen Drittmittelgebern ein Rückgang zu verzeichnen.

The figures for all the major providers of external funding fell in the reporting year.

AUFGLEIDERUNG DER PROJEKTFÖRDERUNG NACH ZUSCHUSSGEBER | BREAKDOWN OF PROJECT FUNDING BY SUBSIDY PROVIDER

		2016	2015	Veränderung Change	
		Mio. EUR million EUR	Mio. EUR million EUR	Mio. EUR million EUR	% %
Bund/Land	Federal/state governments	63,3	80,7	-17,4	-21,6
EU	EU	59,3	64,4	-5,1	-7,9
DFG	DFG	53,9	58,4	-4,5	-7,7
Sonstige	Others	57,2	60,6	-3,4	-5,6
GESAMT	TOTAL	233,7	264,1	-30,4	-11,5

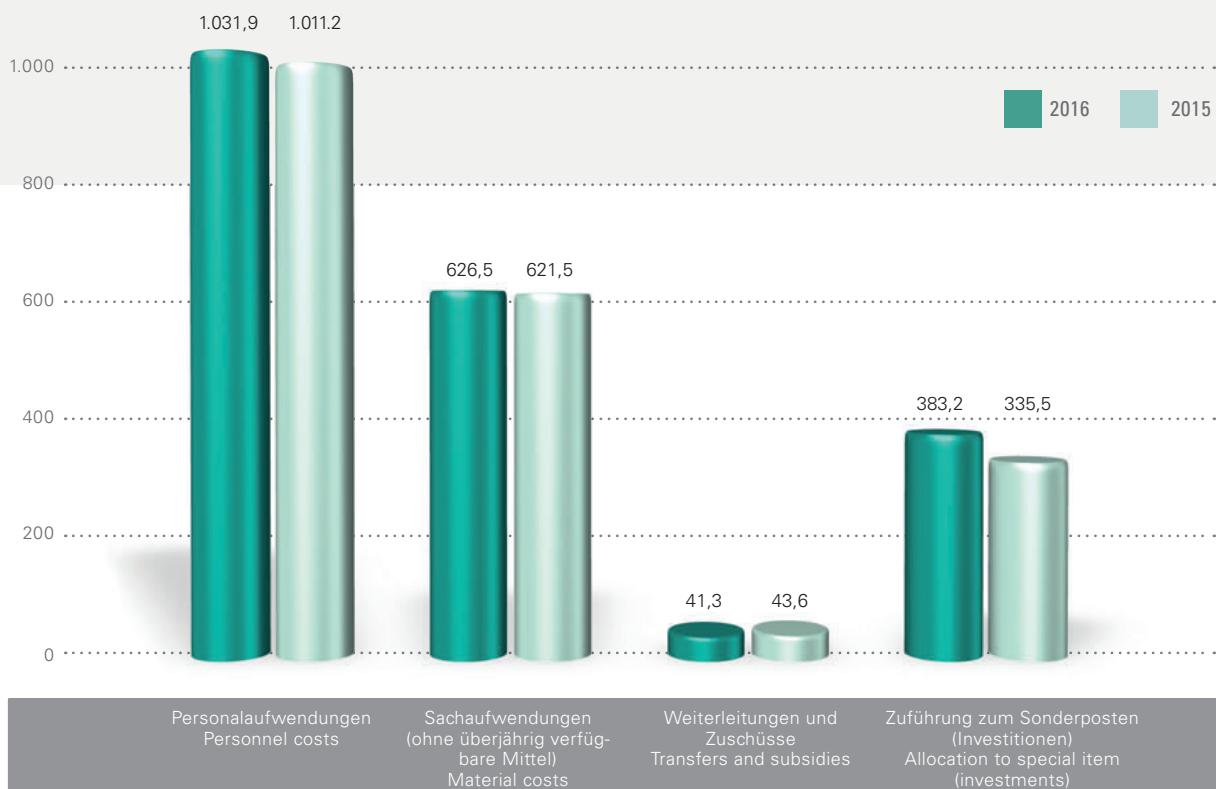
Die **Gesamtaufwendungen** der MPG setzen sich wie folgt zusammen:

The MPG's **total expenditure** is made up as follows:

ZUSAMMENSETZUNG DER AUFWENDUNGEN | BREAKDOWN OF EXPENDITURE

		2016	2015	Veränderung Change	
		Mio. EUR million EUR	% %	Mio. EUR million EUR	% %
Personalaufwendungen	Personnel costs	1.031,9	49,5	1.011,2	50,2
Sachaufwendungen (ohne überjährig verfügbare Mittel)	Material costs (not including multi-year funding)	626,5	30,1	621,5	30,9
Weiterleitungen und Zuschüsse	Transfers and subsidies	41,3	2,0	43,6	2,2
Zuführung zum Sonderposten (Investitionen)	Allocation to special item (investments)	383,2	18,4	335,5	16,7
Gesamtaufwendungen ohne überjährig verfügbare Mittel	Total expenditure excl. funds carried over from previous years	2.082,9	100,0	2.011,8	100,0
Aufwendungen aus der Einstellung in überjährig verfügbare Mittel	Expenses for allocation to funds available from previous years	248,6		206,3	
GESAMTAUFWENDUNGEN	TOTAL EXPENDITURE	2.331,5		2.218,1	

Mio. EUR
million EUR



Die Personalaufwendungen stellen den größten Anteil an den Gesamtaufwendungen dar.

Die in Zusammenhang mit Investitionen in das Anlagevermögen erfolgten Zuführungen zum Sonderposten, die gegenüber dem Vorjahr um 47,7 Mio. EUR beziehungsweise um 14,2 % gestiegen sind, betrafen im Wesentlichen Investitionen für wissenschaftliche Geräte (185,1 Mio. EUR, Vorjahr 154,3 Mio. EUR), EDV- und Einrichtungsinventar (89,5 Mio. EUR, Vorjahr 68,4 Mio. EUR) sowie Baumaßnahmen (91,0 Mio. EUR, Vorjahr 96,8 Mio. EUR).

Im Rahmen von Baumaßnahmen wurden außerdem Instandhaltungsaufwendungen (Bestandteil der Sachaufwendungen) in Höhe von 47,1 Mio. EUR (Vorjahr 54,6 Mio. EUR) getätigt.

Personnel costs represent the biggest share of total expenditure.

The allocations to the extraordinary item in connection with investments in fixed assets which increased by €47.7 million or 14.2 percent over the previous year, essentially related to investments for scientific equipment (€185.1 million, previous year €154.3 million), IT and facility equipment (€89.5 million, previous year €68.4 million) as well as building work (€91.2 million, previous year €96.8 million).

Maintenance expenses (part of material costs) amounting to €47.1 million (previous year €54.6 million) were also incurred.

Für folgende große Baumaßnahmen sind im Berichtsjahr wesentliche Aufwendungen entstanden (Summe aus Zuführung zum Sonderposten (Investitionen) sowie Instandhaltung):

The following major building work resulted in significant expenditure in the reporting year (total from allocation to extraordinary item (investments) as well as maintenance):

	Mio. EUR million EUR
MPI für intelligente Systeme, Stuttgart, Neubau Institutsgebäude Tübingen	17,6
MPI für die Physik des Lichts, Erlangen, Institutneubau	11,6
MPI für molekulare Zellbiologie und Genetik, Dresden, Erweiterungsbau für Systembiologie	5,6

Das Jahresergebnis der MPG stellt damit sich wie folgt dar:

The MPG's year-end results are as follows:

JAHRESERGEWINN | ANNUAL RESULT

	2016 Mio. EUR million EUR	2015 Mio. EUR million EUR
Erträge	Income	2.331,7
Aufwendungen	Expenditure	2.331,5
GESAMT	TOTAL	0,2
		-2,0

Die Gesamterträge übersteigen im Berichtsjahr den Gesamtbetrag der Aufwendungen um 0,2 Mio. EUR. Das Jahresergebnis ergibt sich ausschließlich im „Nicht aus öffentlichen Mitteln finanzierten Vermögen“ (NÖV), aus dem Mittel für satzungsgemäße Zwecke (Forschungsförderung) bereitgestellt werden. Das Eigenkapital hat sich entsprechend erhöht. Abgesehen vom NÖV schließt der Jahresabschluss der MPG mit einem ausgeglichenen Jahresergebnis ab.

Total income in the reporting year exceeds the total amount for expenditure by €0.2 million. The net profit results exclusively from „non-publicly funded assets“ (NÖV) from which funds are provided for purposes defined in its statutes (funding research). Equity increased accordingly. Apart from NÖV, the MPG's annual financial statements show breakeven.

VERMÖGENS- UND FINANZLAGE

Nachfolgende Aufstellungen verdeutlichen die Entwicklung des Vermögens und der Schulden im Berichtsjahr:

NET ASSETS AND FINANCIAL POSITION

The following tables show the growth of assets and liabilities in the reporting year:

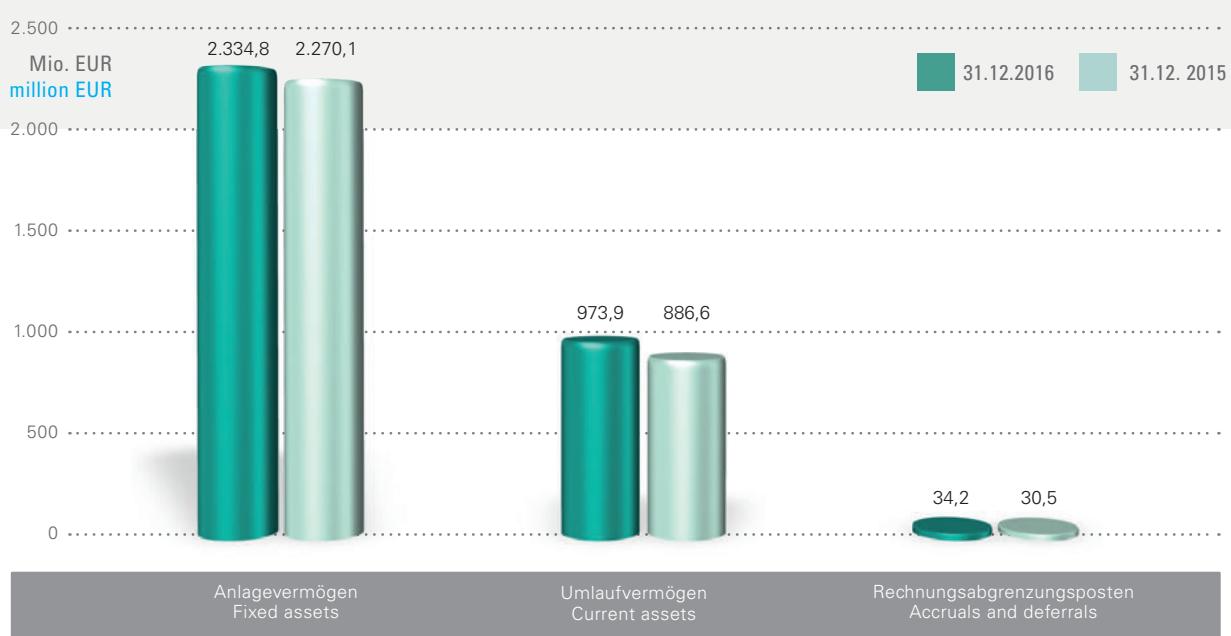
AKTIVA | ASSETS

31.12.2016

31.12.2015

Veränderung
Change

		Mio. EUR million EUR	% %	Mio. EUR million EUR	% %	Mio. EUR million EUR	% %
Anlagevermögen	Fixed assets	2.334,8	69,9	2.270,1	71,2	64,7	2,9
Umlaufvermögen	Current assets	973,9	29,1	886,6	27,8	87,3	9,8
Rechnungsabgrenzungsposten	Accruals and deferrals	34,2	1,0	30,5	1,0	3,7	12,1
GESAMT	TOTAL	3.342,9	100,0	3.187,2	100,0	155,7	4,9



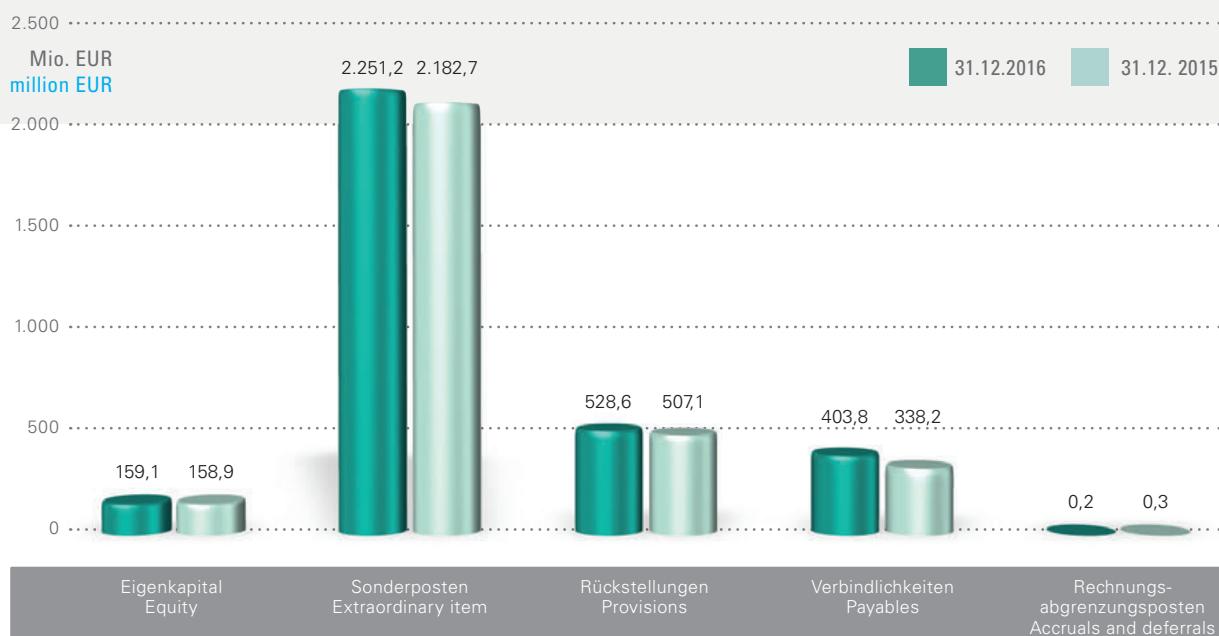
Das Anlagevermögen hat sich um 64,7 Mio. EUR (2,9 %) erhöht. Dabei stehen den Investitionen von 384,2 Mio. EUR Abschreibungen des laufenden Geschäftsjahres von 313,2 Mio. EUR gegenüber. Der Erhöhung des Anlagevermögens steht auf der Passivseite eine entsprechende Erhöhung des Sonderpostens aus Zuschüssen zum Anlagevermögen gegenüber.

Die Erhöhung des Umlaufvermögens resultiert maßgeblich aus den höheren Forderungen gegen Zuwendungsgeber aus institutioneller Förderung, die im Wesentlichen Selbstbewirtschaftungsmittel enthalten.

Fixed assets rose by €64.7 million (2.9 percent). The investments of €384.2 million were matched by depreciation in the current financial year of €313.2 million. The increase in fixed assets is balanced on the liabilities side of the balance sheet by a corresponding increase in the extraordinary item consisting of subsidies to fixed assets.

The increase in current assets results essentially from higher receivables from funding bodies from institutional funding which mainly contain self-management funds.

PASSIVA LIABILITIES AND EQUITY		31.12.2016		31.12.2015		Veränderung Change	
		Mio. EUR million EUR	% %	Mio. EUR million EUR	% %	Mio. EUR million EUR	% %
Eigenkapital	Equity	159,1	4,8	158,9	5,0	0,2	0,1
Sonderposten	Extraordinary item	2.251,2	67,3	2.182,7	68,5	68,5	3,1
Rückstellungen	Provisions	528,6	15,8	507,1	15,9	21,5	4,2
Verbindlichkeiten	Payables	403,8	12,1	338,2	10,6	65,6	19,4
Rechnungsabgrenzungsposten	Accruals and deferrals	0,2	0,0	0,3	0,0	-0,1	-33,3
GESAMT	TOTAL	3.342,9	100,0	3.187,2	100,0	155,7	4,9



Das wirtschaftliche Eigenkapital als Summe von Eigenkapital und Sonderposten betrug zum Bilanzstichtag 2.410,3 Mio. EUR (72,1 % der Bilanzsumme) gegenüber 2.341,6 Mio. EUR (73,5 % der Bilanzsumme) zum 31. Dezember 2015.

Dem Anstieg der Rückstellungen stehen auf der Aktivseite höhere Forderungen gegen Zuwendungsgeber aus Ausgleichsansprüchen innerhalb des Umlaufvermögens gegenüber.

Die Erhöhung der Verbindlichkeiten ergibt sich hauptsächlich aus dem Anstieg der überjährig verfügbaren Mittel aus institutioneller Förderung, die bilanziell als Verbindlichkeiten gegenüber Zuwendungsgebern ausgewiesen werden.

Die Versorgung der Max-Planck-Gesellschaft mit Liquidität ist jederzeit gewährleistet. Die monatsanteiligen Raten der Zuschüsse durch die Länder gehen zu festen Zahlterminen ein. Darüber hinaus wird der Bedarf an liquiden Mitteln tagesgenau ermittelt. Dabei kann sich die Max-Planck-Gesellschaft kurzfristig über das Abrufverfahren des Bundes mit Liquidität versorgen.

The economic equity as the sum of equity and the extraordinary item stood at €2,410.3 million (72.1 percent of total assets) on the reporting date compared with €2,341.6 million (73.5 percent of total assets) as at 31.12.2015.

The increase in provisions is matched on the assets side of the balance sheet by higher receivables from funding bodies resulting from compensation claims within current assets.

The increase in liabilities results mainly from the rise in funds from institutional funding carried over from previous years which are shown on the balance sheet as liabilities towards funding bodies.

The liquidity of the Max Planck Society is guaranteed at all times. The monthly instalments of subsidies from the Federal states are received on fixed payment dates. In addition, the need for liquid funds is determined on a daily basis. The Max Planck Society can procure short-term liquidity via the Federal government's call-off procedure.

ERFOLGSORIENTIERTER RESSOURCENEINSATZ UND WETTBEWERBLICH VERGEBENE MITTEL

Die Max-Planck-Gesellschaft überprüft ihre wissenschaftliche Exzellenz und die Qualität der eingesetzten Ressourcen auf der Basis eines differenzierten Evaluierungssystems. Sie greift dabei auf ein weltweites Netzwerk von zurzeit etwa 810 Fachbeiratsmitgliedern (sogenannten Peers) von den weltweit führenden Universitäten und Forschungseinrichtungen zurück. An insgesamt 40 Fachbeiratssitzungen pro Jahr beteiligen sich über 300 internationale Experten. Die Evaluierung durch die Fachbeiräte der Institute gewährleistet eine regelmäßige Bewertung der Qualität der wissenschaftlichen Arbeit sowie des erfolgsorientierten Einsatzes der Forschungsmittel an den Instituten.

Den Empfehlungen der internationalen Kommission zur Systemevaluation folgend setzt die MPG auch das Instrument der Mittelvergabe im internen Wettbewerb ein. Hierfür steht ein Budget von über 170 Mio. EUR zur Verfügung. Bevor der Präsident über eine Mittelbewilligung entscheidet, erfolgt eine intensive Prüfung und Bewertung der eingereichten Projektanträge. Etablierte Verfahren des organisationsinternen Wettbewerbs stellen dabei sicher, dass nur die besten Projektanträge in Bezug auf die verschiedenen internen Programme eine Bewilligung erhalten. Die im Wettbewerb bewilligten Maßnahmen werden für Berichtszwecke gesondert ausgewertet und nachgewiesen.

Neben der wettbewerblichen Komponente spielen bei der internen Mittelvergabe sowohl forschungsstrategische als auch wissenschaftspolitische Überlegungen eine Rolle. Daher werden zahlreiche Maßnahmen wie wissenschaftliche Projekte, wissenschaftliche Großgeräte und IT-Ausstattung sowie interne Programme in Konkurrenz zueinander realisiert. Mit den internen Programmen werden insbesondere strategische Themen umgesetzt wie die offen ausgeschriebenen Max-Planck-Forschungsgruppen im Bereich der wissenschaftlichen Nachwuchsförderung, das Max Planck Fellow-Programm im Bereich der Zusammenarbeit mit den Universitäten, die Max Planck Center im Bereich der Zusammenarbeit mit ausländischen Forschungseinrichtungen oder die Max-Planck-Fraunhofer-Kooperationen im Bereich der Zusammenarbeit mit außenuniversitären Forschungsorganisationen.

PERFORMANCE-BASED RESOURCE DEPLOYMENT AND COMPETITION FOR RESOURCES

The Max Planck Society employs a nuanced and globally linked evaluation system to review its scientific excellence and quality of resource deployment. The MPG's approximately 810 Scientific Advisory Board Members (scientific peers) come from the world's leading universities and research institutes. More than 300 international experts take part in 40 Scientific Advisory Board meetings per year. The evaluation procedure by the Institutes' Scientific Advisory Boards guarantees the regular assessment of the scientific quality and success-based deployment of research funds.

When the budget is implemented, Institutes compete for resources within the MPG on the basis of recommendations made by the International Committee for System Evaluation. There is a budget of over 170 million EUR available for this purpose. The President's decisions on the approval of funds are preceded by an intensive review and assessment of the project applications submitted. Established competitive procedures within the organization ensure that only the best project submissions and applications from outstanding scientists for the various internal programmes receive approval. The measures approved in the competitive process are evaluated and evidenced separately for reporting purposes.

Besides the competitive aspect, science policy and research strategy considerations also play a role in the internal allocation of resources in the interests of initiating innovations, new methods of work and cooperation and new (shared) research fields for our Institutes. In this context, we realize numerous measures in competition with each other, including scientific projects, large scientific equipment and IT equipment, and the internal programmes. Our internal programmes focus particularly on strategic topics, such as the open-subject Max Planck Research Groups in connection with the support of junior scientists and equal opportunities, the Max Planck Fellow programme concerning cooperation with universities, the Max Planck Centers' programme for cooperation with foreign research institutions, and the Max Planck/Fraunhofer programme of cooperations involving working with non-university research organizations.

Chancen-/Risikobericht

Opportunities and risks report

Grundlagenforschung basiert auf einem stets offenen Erkenntnisprozess, der Wissenschaftsfreiheit voraussetzt. Individuelle wie institutionelle Autonomie ist dabei kein Selbstzweck, sondern wie die Förderung herausragender Forscherinnen und Forscher unabdingbare Voraussetzung für den Erfolg. Bahnbrechende Erkenntnisse ergeben sich nur, wenn es gelingt, exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu gewinnen, die autonom über ihre Forschungsthemen, die Auswahl ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie die Arbeitsstruktur ihrer jeweiligen Abteilung entscheiden können.

Wesentlich für die Max-Planck-Gesellschaft ist die frühzeitige Erschließung innovativer Forschungsfelder. Wirtschaft, Gesellschaft und Wissenschaft befinden sich in einer Zeitenwende: Big Data, maschinelles Lernen und Robotik verändern alle Lebensbereiche grundlegend. Um im weltweiten Wettbewerb bestehen zu können, darf Deutschland nicht nachlassen, nachhaltig in diese Forschungs- und Innovationsfelder zu investieren. Dabei wird es immer wichtiger, Forschungsaktivitäten aller Akteure zu bündeln, wie zum Beispiel beim Cyber Valley, das die Max-Planck-Gesellschaft mit Unterstützung der Landesregierung Baden-Württemberg, der Universitäten sowie Industriepartnern in der Region Stuttgart-Tübingen mit initiiert hat und das in den kommenden Jahren Gestalt annehmen soll.

Auch die Bündelung von Exzellenz wird immer mehr zum wichtigen Standortfaktor. Die Max-Planck-Institute werden sich daher – wie schon in der vorangegangenen Exzellenzinitiative – auch an der Exzellenzstrategie beteiligen, um regionale Exzellenzcluster mit aufzubauen. Auf eine überregionale Bündelung der ortsvorverteilten Exzellenz in Deutschland zielt auch eine gemeinsame Initiative der Max-Planck-Gesellschaft mit der Hochschulrektorenkonferenz, die 2017 starten soll: In Max Planck Schools sollen sich bundesweit wissenschaftliche Koryphäen zu bestimmten Themenfeldern der Grundlagenforschung zusammenschließen, um ein weltweit sichtbares und wettbewerbsfähiges Ausbildungs- und Forschungsnetzwerk zu bilden.

Die Max-Planck-Gesellschaft genießt ein hohes Maß an Autonomie, daraus resultiert auch die Verpflichtung, sich in den öffentlichen Diskurs einzubringen. Sie will ihre Erkenntnisse zukünftig noch stärker in die Gesellschaft hinein vermitteln. Gleichzeitig tritt sie entschieden für grundlegende Werte der Wissenschaft ein wie Freiheit, disziplinäre Vielfalt und Weltoffenheit.

Basic science is based on a permanently open process of discovery that presupposes scientific freedom. Individual and institutional autonomy is not an end in itself, but like the funding of outstanding researchers, an indispensable prerequisite of success. Trailblazing discoveries only come about when we succeed in recruiting excellent scientists who are able to take their own decisions about the topics of their research, the choice of their staff and the way the work in their particular department is structured.

The early development of innovative fields of research is key for the Max Planck Society. Business, society and science are at the crossroads: Big Data, machine learning and robotics are ushering in fundamental changes to all aspects of life. To survive amid global competition, Germany must not slacken in its efforts to invest in these fields of research and innovation in a sustained and lasting manner. It is becoming ever more important in the process to pool the research activities of all players as in Cyber Valley, for example, which the Max Planck Society has helped to initiate with the support of the State government of Baden Württemberg, local universities and industrial partners from the Stuttgart-Tübingen region, and which is to take shape in the years to come.

The pooling of excellence is also becoming more and more of a location factor. As with the previous excellence initiative, the Max Planck Institutes will therefore take part in the excellence strategy in order to help establish regional clusters of excellence. A joint initiative between the Max Planck Society and the German Rectors' Conference due to start in 2017, is also aiming at the trans-regional pooling of locally distributed excellence in Germany: Outstanding scientific personalities in certain fields of basic research are to come together across the country in Max Planck Schools in order to form a globally visible and competitive network of training and research.

The Max Planck Society enjoys a high degree of autonomy from which derives its obligation to take part in public debate. In future, it intends to communicate its findings to society even more effectively. At the same time, the Max Planck Society will resolutely defend fundamental values of science such as freedom, disciplinary diversity and a cosmopolitan outlook.

RISIKOMANAGEMENT UND RISIKEN

Die Max-Planck-Gesellschaft betreibt Grundlagenforschung an den Grenzen des Wissens. Damit sind zwangsläufig auch Risiken verbunden. Unter dem Begriff Risiko versteht die MPG alle Entscheidungen, Handlungen oder Ereignisse, die das Erreichen des Satzungsauftrages gefährden können. Risikomanagement hat zum Ziel, Risiken frühzeitig zu identifizieren und durch geeignete Maßnahmen so zu steuern, dass der Risikoeintritt entweder abgewendet werden kann oder zumindest dessen Folgen abgemildert werden.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit von Risiken, die den Bestand der Max-Planck-Gesellschaft gefährden können, wird derzeit als niedrig eingeschätzt. Auch ist aktuell keine konkrete Entwicklung erkennbar, welche den Bestand für die Zukunft nachhaltig und wesentlich gefährden könnte.

Auf Basis von Risikomanagementstandards hat die Max-Planck-Gesellschaft ein an die Anforderungen der MPG angepasstes Risikomanagementsystem entwickelt. In einem Risikokatalog werden die Risikofelder erfasst, die verschiedenen Bereichen zugeordnet sind (wie Forschungsumfeld, Governance, Infrastruktur, Finanzen, Sicherheit). Für jedes Risikofeld sind spezifische Risiko-/Maßnahmeneigner und Risikoexperten benannt. Es gibt ein einheitliches Schema zur qualitativen und quantitativen Bewertung von Risiken, unter Berücksichtigung von Auswirkungen und Eintrittswahrscheinlichkeit. Auf Basis eines Risikobewertungsmodells werden ein Risikowert ermittelt und Maßnahmen im Sinne der Risikostrategie eingeleitet.

Die zentralen und dezentralen Risikoeigner werden durch die jeweiligen Risikoexperten über den Risikostatus informiert. Die Risikomeldungen erfolgen sowohl ad hoc als auch bei der turnusmäßigen Risikoberichterstattung im Rahmen des Lageberichts. Zentrales Ziel ist es, das Erkennen, Abschätzen und aktive Bewältigen von Risiken und deren Folgen kontinuierlich zu verbessern.

RISIKOLAGE – WESENTLICHE RISIKEN DER MPG

Da die Max-Planck-Gesellschaft zum überwiegenden Teil zuwendungsfinanziert ist, können politische Entscheidungen über die **Kürzung eingeplanter Zuwendungen** oder eine Einschränkung der überjährigen Verfügbarkeit noch nicht verbrauchter Finanzierungsmittel die mittelfristige Finanzplanung der MPG stark beeinflussen. Mit dem Pakt für Forschung und Innovation III (2016 bis 2020), mit dem Bund und Länder jährliche Aufwächse der Zuwendungen in Höhe

RISK MANAGEMENT AND RISKS

The Max Planck Society conducts basic research at the limits of knowledge. This is necessarily associated with risks. The MPG understands the term risk to mean any decisions, actions or events that might put fulfilment of its mission as defined in its Statutes at risk. The objective of risk management is to identify risks at an early stage and to control them by means of suitable measures in such a way that either their occurrence can be averted or at least their consequences mitigated.

The probability of risks occurring which might threaten the existence of the Max Planck Society, is currently viewed as low. There is currently also no discernible specific development that could sustainably and critically endanger the organization's existence.

The Max Planck Society has developed a risk management system tailored to the MPG's requirements on the basis of risk management standards. A risk catalogue covers the areas of risk allocated to different spheres (such as the research environment, governance, infrastructure, finance and safety). Specific owners of risks/measures and risk experts are nominated for each area of risk. There is a uniform grid for the qualitative and quantitative assessment of risks, taking into account their impact and probability of occurrence. A risk value is determined on the basis of a risk assessment model and steps initiated as part of the risk strategy.

Central and local risk owners are informed of the risk status by the respective risk experts. Risk reports are made both on an ad hoc basis and during scheduled risk reporting as part of the management report. The central objective is to detect, weigh up and actively control any risks and continually reduce their consequences.

RISK POSITION – MAJOR RISKS IN THE MPG

As the Max Planck Society is largely funded by grants, political decisions **to cut planned funding** or restrict the transferability of unused funds can have a major effect on the MPG's medium-term budgetary accounting. The Joint Initiative for Research and Innovation III (2016–2020) which prescribes annual increases of three percent, gives the MPG the confidence to plan for the medium term. Moreover, the MPG continues to strive for the necessary longer-term financial perspective from the Federal and State Governments to allow it to fulfil its mission reliably and successfully.

von jeweils 3% anstreben, besteht für die MPG mittelfristig Planungssicherheit. Darüber hinaus bemüht sich die MPG bei Bund und Ländern auch weiterhin um eine verlässliche und für die erfolgreiche Umsetzung ihrer Mission erforderliche längerfristige Finanzierungsperspektive.

Vor dem Hintergrund, dass die dezentral in den Max-Planck-Instituten organisierten Wissenschaftsbereiche vielfältig in internationale Forschungscooperationen eingebunden sind, birgt die zunehmende Regelungsdichte im **Außenwirtschafts- und Zollrecht** das Risiko, dass rechtliche Regelungen unbeabsichtigt verletzt werden. Die Max-Planck-Gesellschaft hat aufgrund der gestiegenen gesetzlichen Anforderungen in den Bereichen Zoll- und Verbrauchssteuerrecht, Außenwirtschaftsrecht und Exportkontrollen daher eine Reihe organisatorischer Maßnahmen ergriffen. Durch die Etablierung zentraler Organisationseinheiten sowie den Aufbau und die Implementierung eines spezifischen internen Kontrollsystens Steuern werden diese Risiken zwar gemindert, gleichwohl werden sie weiterhin als wesentlich klassifiziert. Ein Exportkontroll- und Außenwirtschaftsrechtssystem befindet sich im Aufbau.

Ferner können aus dem gemeinschaftlichen Unterhalt von Forschungseinrichtungen erhöhte **Haftungs- und Finanzierungsrisiken** resultieren, die sich etwa bei einseitiger Aufkündigung von Kooperationspartnern ergeben können. Um solche Haftungstatbestände zu vermeiden, hat die Max-Planck-Gesellschaft ihre Prozessabläufe bei der Anbahnung und Vorbereitung internationaler Großprojekte und Kooperationen optimiert sowie ihre internen Leitlinien und Konsultationspflichten entsprechend ausgerichtet.

Der steuerrechtliche Status der partiellen **Vorsteuer-abzugsfähigkeit** der Max-Planck-Gesellschaft wird bei Einzel- und Sonderprüfungen nationaler Behörden und Prüfungsinstanzen immer wieder hinterfragt. Sollte der Max-Planck-Gesellschaft ihr steuerrechtlicher Status aberkannt werden, so kann dies erhebliche Finanzierungseinbußen nach sich ziehen.

Die Max-Planck-Gesellschaft ist als Betreiber hochspezialisierter technischer Anlagen im besonderen Maße einer Gefährdung im Sinne der **Betreiberhaftung** ausgesetzt. Um Risiken für Leben, Gesundheit und Umwelt zu minimieren, werden verschiedene Maßnahmen im Bereich des Arbeitsschutzes umgesetzt. Dazu gehören unter anderem flächendeckende Gefährdungsbeurteilungen und eine Do-

Against the background that the scientific departments organized locally at the Max Planck Institutes are widely involved in international research collaborations, the simultaneous increase in the density of regulations contained in foreign trade and customs legislation carries the risk that legal obligations in these areas might be unintentionally breached. Due to the increased legal requirements in the spheres of **customs and excise duty law**, foreign trade legislation and export controls, the Max Planck Society has taken a series of organizational steps. Although these risks have been reduced by the establishment of central organizational units and the setting up and implementation of a specific internal tax control system, they are nevertheless classified as significant. An export control or foreign trade legislation system is in the process of being set up.

Increased **liability and finance risks** may also result from the joint maintenance of research facilities which may arise, for example, if collaboration partners unilaterally terminate the alliance. In order to prevent such circumstances of liability, the Max Planck Society has optimized its processes in relation to the initiation and preparation of major international projects and collaborations and aligned its internal guidelines and consultation requirements accordingly.

The tax status of **partial deductibility of VAT** enjoyed by the Max Planck Society is constantly scrutinized in individual and special audits conducted by national authorities and audit bodies. Should the Max Planck Society be stripped of its tax status, this could have serious financial implications for the organization.

As the operator of highly specialized technical facilities, the Max Planck Society is particularly exposed to risk in the form of **operator liability**. To minimize risk to life, health and the environment, various health and safety measures are deployed, e.g. comprehensive risk assessments and documentation in the occupational health and safety system, a standard training session via e-learning for the entire organization and an occupational health and safety concept for pregnant women in the laboratory. The risks associated with the operation of highly specialized technical equipment are assessed as significant.

Due to the inherent dangers of operating Institutes' technical pilot plants and research laboratories, there is a heightened risk of possible claims for damages and **liability claims** associated with them. These can have financial (justified

kumentation im Arbeitssicherheitssystem, eine organisatorische Standardunterweisung mittels E-Learning sowie eine Arbeitssicherheitskonzeption für Schwangere im Labor. Die mit dem Betrieb hochspezialisierter technischer Anlagen verbundenen Risiken werden als wesentlich eingeschätzt.

Mit dem Betrieb technischer Versuchsanlagen und Forschungslabore der Institute besteht ein erhöhtes Risiko für Schadensereignisse und damit für **Haftungsansprüche**. Diese können finanzielle (berechtigte Haftungsansprüche Dritter) als auch nicht finanzielle Auswirkungen (Reputationsverlust, Bindung personeller Ressourcen für nicht-wissenschaftliche Belange) haben. Diesem Risiko begegnet die MPG derzeit mit einer Betriebs- und Umwelthaftpflichtversicherung.

Ein besonderes operationales Risiko besteht im **Ausfall der IT-Infrastruktur**, insbesondere da in den vergangenen Jahren die Anzahl von Angriffen auf die IT-Infrastrukturen von Unternehmen und Institutionen mit hoher öffentlicher Wahrnehmung erheblich gestiegen ist. Der Verlust von wissenschaftlichen, datenschutzrechtlich sensiblen und wirtschaftlichen Daten, zum Beispiel durch Cyberkriminalität oder fehlende Datensicherung, kann die Forschungstätigkeit erheblich beeinträchtigen. Die Max-Planck-Gesellschaft entwickelt daher ihre IT-technische Aufbau- und Ablauforganisation in Anlehnung an den Grundschutzkatalog des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik kontinuierlich fort.

Kapitalmarktrisiken können aus der renditeorientierten Anlage der nicht aus öffentlichen Mitteln finanzierten Wertpapiere des Anlagevermögens entstehen. Die Risikosteuerung erfolgt durch das Management in einem Wertpapierspezialfonds (§ 284 Kapitalanlagegesetzbuch) und durch die Implementierung geeigneter Instrumente (Richtlinien, Investmentbeirat, Berichtssystem).

liability claims from third parties) as well as non-financial implications (loss of reputation, tying up staff resources for non-academic matters). The MPG has mitigated this risk by taking out public and environmental liability insurance.

Against the backdrop of white-collar crime and terrorist threats as well as the significant increase in the number of **attacks on IT infrastructures** of companies and institutions in the public eye that have occurred in past years, a particular operational risk exists with regard to the failure of IT infrastructure. The loss of scientific and financial data sensitive from a data protection perspective, e.g. as a result of cyber crime or a lack of data security, can considerably impair research activity. The Max Planck Society therefore continuously develops its operational and organizational IT structure based on the IT Grundschutzkatalog (basic protection catalogue) published by the Federal Office for Information Security.

Capital market risks may arise from the returns-based investment of securities held as fixed assets. The risk is controlled by managing them in a special securities fund (§ 284 of the Capital Investment Code) and through the implementation of suitable instruments (guidelines, investment advisory board, reporting system).

Ausblick Outlook

Mit dem Pakt für Forschung und Innovation III streben Bund und Länder für die Jahre 2016 bis 2020 verlässliche Aufwürfe ihrer Grundfinanzierung von jährlich 3 % an, die in diesem Zeitraum vom Bund getragen werden. Für die Max-Planck-Gesellschaft bedeutet diese Perspektive für die kommenden Jahre ein hohes Maß an Planungssicherheit.

Noch im Jahr 2016 wurde – vorbehaltlich der Zustimmung der Zuwendungsgeber – die Gründung einer Max-Planck-Forschungsstelle für die Wissenschaft der Pathogene in Berlin vom Senat der Max-Planck-Gesellschaft beschlossen. Außerdem ist die Neugründung eines Max-Planck-Instituts auf dem Gebiet Security and Privacy von Daten in Planung.

The Joint Initiative for Research and Innovation III secures the MPG reliable annual increases in its basic funding of 3% for 2016 to 2020 to be borne by the Federal Government during this period. This prospect gives the Max Planck Society a high degree of confidence to plan for the coming years.

Subject to the approval of the funding bodies, the Senate of the MPG decided in 2016 to set up a Max Planck Research Unit for the science of pathogens in Berlin. The foundation of a Max Planck Institute in the field of security and privacy is also at the planning stage.

Berlin, den 3. Mai 2017
Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung der Wissenschaften e.V., Berlin
- *Der Verwaltungsrat* -

Berlin, 3th May 2017
Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung der Wissenschaften e.V., Berlin
- *Executive Committee* -

02

Aus der Forschung der Max-Planck-Gesellschaft

Research insights from the Max Planck Society

Seite **54**

LESEPROBEN

aus dem Jahrbuch

FORSCHUNGSAUSBLICK

Seite **58**

Johannes Krause

Die genetische Herkunft der Europäer:
Biologische Anpassung und Mobilität in
der Vorgeschichte.

Seite **68**

Volker Mailänder und Katharina Landfester
Wirkstofftransporter für die Nanomedizin

Seite **77**

Matthias Mann

Proteomik: Von der Grundlagentechnologie
zum universellen Diagnose-Tool

Seite **86**

TECHNOLOGIETRANSFER

Page **54**

EXTRACTS

from the Yearbook

RESEARCH OUTLOOK

Page **63**

Johannes Krause

The genetic history of Europe:
biological adaptation and mobility
in prehistory

Page **73**

Volker Mailänder and Katharina Landfester
Drug delivery in nanomedicine

Page **82**

Matthias Mann

Proteomics: From basic technology to
universal diagnostic tool

Page **86**

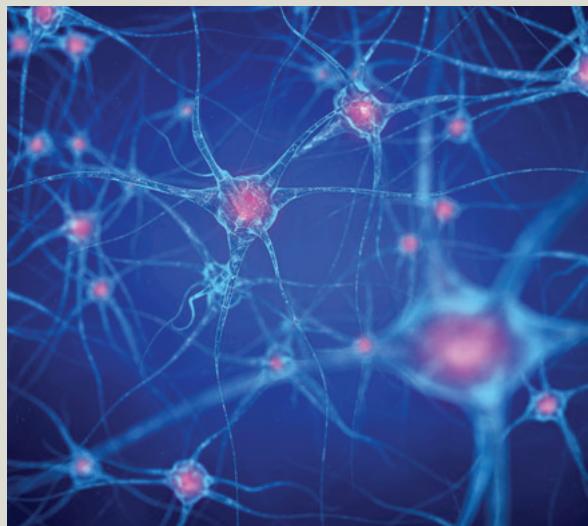
TECHNOLOGY TRANSFER

Leseproben

aus dem Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft

Extracts

from the Yearbook of the Max Planck Society



© FOTOLIA

Das Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft dient der wissenschaftlichen Rechenschaftslegung. Je nach Größe des Instituts werden ein oder mehrere Artikel über die Forschung am Institut vorgelegt. Am Ende sind es mehr als 110 Berichte über die an den Max-Planck-Instituten geleisteten Forschungsarbeiten, die das Jahrbuch bündelt. Eine kleine Auswahl von Jahrbuch-Beiträgen wird im Folgenden in Form von Kurzmelddungen vorgestellt. Sie sollen das Interesse wecken, im Internet weiter zu stöbern beziehungsweise die vollständigen Beiträge nachzulesen unter www.mpg.de/166008/jahrbuecher.

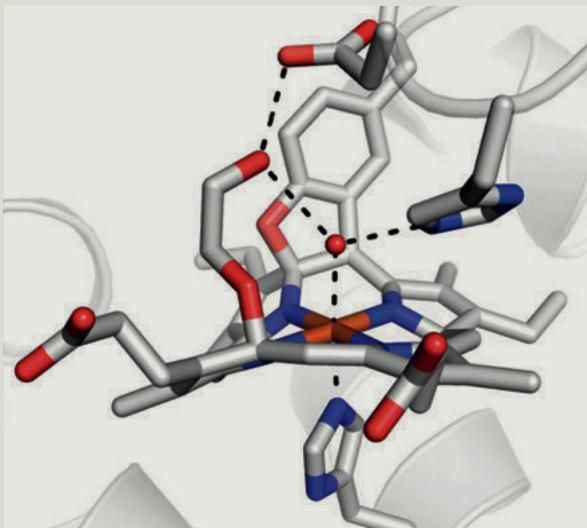
The Max Planck Society's Yearbook serves the purpose of scientific reporting. Depending on its size, an Institute submits one or two articles on its research activities. In total, the yearbook contains more than 110 reports about the research carried out at the Max Planck Institutes. A small selection of contributions from the Yearbook is presented below in the form of synopses which should stir the reader's interest to browse for more information online or to read the entire contributions at <https://www.mpg.de/yearbooks>

WIRKSTOFF GEGEN PARKINSON

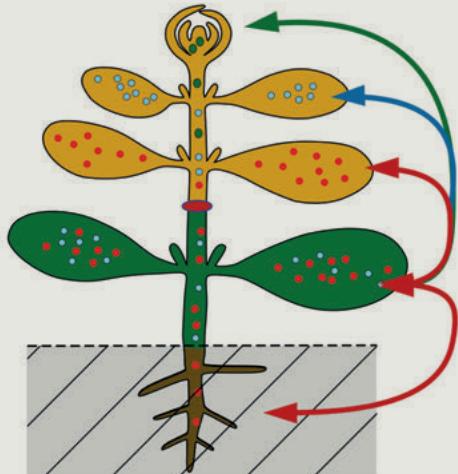
Neurodegenerative Krankheiten wie Alzheimer oder Parkinson gehen mit Proteinklumpen einher, die sich in den Nervenzellen ablagern und stark toxisch wirken. Die betroffene Zelle büßt ihre Funktion ein und geht zugrunde. Im Fall der Parkinson-Erkrankung verklumpt das Protein α -Synuclein zu Lewy-Körperchen. Die Krankheit ist bislang nicht heilbar. Forscher suchen daher seit langem nach Therapien, die nicht nur auf die Symptome abzielen, sondern die Ursachen bekämpfen. Ein Team um Christian Griesinger am MPI für biophysikalische Chemie hat in Kooperation mit dem Team von Armin Giese an der LMU eine Substanz entdeckt, die direkt am Protein ansetzt und die Verklumpung hemmt. Der oral verfügbare Wirkstoff namens anle138b erwies sich im Mäuseversuch als vielsprechend: An Parkinson erkrankte Nager, die damit behandelt wurden, schnitten in Bewegungsexperimenten deutlich besser ab als ihre unbehandelten Artgenossen. Ab 2017 soll das Präparat in einer Phase-1-Studie am Menschen getestet werden.

ACTIVE AGENT TO COMBAT PARKINSON'S

Neurodegenerative diseases such as Alzheimer's or Parkinson's are associated with protein clumps that are deposited in nerve cells with heavily toxic effects. The affected cell loses its function and dies. In the case of Parkinson's, the protein α -synuclein clumps to form Lewy bodies. The disease has so far proved incurable. Researchers have therefore long been searching for therapies that not only target the symptoms but also combat the causes. A team working with Christian Griesinger at the MPI for Biophysical Chemistry in collaboration with Armin Giese's team at the LMU has discovered a substance which targets the protein directly and prevents clumping. The active agent by the name of anle138b proved very promising in tests on mice: rodents suffering from Parkinson's which were treated with it, scored significantly better in mobility experiments than their fellow untreated mice. The drug is to be tested on humans in a Phase 1 study from 2017.



© MPI FÜR MEDIZINISCHE FORSCHUNG | BAREND'S



© MPI FÜR MOLEKULARE PFLANZENPHYSIOLOGIE | KRAGLER

RAKETENTREIBSTOFF IN BAKTERIEN

Ob als Bestandteil von Proteinen oder der Erbsubstanz – ohne Stickstoff gäbe es kein Leben. Im Stickstoffkreislauf wird das Element ständig umgewandelt und zwischen organischer Materie und Atmosphäre ausgetauscht. Einer der wichtigsten chemischen Schritte in diesem Kreislauf wurde erst in den 1990er-Jahren entdeckt: der Anammox-Prozess. Bestimmte Bakterien nutzen ihn, um aus Ammoniak und Nitrit molekularen Stickstoff herzustellen. Als Zwischenprodukt entsteht Hydrazin, eine extrem reaktionsfreudige Verbindung, die auch als Raketentreibstoff dient. Wie die Mikroben mit derbrisanten Fracht umgehen beschäftigt Thomas Barends und seine Kollegen am MPI für medizinische Forschung. Im Fokus der Forscher steht das Enzym Hydrazinsynthase, das aus Ammoniak und Stickstoffmonoxid Hydrazin herstellt. Es besteht aus zwei aktiven Zentren, die über ein Tunnelsystem verbunden sind. Damit gleicht es einer Fabrik im Miniaturformat – inklusive Reaktionsgefäß und Chemikalienleitungen.

ROCKET FUEL IN BACTERIA

Whether as a component of proteins or genetic material – without nitrogen there would be no life as we know it. In the nitrogen cycle, the element is constantly converted as it circulates between organic material and the atmosphere. One of the most important chemical steps in this cycle was only discovered in the 1990s: the anammox process. Certain bacteria use it to make molecular nitrogen from ammonia and nitrite. Hydrazine is created as an intermediate product, and this is an extremely reactive compound that also serves as rocket fuel. Thomas Barends and his colleagues at the MPI for Medical Research are looking at how the microbes deal with their explosive cargo. The researchers are focusing on the enzyme hydrazine synthase which makes hydrazine from ammonia and nitrogen monoxide. It consists of two active centres connected by a system of tunnels. In this it resembles a miniature factory – complete with reaction vessels and chemical pipelines.

GENTECHNIK AN DIE WURZEL GEPACKT

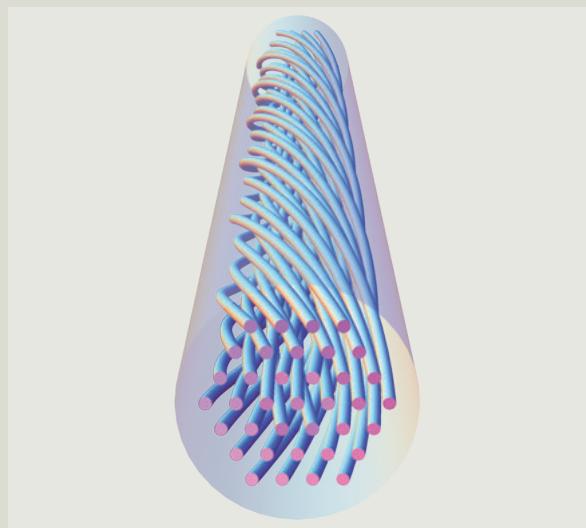
Woher weiß eine Pflanze, wann sie etwa Früchte bilden soll? Um dies zu steuern, müssen unterschiedliche Pflanzenteile miteinander kommunizieren. Eine wichtige Rolle dabei spielen mobile Messenger-Ribonukleinsäuren (mRNAs). Diese kleinen Signalmoleküle werden über die Leitbündel transportiert und an ihrem Zielort in Proteine übersetzt. Mehr als 2000 individuelle mRNAs haben Forscher bereits entdeckt. Friedrich Kragler und sein Team am MPI für molekulare Pflanzenphysiologie versuchen, die Signale zu entschlüsseln – entscheidend auch für die Pflanzenzucht: Viele Früchte, die wir essen, stammen von veredelten Pflanzen. Dabei werden die Früchte tragenden Teile einer bestimmten Sorte auf einen genotypisch andersartigen Wurzelstock gepfropft, um etwa den Ertrag zu steigern. Eine transgen veränderte Wurzel kann somit mRNA-Botschaften an eine nicht-transgene Blüte senden. So ließen sich die Pflanzen hochspezifisch modifizieren, ohne gentechnisch veränderte Früchte zu produzieren.

GETTING TO THE ROOTS OF GENETIC ENGINEERING

How does a plant know when to form fruit, for example? Different parts of the plant have to communicate with each other in order to control these developments. Mobile messenger Ribonucleic Acids (mRNAs) play an important role in this process. These small signal molecules are transported via vascular bundles and converted to proteins at their destination. Researchers have already discovered more than 2000 individual mRNAs. Friedrich Kragler and his team at the MPI for Molecular Plant Physiology are trying to decode the signals – of crucial importance also for plant breeding. Many fruits that we eat, come from grafted plants. In the process, the fruit-bearing parts of a particular variety are grafted onto a genetically different rootstock, for example to improve the yield. A transgenically modified root can therefore send mRNA messages to a non-transgenic bloom. This opens up the opportunity to modify plants highly specifically without producing genetically modified fruit in the process.



© RICARDO RAMIREZ UND JAMES JENKINS



© SCIENCE 2016/MPI FÜR DIE PHYSIK DES LICHTS

PLANET BEI PROXIMA CENTAURI ENTDECKT

Proxima Centauri ist mit einer Entfernung von vier Lichtjahren der sonnennächste Stern. Mitte 2016 haben Astronomen, zu denen auch Martin Kürster vom Heidelberger MPI für Astronomie gehört, einen Planeten entdeckt, der Proxima Centauri alle 11,2 Tage in einem Abstand von sieben Millionen Kilometern umläuft. Der Planet, der etwa 1,3 Erdmassen schwer ist, befindet sich in einer Zone, in der es möglicherweise flüssiges Wasser und, bei Vorhandensein einer geeigneten Atmosphäre, die richtigen Bedingungen für Leben geben könnte. Allerdings gibt es zwei Einflüsse, die die Entstehung von Leben auf diesem Planeten vermutlich erschweren: Wahrscheinlich wendet der Planet seiner Sonne immer die gleiche Seite zu, so dass auf der einen Seite ewiger Tag, auf der anderen ewige Nacht herrscht. Außerdem ist Proxima Centauri ein sehr aktiver Stern: Er erzeugt zeitweise hochenergetische Strahlung, die den Planeten trifft – auch das eher ungünstige Voraussetzungen für Leben.

PLANET DISCOVERED NEAR PROXIMA CENTAURI

At a distance of four light years, Proxima Centauri is the nearest star to the sun. Mid-2016, some astronomers including Martin Kürster from the MPI for Astronomy in Heidelberg, discovered a planet which orbits Proxima Centauri every 11.2 days at a distance of seven million kilometres. The planet that is roughly 1.3 times more massive than Earth, is in a zone in which there could be liquid water and the right conditions for life if there is a suitable atmosphere. There are two factors, however, which will probably make it hard for life to evolve on this planet. It is likely that the planet always keeps the same side facing its sun with the result that one side has permanent daylight and the other everlasting night. Proxima Centauri is also a very active star: from time to time, it emits high-energy radiation that strikes the planet — this too creating somewhat unfavourable conditions for life.

NEUER MECHANISMUS DER LICHTLEITUNG

Wissenschaftlern um Philip Russell, Direktor am MPI für die Physik des Lichts in Erlangen, ist es das erste Mal gelungen, Licht durch eine kernlose Faser zu leiten. Glasfasern enthalten normalerweise einen lichtleitenden Kern, dessen Glas einen höheren Brechungsindex hat als das Glas der äußeren Hülle. Dadurch wird das Licht an der Hülle reflektiert und im Kern gehalten. Die Wissenschaftler erforschen photonische Kristallfasern, eine spezielle Art von Glasfasern, die regelmäßige Hohlräume aufweisen. Verdreht man diese Fasern entlang ihrer Längsachse, ist das Licht gezwungen, sich auf einer schraubenförmigen Bahn auszubreiten. Zur Überraschung der Wissenschaftler zeigte sich, dass durch das Verdrehen auch kernlose photonische Kristallfasern in der Lage sind, Licht robust zu leiten. Die Wissenschaftler zeigten ebenfalls, dass es eine enge Verbindung zwischen dem Leitungsmechanismus und der Krümmung eines Raumes durch eine Masse in Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie gibt.

LIGHT ON A TORTUOUS PATH

Scientists working with Philip Russell, Director at the MPI for the Science of Light in Erlangen, have succeeded for the first time in guiding light through a coreless fibre. Glass fibres act like „pipes“ for light: normally they contain a light-guiding core whose glass has a higher refractive index than that of the outer shell. As a result, the light is reflected by the shell and trapped in the core. The Max Planck researchers have been studying photonic crystal fibres for a number of years, a special kind of glass fibre which has a regular pattern of hollow channels. If these fibres are helically twisted, the light is forced to follow a spiral path. To the scientists' surprise, it turned out that as a result of the twisting, coreless photonic crystal fibres are also able to channel light very well. The scientists also showed that there is a close connection between the mechanism by which the light is guided and the curvature of space due to mass in Einstein's General Theory of Relativity.



© ISTOCK



© ANNE PETERS

STEUEROASEN UNTER DRUCK

Die Bekämpfung von Steueroasen ist seit Jahren auf der Tagesordnung der OECD und der G-20-Länder. Der Kampf gegen die Steuerflucht gestaltet sich allerdings schwierig. Der Finanzwissenschaftler Kai Konrad und sein Doktorand Tim Stolper vom MPI für Steuerrecht und Öffentliche Finanzen haben die Rolle der Erwartungen der Anleger untersucht. Sie zeigen, dass mehrere Gleichgewichte unterschiedlicher Erwartungen existieren, die maßgeblich über den Fortbestand einer Steueroase bestimmen. Mithilfe eines Ansatzes aus der angewandten Spieltheorie leiten Konrad und Stolper eine eindeutige Gleichgewichtsprognose ab, deren wirtschaftspolitische Implikationen die Anreize für die individuellen Steuerzahler in den Vordergrund rücken. So hängt die Wirksamkeit des internationalen Drucks beispielsweise sehr davon ab, wie hoch die Gebühren für die Vermögensverwaltung in der Steueroase sind. Der Druck ist besonders wirksam, wenn die Gebühren sehr niedrig oder sehr hoch sind.

TAX HAVENS UNDER PRESSURE

Combating tax havens has been on the OECD's agenda and that of the G20 countries for many years. The fight against tax evasion is proving difficult. The economist Kai Konrad and his doctoral student Tim Stolper from the MPI for Tax Law and Public Finances have examined the role the expectations of investors play in a new study. They show that there are several different expectations of equal weight that represent the determining factors behind the survival of a tax haven. With the aid of an approach used in applied game theory, Konrad and Stolper have derived a clear equilibrium forecast, the economic implications of which focus on the incentives for individual tax-payers. For example, the effectiveness of international pressure depends to a large extent on how high the fees for asset management in the tax haven are. The pressure is particularly effective when the fees are very low or very high.

GLOBALE TIERRECHTSWISSENSCHAFT

Tierschutz durch Recht hat in Europa einen hohen Stellenwert. Das Tierwohl wurde im Recht der Europäischen Union in den vergangenen Jahren aufgewertet und Tierschutz 2002 als Staatsziel in das deutsche Grundgesetz aufgenommen. Auch heben immer mehr Staaten die Gleichsetzung von Tieren und Sachen im Recht auf. Über das Tierschutzrecht hinaus geht es Rechtswissenschaftlern nun darum, ein neues Rechtsgebiet des „Globalen Tierrechts“ abzustecken und auszufüllen. Anne Peters und ihre Mitarbeiterin Saskia Stucki vom MPI für Völkerrecht in Heidelberg verfolgen die Forschungsagenda einer globalen Tierrechtswissenschaft. Rechtswissenschaft wird hier als eine gesellschaftsbezogene Wissenschaft verstanden, die zur Bekämpfung sozialer Missstände beitragen soll. Da Tierproduktion und Tierhandel meistens transnational sind, muss hierauf mit globalem Recht reagiert werden, also mit einer Kombination von internationalem und nationalem Recht.

GLOBAL ANIMAL LAW

The protection of animals by law enjoys a high status in Europe. Animal welfare has been upgraded in European Union law in the last few years, and the protection of animals was included in Germany's Basic Law as a state objective in 2002. More and more countries have also ceased to equate animals with objects in their law. The challenge facing legal scholars now is to define a new legal field of „Global Animal Law“, extending beyond animal welfare law, and to give it substance. Anne Peters and her employee Saskia Stucki from the MPI for International Law in Heidelberg are pursuing the research agenda of a global animal law jurisprudence. Jurisprudence here is understood as a science in relation to society the purpose of which is to contribute to the fight against social ills. As animal production and the trade in animals are usually transnational, the response to them must come from global law, in other words a combination of international and national law.

JOHANNES KRAUSE
MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR MENSCHHEITSGESCHICHTE, JENA

Die genetische Herkunft der Europäer: Biologische Anpassung und Mobilität in der Vorgeschichte



Die genetische Forschung hat im vergangenen Jahrzehnt eine wahre Revolution erlebt. Mit der Entwicklung hochmoderner Technologien zur DNA-Sequenzierung gelang es, die Leistungsfähigkeit und Effizienz genomischer Untersuchungen in nur wenigen Jahren um den Faktor zehn Millionen zu steigern. In wenigen Stunden und für wenige hundert Euro können wir heute komplette menschliche Genome mit ihren Milliarden von Basenpaaren entschlüsseln. Wir leben in einer Art „Sequenzierzeitalter“. Zehntausende Genome von Menschen aus der ganzen Welt wurden bereits entschlüsselt – und täglich kommen neue hinzu.

Der Reiz und die Hoffnung dieser massiven genetischen Forschung besteht darin, Antworten auf große Fragen der Menschheit zu finden: Wie hat sich der Mensch entwickelt und woher kommt er? Welche Rolle spielen Gene für die Entwicklung und Ausbreitung von Krankheiten? Welche genetisch bedingten Gemeinsamkeiten und Unterschiede gibt es zwischen menschlichen Populationen? So hat die Genetik, entgegen ihrer fatalen Assoziation mit rassistischen und kolonialistischen Regimes im 19. und 20. Jahrhundert die Erkenntnis geliefert, dass der Großteil der genetischen Vielfalt nicht zwischen, sondern innerhalb einzelner menschlicher Populationen existiert: Mehr als 80 Prozent aller genetischen Unterschiede in der DNA-Sequenz von Menschen, die als Single Nucleotide Polymorphismen (SNPs) bezeichnet werden, treten innerhalb ein und derselben menschlichen Population auf, wie zum Beispiel Europäern oder Asiaten. Mit anderen Worten: Um den Großteil der genetischen Vielfalt der Menschen außerhalb Afrikas zu erfassen, ist es nicht notwendig, geografisch möglichst weit voneinander entfernte Individuen zu untersuchen, sondern es genügt, ein paar Hundert Thüringer oder Rheinländer genetisch zu vergleichen.

Eine weitere wichtige Erkenntnis populationsgenetischer Forschung ist, dass Afrikaner eine höhere genetische Vielfalt aufweisen, als die Populationen außerhalb Afrikas. Dieser Befund wird als Beweis für den Ursprung des modernen Menschen in Afrika interpretiert. Auch wenn man mit Hilfe der Erbsubstanz Stammbäume rekonstruiert, wird dies deutlich. In diesen Stammbäumen stellen sich die Menschen außerhalb Afrikas nur als ein kleiner Zweig innerhalb der afrikanischen Diversität dar oder anders gesagt: Genetisch gesehen sind alle Menschen dieser Erde Afrikaner!

MUTATIONEN ALS TREIBSTOFF DER EVOLUTION

Genetische Analysen erlauben auch evolutionäre Abspaltungen menschlicher Populationen zeitlich einzuordnen. Dazu kalibriert man die sogenannte molekulare Uhr. Dabei geht man davon aus, dass die Rate an genetischen Veränderungen immer ungefähr gleich hoch ist und dass jeder Mensch in etwa 100 Basenveränderungen (Mutationen) in sich trägt, die in der Keimbahn beider Eltern neu entstanden sind und damit nicht Teil der elterlichen DNA waren. Umgerechnet auf ein einzelnes Genom (jeder Mensch hat zwei, eines von der Mutter und eines vom Vater) ergibt sich eine Mutationsrate des Menschen von circa 50 Veränderungen pro Generation. Anhand der genetischen Unterschiede zwischen zwei Populationen und der durchschnittlichen Generationendauer (25–30 Jahre) lässt sich dann berechnen, wann sich diese Populationen voneinander getrennt haben. Betrachtet man beispielsweise die genetischen Unterschiede zwischen Afrikanern und Nicht-Afrikanern errechnet sich eine Abspaltung vor etwa 2 000 bis 2 500 Generationen, was einer Zeitspanne von rund 50 000 bis 60 000 Jahren entspricht. Diese Berechnung steht im Einklang mit archäologischen und paläoanthropologischen Befunden, die darauf hinweisen, dass vor etwa 42 000

Jahren die ersten modernen Menschen nach Europa einwanderten und den dort ansässigen Neandertaler verdrängten. Ähnliche Berechnungen lassen sich für Populationsaufspaltungen zwischen Asiaten und den Ureinwohnern Australiens oder Amerikas durchführen.

Oft werden für solche Berechnungen Verschiebungen in der Frequenz häufig vorkommender Genveränderungen verwendet, zum Beispiel SNPs. Die Häufigkeit dieser SNPs in menschlichen Populationen verändert sich im Laufe der Zeit. Solche Veränderungen können „gerichtet“ sein, wenn etwa eine bestimmte genetische Variante zu einem biologischen Vorteil führt, wie beispielsweise die Fähigkeit, als Erwachsener Milch zu verdauen und so die Versorgung mit Nährstoffen zu verbessern. Eine solche gerichtete Verschiebung wird auch als positive Selektion bezeichnet. Ebenso kann das Gegenteil, eine negative Selektion, auftreten, wenn eine bestimmte genetische Veränderung mit biologischen Nachteilen verbunden ist. Eine solche Veränderung würde im Laufe der Zeit negativ selektiert und wahrscheinlich nach wenigen Generationen wieder verschwinden.

Der Großteil der genetischen Unterschiede zwischen menschlichen Populationen verhält sich jedoch neutral und führt nicht zu einer Selektion. Das heißt, sie ist „ungerichtet“. Je länger Populationen geographisch voneinander isoliert leben, also keine Gene miteinander austauschen, desto mehr Unterschiede in der Frequenz dieser SNPs sammeln sich an. Dieser Prozess wird als genetische Drift bezeichnet. Geographisch benachbarte Populationen oder Populationen, die sich erst kürzlich voneinander getrennt haben, weisen dementsprechend weniger Frequenzunterschiede auf. Es besteht also ein enger Zusammenhang zwischen menschlicher Genetik und geographischer Herkunft.

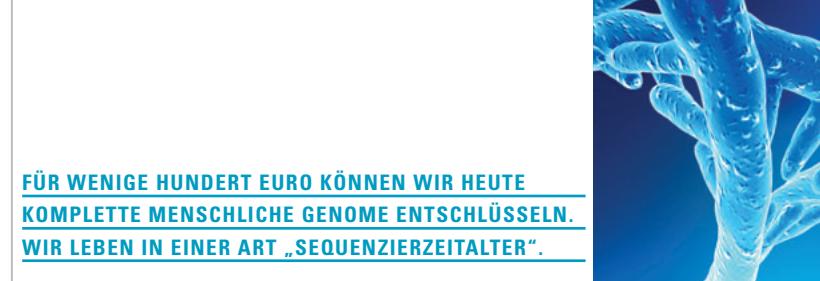
Eine Studie von John Novembre und Kollegen aus dem Jahre 2008 konnte diesen Zusammenhang eindrucksvoll darlegen. Der Forschungsgruppe gelang es, allein anhand der genetischen Unterschiede zwischen heutigen Einwohnern, die nicht weiter als 200 Kilometer vom Wohnort ihrer Großeltern entfernt leben, annähernd die Europakarte zu reproduzieren. Damit wurde deutlich, dass aus den genetischen Daten eines Menschen die geographische Herkunft seiner Vorfahren abgelesen werden kann. Bemerkenswert ist darüber hinaus, dass die Studie für Europa einen genetischen Gradienten aufzeigt, also eine kontinuierliche genetische Veränderung, die sich keineswegs mit den existierenden National- oder Sprachgrenzen deckt. Genetisch betrachtet sind Ländergrenzen unhaltbar, und der für das Festland charakteristische Gradient

belegt, dass benachbarte europäische Populationen im Laufe ihrer Geschichte immer auch Gene ausgetauscht haben. Hingegen macht sich geographische Isolation, wie die Insellage Sardiniens, genetisch deutlich bemerkbar: Die Sarden stellen eine vom italienischen Festland abgegrenzte genetische Population dar.

MOLEKULARE ZEITREISEN

Archäogenetik ist ein Begriff, der in den 1990er Jahren geprägt wurde. Er steht für die Gewinnung und Analyse genetischen Materials aus archäologischen Funden. Die Revolution in der Sequenziertechnologie führte auch hier zu neuen spektakulären Erkenntnissen. Bereits im Jahr 2008 gelang es erstmals, das vollständige Genom eines ausgestorbenen Mammuts zu entschlüsseln. Die Rekonstruktion der Genome eines 4 000 Jahre alten Paläo-Eskimos sowie des ausgestorbenen Neandertalers zwei Jahre später stellten weitere Meilensteine in der Erforschung ausgestorbener Populationen dar. Noch im selben Jahr 2010 konnte sogar eine bis dahin unbekannte Menschenform, der Denisova-Mensch, allein aufgrund der genetischen Untersuchung eines kleinen Fingerknochens nachgewiesen und sein Genom entschlüsselt werden. Mittlerweile konnte bis zu 500 000 Jahre alte Erbsubstanz aus menschlichen Knochen gewonnen werden.

FÜR WENIGE HUNDERT EURO KÖNNEN WIR HEUTE
KOMPLETTE MENSCHLICHE GENOME ENTSLÜSSELN.
WIR LEBEN IN EINER ART „SEQUENZIERZEITALTER“.



Während die Untersuchung von genetisch im Austausch stehenden eng verwandten heutigen Populationen nur begrenzt Rückschlüsse auf deren Vorgeschichte zulässt, eröffnet der Vergleich heutiger mit alter DNA neue Einblicke in die Menschheitsgeschichte. Der Rückgriff auf genomweite Daten aus der Vergangenheit macht es möglich, größere Verschiebungen in der genetischen Struktur menschlicher Populationen über längere Zeiträume aufzuzeigen. Er kann zudem wertvolle Einblicke in epochale Populationsumbrüche und Veränderungen in der Mobilität liefern, ebenso in die Ausbreitung einzelner Gruppen in der Vorgeschichte. Die Analyse alter Erbsubstanz ermöglicht es, Hypothesen aus Archäologie und Geschichts-

forschung zu testen und zu beleuchten, inwieweit kultureller Wandel mit veränderter Mobilität, mit Einwanderung und den daraus resultierenden Genflüssen korreliert.

DIE SESSHAFTWERDUNG DES MENSCHEN

Eine der wohl wichtigsten Fragen im Hinblick auf die Frühgeschichte Europas lautete lange Zeit, ob der Übergang von Jägern und Sammlern zu Ackerbauern vor rund 7 500 Jahren auch mit einem Bevölkerungswechsel einherging. Zwei Hypothesen standen sich gegenüber: Nach der ersten war die sogenannte Neolithische Revolution eine reine Verbreitung von Kultur und Wissen, welche von Region zu Region weitergegeben wurden, ohne dass die Menschen selbst wanderten. Die andere Hypothese nahm an, dass der Beginn des Ackerbaus in Europa auf eine Einwanderung von Menschen aus dem Nahen Osten zurückzuführen ist. Genauer aus der Region des sogenannten Fruchtbaren Halbmonds, wo die ältesten Spuren von Ackerbau gefunden wurden.

Populationen, ebenso wenig über deren biologischen Beitrag zu den heutigen Europäern. In einer wegweisenden Studie gelang es im Jahr 2014 erstmals, die vollständigen Genome von einem Dutzend später Jäger und Sammler, die vor etwa 8 000 Jahren gelebt hatten, und früher Ackerbauern in Europa aus der Zeit vor 7 200 bis 5 400 Jahren zu entschlüsseln und miteinander zu vergleichen. Dabei stellte sich einerseits heraus, dass sich auch die Zellkern-DNA, also das Genom beider Gruppen stark voneinander unterscheidet. Andererseits wurde sichtbar, dass die frühen Ackerbauern genetisch eine größere Ähnlichkeit mit heutigen Einwohnern des Nahen Ostens aufweisen als mit europäischen Jägern und Sammlern. Damit konnte die Einwanderungstheorie der frühen Ackerbauern aus dem Fruchtbaren Halbmond auch genomweit bestätigt werden.

Die Studie brachte weitere bahnbrechende Erkenntnisse über die Herkunft und Entwicklungsgeschichte der Europäer: Alle heutigen Europäer tragen nicht nur die genetischen Spuren der Ur-Europäer in sich und sind damit eine genetische Mischung aus frühen Ackerbauern sowie Jägern und Sammlern, sondern sie sind offenbar noch durch eine dritte Population geprägt worden, die aus Nordeurasien zu stammen scheint. Diese dritte genetische Komponente ist bei allen heutigen Europäern zu finden, jedoch weder bei den untersuchten Jägern und Sammlern noch bei den frühen Ackerbauern. Damit ist sie ein eindeutiger Hinweis auf eine weitere spätere Einwanderungswelle.

Drei weitere im Jahr 2015 publizierte Studien untersuchten die Genome von insgesamt 230 prähistorischen Individuen aus Westeurasien. Diese lebten vor 8 000 bis 3 000 Jahren und ihr Erbgut belegt den großen genetischen Unterschied zwischen den frühen Ackerbauern und den späteren Jägern und Sammlern Europas. So konnte gezeigt werden, dass die ersten Ackerbauern Europas eine verblüffend große genetische Ähnlichkeit mit den frühen Ackerbauern Anatoliens sowie den heutigen Einwohnern Sardiniens aufweisen. Hieraus folgt, dass in Sardinien nach der Besiedlung durch frühe Ackerbauern vor etwa 7 000 Jahren kaum noch zusätzliche genetische Komponenten von außerhalb der Insel hinzukamen. Entwicklungsgeschichtlich konnte mithilfe der Genomanalysen der 230 Skelette gezeigt werden, dass der Anteil an Jäger- und Sammler-DNA geraume Zeit nach der Einwanderung der frühen Ackerbauern wieder anstieg. Die zugewanderten Bauern verdrängten also nach ihrer Einwanderung die Jäger und Sammler in Europa nicht, sondern beide Populationen existierten mehrere tausend Jahre parallel und vermischten sich erst dann.



**DURCH DIE ANALYSE ALTER ERBSUBSTANZ KÖNNEN
WIR HYPOTHESEN AUS ARCHÄOLOGIE UND GESCHICHTSFORSCHUNG TESTEN UND SEHEN, WIE KULTURELLER WANDEL MIT EINWANDERUNG UND DEN DARAUS RESULTIERENDEN GENFLÜSSEN KORRELIERT.**

Um diese Hypothesen mit Hilfe der Genetik zu testen, wurden in einer Reihe von Studien kurze Abschnitte der – nur über die weibliche Linie vererbten – mitochondrialen DNA von Skeletten früher Ackerbauern und später Jäger und Sammlern untersucht. Die Ergebnisse der Gegenüberstellung waren eindeutig: Die genetische Zusammensetzung der Jäger und Sammler unterschied sich deutlich von der der frühen Ackerbauern. Folglich begannen die Neolithische Revolution und die Sesshaftwerdung des Menschen mit einer Einwanderung.

Da ausschließlich mitochondriale DNA und keine DNA des Zellkerns untersucht wurde, blieben diese Pionierarbeiten zunächst auf die maternale Linie beschränkt und erlaubten keine detaillierten Erkenntnisse über die Herkunft und die genaue genetische Zusammensetzung der prähistorischen

DIE EINWANDERUNG DER STEPPENNOMADEN

Eine weitere Studie konnte außerdem die Frage nach der späteren Einwanderung und der Herkunft der dritten genetischen Komponente heutiger Europäer näher beleuchten. Die ersten genetischen Spuren dieser Einwanderung und der daraus resultierenden genetischen Verschiebung fanden sich in Skeletten, die mit der vor etwa 4 800 Jahren beginnenden Schnurkeramik-Kultur in Zentraleuropa in Verbindung stehen. Das heißt, die Einwanderung nach Zentraleuropa erfolgte in der Kupferzeit am Übergang zwischen Mittel- und Endneolithikum.

Die mit der Schnurkeramik in Verbindung stehenden Skelette zeigten eine unerwartet hohe genetische Ähnlichkeit zu rund 5 000 Jahre alten Individuen aus der pontischen Steppe nördlich des Schwarzen und Kaspischen Meeres. Die dortigen Individuen standen mit der materiellen Kultur der Jamnaja in Verbindung, einer Population von Hirtenvölkern, die einen nomadischen Lebensstil in der Steppe pflegten. Ihre Kultur zeichnet sich durch eine vermehrte Nutzung von Rad und Wagen aus, was mutmaßlich eine erhöhte Mobilität zur Folge hatte. Die Gene dieser Menschen breiteten sich offenbar im frühen fünften Jahrtausend vor unserer Zeit in wenigen hundert Jahren über die Steppe nach Osten bis ins Altai-Gebirge und nach Westen bis in die Schweiz aus. Für die Mittel-Elbe-Saale-Region, aus der ein Großteil der untersuchten Skelette stammt, ließ sich berechnen, dass mehr als 75 Prozent der gefundenen Ackerbauern-Gene durch die mit den Schnurkeramik assoziierten Gene aus der Pontischen Steppe verdrängt wurden. Heute sind die Gene aus der Steppe bei allen Europäern zu finden, wobei der Anteil der Steppen-DNA im Nordosten Europas am höchsten ist und in Richtung Südwesten graduell abnimmt: Die größte genetische Steppen-Komponente findet sich heute bei den Einwohnern Estlands, die niedrigste bei den Sarden.

Die erste große Einwanderung nach Europa vor etwa 7 500 Jahren lässt sich gut durch die Veränderung des Lebensstils erklären: Ackerbau und Viehzucht verbesserten die Versorgung mit Lebensmitteln und führten zu einer Bevölkerungszunahme, die eine territoriale Ausbreitung der Ackerbauern nach sich zog. Die zweite große Einwanderungsbewegung aus der pontischen Steppe lässt sich damit nicht erklären, da es sich – zumindest in Zentraleuropa – sowohl bei den Einwanderern als auch bei den bereits Ansässigen um Ackerbauern und Viehzüchter handelte. Mögliche alternative Erklärungen sind eine höhere Lebensmittelproduktion der Einwanderer aus der Steppe durch die Erschließung von Weideflächen, die für Ackerbau nicht geeignet waren, oder kriegerische Auseinandersetzungen, worauf archäologische Funde hindeuten, oder

aber ein Zusammenbruch der ansässigen Ackerbauern-Population durch das Auftreten von Krankheiten.

Der letzte Erklärungsansatz bekam im Jahr 2015 Aufwind, als es erstmals gelang, aus Skeletten der frühen Bronzezeit, Pesterreger-Genome zu rekonstruieren. Die ältesten untersuchten Pesterreger stammen aus etwa 5 200 Jahre alten Skeletten aus der zentralasiatischen Steppe. Dort könnte die Krankheit ihren Ursprung genommen und sich nach Westen ausgebreitet haben, denn auch in etwa 4 500 Jahre alten Skeletten Zentraleuropas und des Baltikums fanden Forscher die DNA des Pesterregens. Denkbar ist also, dass es vor 5 000 Jahren zu einer ersten großen Pestepidemie kam, die sich mit den Steppenbewohnern nach Westen ausbreitete und die frühen Ackerbauern Europas stärker beeinträchtigte, als es bei den Nomaden der pontischen Steppe der Fall war. Letztere lebten wohl bereits seit Jahrhunderten mit dem Pesterreger und besaßen daher möglicherweise eine höhere Immunität. Ein seuchenbedingter Zusammenbruch der Ackerbauern-Population Europas könnte wiederum ein Vakuum verursacht haben, in das die Steppennomaden vordringen konnten.

ALLE HEUTIGEN EUROPÄER SIND EINE GENETISCHE MISCHUNG AUS FRÜHEN ACKERBAUERN SOWIE JÄGERN UND SAMMLERN; ZUGLEICH SIND SIE DURCH EINE DRITTE POPULATION GEPRÄGT, DIE AUS DER PONTISCHEN STEPPE STAMMT.



DUNKLE HAUT UND BLAUE AUGEN – DAS ERSCHEINUNGSBILD DER FRÜHEN EUROPÄER

Die Analyse unterschiedlich alter Genome erlaubt es auch, zu bestimmen, wie sich das Aussehen der frühen Europäer im Laufe der Zeit veränderte. So gibt es genetische Varianten, die bestimmte Phänotypen verursachen und in hoher Frequenz bei heutigen Europäern zu finden sind. Ein Beispiel wäre das Gen HERC2, das in einer mutierten Form seinen jeweiligen Trägern eine helle Augenfarbe verleiht. Diese Variante des Gens trugen alle bisher untersuchten Jäger und Sammler Europas vom Ende der letzten Eiszeit vor etwa 14 500 Jahren bis zum Beginn des Neolithikums vor etwa 7 500 Jahren. Zugleich ergaben genetische Analysen, dass

die Hautfarbe der meisten dieser frühen Europäer der Hautfarbe heutiger Afrikaner entsprach. Die für die heutigen Europäer typische helle Haut breitete sich erst mit der Einwanderung der frühen Ackerbauern aus dem Nahen Osten aus. Es wird vermutet, dass es sich dabei um eine Anpassung an das Leben als Ackerbauern in Europa handelt: Über die Nahrung nehmen Ackerbauern – im Gegensatz zu Jägern und Sammlern – nur geringe Mengen Vitamin D auf. Dieses Vitamin ist wichtig für den Aufbau der Knochen und des Immunsystems. Im Gegensatz zu anderen Vitaminen kann es vom Körper des Menschen mithilfe von Sonneneinstrahlung selbst hergestellt werden. Eine stark pigmentierte Haut lässt weniger UV-Licht durch und reduziert darüber die Vitamin D-Produktion. In den meisten Regionen der Erde, in denen Landwirtschaft betrieben werden kann, scheint auch im Winter genügend Sonne, um ausreichend Vitamin D über die Haut zu produzieren. Mitteleuropa und vor allem Skandinavien bilden geografische Ausnahmen, sodass hier eine dunkle Haut vermutlich zu einem Mangel an Vitamin D führen würde.

DIE FÄHIGKEIT MILCH ZU TRINKEN

Rund 70 Prozent der heutigen Europäer können auch als Erwachsene größere Mengen von Milchzucker verdauen. Verantwortlich hierfür ist eine Variante des Laktase-Gens. Häufig wird die Abwesenheit dieser Genvariante auch als Laktoseintoleranz bezeichnet, wobei die meisten Menschen auf der Welt sowie alle Säugetiere laktoseintolerant sind. Die genetische Untersuchung alter Skelette zeigt, dass in der frühen Bronzezeit die mutierte Variante des Laktase-Gens nur bei wenigen Individuen aus der Steppe vorlag, die frühen Ackerbauern Europas waren zu dieser Zeit noch alle laktoseintolerant. Dass die mutierte Variante des Gens heute bei der Mehrheit aller Zentraleuropäer zu finden ist, ist offenbar einer starken positiven Selektion zu verdanken, die vermutlich frühestens nach der Einwanderung aus der Steppe vor etwa 4 800 Jahren begann. Diese Variante des Laktase-Gens

weist die stärkste positive Selektion auf, die bisher bei einem menschlichen Gen detektiert worden ist. Über die Ursachen dafür kann bislang nur spekuliert werden. Eventuell wurde die Milchwirtschaft stark intensiviert und die Milchproduktion pro Kuh durch gezielte Züchtung verstärkt. So können heutige Kühe bis zu zwanzig Mal mehr Milch produzieren als die Kühe der ersten Ackerbauern Europas.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Analyse der Genome alter Skelette aus der Vorgeschichte Europas erstaunlich viele biologische Veränderungen erkennen lässt. Innerhalb nur weniger tausend Jahre kam es zu zwei massiven Einwanderungswellen nach Europa, die die genetische Zusammensetzung der ansässigen Jäger und Sammler deutlich erweiterten. Mit den Einwanderern aus dem Nahen Osten vor rund 8 000 Jahren kamen auch Landwirtschaft und Viehzucht nach Europa und damit die Grundlage moderner Gesellschaften. Gleichzeitig begannen sich Gene in Europa auszubreiten, die eventuell eine wichtige biologische Anpassung an das Leben als Ackerbauer in Europa darstellen. Die Steppenbewohner Osteuropas brachten vor rund 5 000 Jahren in einer zweiten massiven Einwanderungswelle neben neuen Techniken und Kulturen auch Gene nach Europa, die es unter anderem Erwachsenen erlauben, größere Mengen Milch zu verdauen. Andererseits lassen die genetischen Untersuchungen auch vermuten, dass die zunehmende Bevölkerungsdichte und Mobilität der Europäer die Ausbreitung von Krankheiten begünstigte, mit eventuell katastrophalen Folgen. Mit den Einwanderern kamen wahrscheinlich auch neue Sprachen nach Europa. Vieles deutet darauf hin, dass die von den meisten heutigen Europäern gesprochenen indoeuropäischen Sprachen sich ursprünglich mit den Steppennomaden ausbreiteten. Genetische Untersuchungen bestätigen eindrucksvoll, dass Migration und Mobilität schon immer Teil der Menschheitsgeschichte waren: Alle heutigen Europäer sind ein Potpourri von Genen aus unterschiedlichen Teilen Eurasiens, eine klare genetische Abgrenzung zwischen den heutigen Einwohnern Europas ist daher unmöglich. Aus genetischer Sicht lassen sich keine Nationen als eigenständige Population erkennen. Eine weitere Erkenntnis besteht darin, dass in der frühen europäischen Geschichte mit großen Einwanderungswellen immer auch Innovationen nach Europa gelangten, die das Leben der Menschen hier grundlegend veränderten.



DIE MEISTEN JÄGER UND SAMMLER IN EUROPA UM ETWA 10.000 VOR CHRISTUS HATTEN EINE HAUTFARBE ÄHNLICH WIE DIE HEUTIGEN AFRIKANER, ALLERDINGS MEIST BLAUE AUGEN.

The genetic history of Europe: biological adaptation and mobility in prehistory

Genetic research has undergone a genuine revolution in the past decade. The development of advanced DNA sequencing technologies has increased the power and efficiency of genomic studies by a factor of ten million within a few years. We can now sequence whole human genomes with their billions of base pairs in just a few hours and at a cost of only a few hundred euros. We live in the “sequencing age”, so to speak. Tens of thousands of genomes from people all over the world have already been sequenced, and new ones are added every day.

The appeal and aim of this vigorous genetic research is to find answers to mankind’s big questions: How did humans evolve and where do they come from? What role do genes play in the development and spread of diseases? What genetic similarities and differences exist between human populations? Despite its dire association with racist and colonialist regimes in the 19th and 20th centuries, the field of genetics has shown that genetic diversity exists mainly within – not between – individual human populations. More than 80 per cent of all genetic differences in the DNA sequence of humans, known as single nucleotide polymorphisms (SNPs), occur within a single human population, such as Europeans or Asians. This means that to capture the bulk of the genetic diversity of people outside Africa, it is not necessary to test individuals located as far apart as possible geographically. It is sufficient to compare the genomes of a few hundred individuals from, say, Thuringia or the Rhineland region.

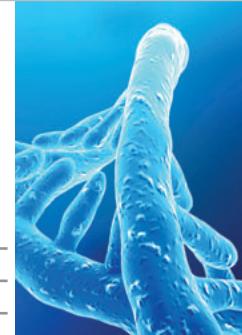
Another important realisation to come out of population-based genetic research is that Africans possess greater genetic diversity than populations outside of Africa. This finding is interpreted as evidence that modern humans originated in Africa. This is also evident from genealogical trees based on DNA analyses. According to such genealogical trees, people outside Africa represent only a small branch within the diversity that characterises African populations. Genetically speaking, all humans on Earth are Africans.

MUTATIONS: THE MOTOR FOR ADAPTATION AND GENETIC HISTORY

Genetic analyses can also be used to determine the time when human populations branched off from other populations in the course of evolution. This is done by calibrating what is known as the molecular clock. It is assumed that the rate of genetic changes remains more or less constant and that every human carries around 100 base changes

(mutations) that originated for the first time in the germline of one of their parents and were therefore not part of their ancestral DNA. For a single genome (humans have two, one from their mother and one from their father), that gives a mutation rate in humans of around 50 changes per generation. Based on the genetic differences between two populations and the average time span of each generation (25–30 years), it is possible to calculate when the two populations separated from each other. When we consider, for example, the genetic differences between Africans and non-Africans, we calculate a separation point between 2,000 and 2,500 generations ago, which corresponds to approximately 50,000 to 60,000 years ago. This calculation is consistent with archaeological and paleoanthropological findings, indicating that the first modern humans migrated to Europe and displaced the Neanderthals already residing there some 42,000 years ago. Similar calculations can be done for population separations between Asians and the natives of Australia or the Americas.

WE CAN NOW SEQUENCE A COMPLETE HUMAN GENOME FOR A FEW HUNDRED EUROS. WE LIVE IN A SEQUENCING AGE, AS IT WERE.



These calculations often make use of shifts in the frequency of commonly occurring gene changes, for example SNPs. The frequency of SNPs in human populations changes over time. Changes of this kind can be “directed”, for example if a genetic variant confers a biological advantage, such as the ability to digest milk as an adult, thus improving the supply of food, it might quickly rise in frequency and become common in the population. Such a directed shift is also referred to as positive selection. Conversely, the opposite, negative selection, can occur if a genetic change is associated with biological disadvantages. Such a change would be negatively selected over time and would probably disappear after a few generations.

However, most genetic differences between human populations are neutral, i.e. they do not lead to selection. In other words, they are undirected. The longer populations live geographically isolated from each other so that no exchange of genes occurs, the more differences accumulate in the frequency of SNPs. This process is referred to as genetic drift. Geographically adjacent populations or populations that have only recently separated show correspondingly fewer frequency differences. A close relationship therefore exists between human genetics and geographic origin.

A 2008 study by John Novembre and colleagues impressively demonstrated this relationship. The research group succeeded in roughly reproducing the map of Europe solely on the basis of the genetic differences between present-day inhabitants who live no more than 200 kilometres from their grandparents' place of birth. This clearly shows that the geographic origin of an individual's ancestors can be read from his or her genetic data. It is also noteworthy that the study showed a genetic gradient for Europe, a genetic continuum that does not coincide with today's national or linguistic boundaries. From a genetic point of view, national borders are untenable, and the gradient that characterises the mainland shows that neighbouring European populations have continuously exchanged genes in the course of their history. On the other hand, geographic isolation, as occurred on the island of Sardinia, is clearly reflected in the fact that Sardinians form a genetic population distinct from that on the Italian mainland.



BY ANALYZING ANCIENT DNA, WE CAN TEST HYPOTHESES IN THE FIELDS OF ARCHAEOLOGY AND HISTORICAL RESEARCH AND SEE HOW CULTURAL CHANGE CORRELATES WITH MIGRATIONS AND RESULTING GENE FLOWS.

MOLECULAR TIME TRAVEL

Archaeogenetics is a term that was coined in the 1990s. It describes the collection and analysis of genetic material from archaeological finds. The revolution in sequencing technology also led to spectacular new insights in this field. In 2008, the genome of an extinct mammoth was deciphered for the first time. Further milestones were the reconstruction of the genomes of a 4,000-year-old Palaeo-Eskimo and, two years later, that of the now extinct Neanderthal. Also in 2010 a previously unknown hominin, the Denisovan, was identified and its genome decrypted solely on the basis of a genetic analysis of a small finger-bone fragment. Meanwhile, scientists have obtained DNA from up to 500,000-years-old human bones.

While the study of genetically interacting and closely related modern populations permits only limited conclusions to be drawn about their prehistory, comparing modern DNA to ancient DNA provides new insights into the history of mankind. Reference to genomic data from the past makes it possible to show major shifts in the genetic structure of human populations over extended periods of time. It can also provide valuable insights into epochal population shifts and mobility changes as well as the spread of individual groups in prehistory. Analysis of ancient genetic material makes it possible to test archaeological and historical hypotheses and to examine the extent to which cultural change correlates with changes in mobility, migration and resulting gene flows.

HUMANS ADOPT A SEDENTARY LIFESTYLE

For a long time, one of the most important questions about early European history was whether the transition from hunters and gatherers to farmers that occurred in central Europe about 7,500 years ago was accompanied by a population shift. Two opposing hypotheses were put forth. According to the first, the Neolithic revolution was brought about by the spread of culture and knowledge, which were passed on from one region to another without the people themselves migrating there. The other hypothesis assumed that agriculture in Europe was due to the migration of people from the Middle East – to be precise, from the region known as the Fertile Crescent, where the oldest traces of farming have been discovered.

In order to test these hypotheses, a series of genetic studies were carried out to examine short segments of mitochondrial DNA obtained from the skeletons of early farmers and late hunters and gatherers. Mitochondrial DNA is

inherited only through the maternal line. The results of the comparison clearly showed that the genetic make-up of the hunters and gatherers differed significantly from that of the early farmers. Consequently, the Neolithic revolution and the permanent settlements by humans were both triggered by human migration.

Because only mitochondrial DNA was examined – not nuclear DNA – this pioneering work was initially restricted to the maternal line and did not provide details on the origin and precise genetic composition of prehistoric populations or their biological contribution to modern-day Europeans. A groundbreaking study in 2014 sequenced and compared the complete genomes of a dozen late hunters and gatherers who lived about 8,000 years ago and early European farmers who lived between 7,200 and 5,400 years ago. It was found that the two groups also differed significantly in terms of their nuclear DNA, i.e. their genomes. It also became apparent that early farmers are genetically more similar to today's inhabitants of the Middle East than to European hunters and gatherers. Thus, the theory of the early farmers migrating from the Fertile Crescent was confirmed across the entire genome.

The study brought to light other groundbreaking findings on the geographical and genetic origins of Europeans: all modern-day Europeans not only carry genetic traces of proto-Europeans, making them a genetic amalgamation of early farmers and foragers, they also evidently bear the genetic imprint of a third population that appears to originate from northern Eurasia. This third genetic component can be found in all present-day Europeans, but not among the hunters and gatherers or early farmers that were studied. This is a clear indication of a later migration wave.

Three other studies published in 2015 examined the genomes of 230 prehistoric individuals from western Eurasia who lived before 8,000 to 3,000 years ago. Their genome confirms the significant genetic differences between early farmers and the late hunters and gatherers in Europe. It was shown, for example, that the first farmers in Europe were astonishingly similar genetically to the early farmers of Anatolia and the present-day inhabitants of Sardinia. It follows that ever since Sardinia was settled by early farmers about 7,000 years ago, few genetic components have been introduced from outside the island. Genetic analysis of the 230 skeletons showed that the proportion of hunter-and-gatherer DNA increased again long after the influx of early

farmers. This means that the migrant farmers did not supplant the hunters and gatherers in Europe. The two populations co-existed for several millennia in parallel and only then intermingled.

THE MIGRATION OF STEPPE NOMADS

One of these studies shed light on the later migration and origins of the third genetic component of modern-day Europeans. The first genetic evidence of this migration and the resulting genetic shift were found in skeletons associated with the Corded Ware culture of central Europe, which began about 4,800 years ago. This means that the migration to central Europe took place in the copper age at the transition between the middle and late Neolithic.

ALL EUROPEANS TODAY POSSESS A COCKTAIL OF GENES FROM HUNTERS AND GATHERERS AND EARLY FARMERS. THEIR DNA ALSO CONTAINS GENES FROM A THIRD POPULATION FROM THE PONTIC-CASPION STEPPE.



The skeletons associated with the Corded Ware culture showed an unexpectedly high degree of genetic similarity to individuals from around 5,000 years ago found in the Pontic-Caspian steppe north of the Black Sea and Caspian Sea. The local inhabitants were associated with the material culture of the Yamna, a population of pastoralists who practised a nomadic lifestyle on the steppe. Their culture is characterized by frequent use of wheels and wagons, which increased mobility. In the early fifth millennium before present, the genes of these people apparently spread across the steppe eastwards into the Altai mountains and westward as far as Switzerland within the space of a few hundred years. For the middle-Elbe and Saale region, where many of the skeletons originated, it was calculated that more than 75 percent of the farmers' genes identified were displaced by genes associated with the Corded Ware culture from the Pontic-Caspian steppe. Genes from the steppe occur in all

present-day Europeans. The proportion of steppe DNA is highest in northeastern Europe and gradually declines towards the southwest. The largest genetic steppe component is found today among the inhabitants of Estonia, the lowest in Sardinia.

The first large-scale migration to Europe about 7,500 years ago can be explained by the change in lifestyle: agriculture and animal husbandry improved food security and led to a population boom, which, in turn, led to the territorial spread of farmers. However, that does not explain the second major migration movement from the Pontic-Caspian steppe, because – in central Europe at least – both the migrants and the established population were farmers. Other possible explanations are that the migrants from the steppe were able to produce more food by creating pastures from land that was unsuitable for farming, or that armed conflicts occurred, a theory that is supported by archaeological evidence, or alternatively that the settled farming population was decimated by diseases.

The last explanation received a boost in 2015, when geneticists succeeded in reconstructing the genome of the plague bacterium *Yersinia pestis* from early Bronze Age skeletons. The oldest investigated plague pathogens were obtained from approximately 5,200-year-old skeletons from the Central Asian steppe, where the disease may have originated and spread westward, because researchers also found the DNA of the plague bacterium in skeletons from central Europe and the Baltic region that date back to around 4,500 years. It is therefore conceivable that the first major plague epidemic began 5,000 years ago. It then spread westward with the inhabitants of the steppes, affecting the early farmers of Europe more than the nomads from the Pontic-

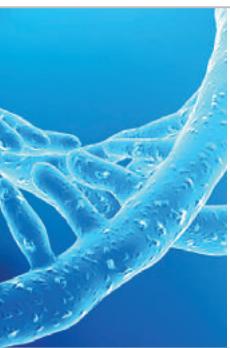
Caspian steppe. The latter had probably already been living with the plague pathogen for centuries, and may therefore have developed a higher level of immunity to it. A plague-triggered collapse of the farming population in Europe may, in turn, have created a vacuum which the steppe nomads were able to fill.

DARK SKIN AND BLUE EYES: THE APPEARANCE OF EARLY EUROPEANS

Genomes of various ages can be analysed to determine how the appearance of early Europeans changed over time. Genetic variants exist that produce specific phenotypes and are common in today's Europeans. One example is the HERC2 gene, which in mutated form endows its carriers with a light eye colour. This gene was carried by all European hunters and gatherers so far studied who lived between the end of the last ice age, some 14,500 years ago, and the beginning of the Neolithic period, about 7,500 years ago. At the same time, genetic analyses have shown that the skin colour of most early Europeans corresponded to the skin colour of today's Africans. The light skin colour typical of present-day Europeans only started to spread with the migration of early farmers from the Middle East and became highly frequent in the Bronze Age. It is suspected that this is an adaptation to life as farmers in Europe: compared to hunters and gatherers, early farmers had only small amounts of vitamin D in their diet. This vitamin is essential for the development of bones and the immune system. Unlike other vitamins, the human body itself can produce vitamin D through exposure to sunlight. However, a strongly pigmented skin transmits less UV light, thus reducing vitamin D production. In most regions of the world where farming is possible, there is sufficient sunlight in winter to produce a sufficient supply of vitamin D via the skin. Central Europe and especially Scandinavia, are geographical exceptions. In those regions a dark skin would probably lead to vitamin D deficiency.

THE ABILITY TO DRINK MILK

Around 70 percent of modern-day Europeans can digest large amounts of lactose as adults. This ability is due to a variant of the lactase gene. Absence of this gene variant is also frequently referred to as lactose intolerance, however most people in the world and all mammals are lactose intolerant. In other words modern Europeans are the exception and carry a mutation for that gene. Genetic analysis of the ancient skeletons showed that, in the early Bronze Age, the mutated variant of the lactase gene was only present in a few individuals from the steppe. Early European farmers



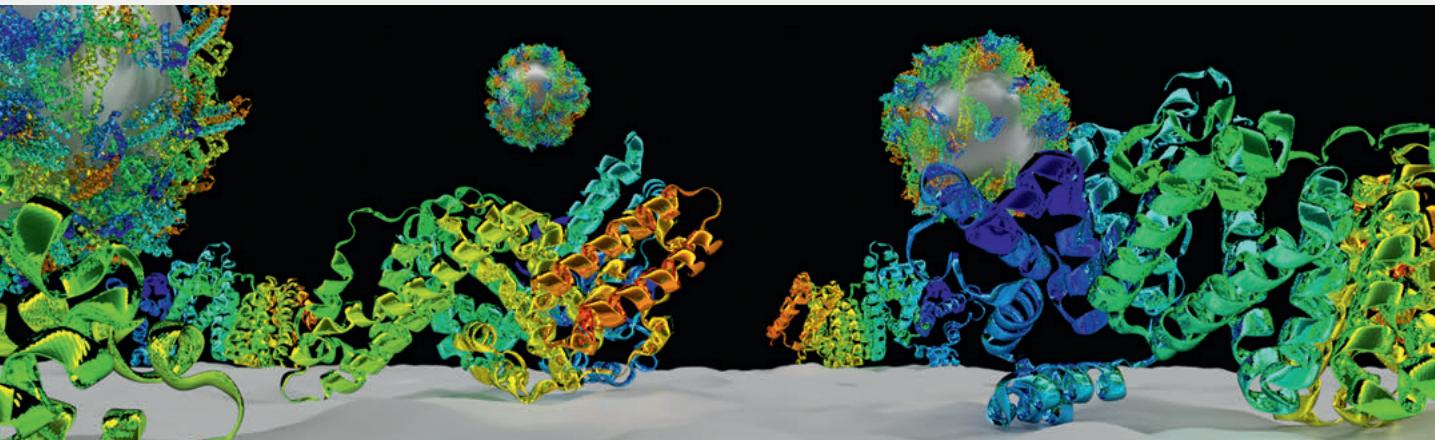
THE SKIN PIGMENTATION OF HUNTERS AND GATHERERS LIVING IN EUROPE AROUND 10,000 BC WAS SIMILAR TO THAT OF MODERN-DAY AFRICANS, THOUGH MOST HAD BLUE EYES.

were still lactose intolerant at the time. The fact that the mutated variant of the gene is found among the majority of central Europeans today is evidently due to strong positive selection, which probably began no earlier than the migration of people from the steppe some 4,800 years ago. This variant of the lactase gene exerts the strongest positive selection so far detected in a human gene. We can only speculate as to the reasons for this. Dairy farming may have intensified, while milk production per cow may have been boosted through selective breeding. Today's cows can produce up to twenty times more milk than the cows owned by the first farmers in Europe.

In summary, analysis of the genomes of ancient skeletons from European prehistory reveals a surprisingly large number of biological changes. Within just a few thousand years two massive migration waves into Europe occurred, significantly increasing the genetic composition of resident hunters and gatherers. Migrants from the Middle East around 8,000 years ago brought agriculture and animal husbandry, the basis of modern societies, to Europe. At the same time in Europe, genes began to spread that may have been important biological adaptations to a farming life. In a second massive migration wave that occurred around 5,000 years ago, the steppe inhabitants of eastern Europe introduced new technologies and cultures to Europe as well as genes that allowed adults to digest large amounts of milk. On the other hand, genetic studies also suggest that the increasing population density and mobility of Europeans favoured the spread of diseases, sometimes with catastrophic consequences. The migrants probably also introduced new languages to Europe. Much evidence indicates that the Indo-European languages spoken by most of today's Europeans originally spread with the steppe nomads. Genetic studies also confirm that migration and mobility have always been part of the history of mankind. All Europeans alive today are a potpourri of genes from various parts of Eurasia. A clear genetic demarcation between today's inhabitants of Europe is therefore impossible. From a genetic point of view, no nation can be recognized as a distinct population. Another finding is that large-scale migration waves in early European history introduced innovations that fundamentally changed the lives of the people living here.

VOLKER MAILÄNDER UND KATHARINA LANDFESTER
MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR POLYMERFORSCHUNG, MAINZ

Wirkstofftransporter für die Nanomedizin



Nanomaterialien für diagnostische und therapeutische Zwecke in der Medizin einzusetzen, ist eins der zukunftsträchtigsten Felder der Nanotechnologie. Besonders interessant ist es dabei, Medikamente gezielt zu Krankheitsherden zu bringen, statt, wie heute üblich, den ganzen Körper eines Patienten damit zu fluten. So schädigen etwa Krebsmedikamente, die Tumorzellen abtöten sollen, heute immer noch viele andere Zellen. Gelänge es die damit verbundenen gravierenden Nebenwirkungen zu vermeiden, wäre dies ein großer Erfolg. Wir entwickeln daher künstliche Nanotransporter, die Wirkstoffe zu gewünschten Zielzellen im Körper bringen.

Die meist kugelförmigen Nanoträger, die im Durchmesser nur etwa 100 Nanometer messen, sollen Wirkstoffe dabei in hoher Konzentration geschützt durch den Körper transportieren, biologische Barrieren wie etwa die Wände von Blutgefäßen oder bei Bedarf auch die Blut-Hirn-Schranke durchdringen und die Wirkstoffe zielgenau in Organen und anderen Geweben freisetzen. Indem solche Nanotransporter Zellen dazu bringen, sie mit Zellmembran einzuschließen, können sie sogar ins Zellinnere gelangen. Wenn sie innerhalb der Zelle ihren Wirkstoff abgeben, kann dieser gezielt mit Zellorganellen, Proteinen oder DNA interagieren und damit eine Krankheit besonders wirkungsvoll bekämpfen.

Die Effizienz einer Therapie lässt sich zusätzlich erhöhen, indem ein Wirkstoff in einem Nanoträger, der ihn zu einem Krankheitsherd bringt, verpackt wird. Denn in Nanokapseln verpackt lassen sich wasserunlösliche Wirkstoffe im Körper deutlich besser verfügbar machen. Zudem bleiben verkapselfte Wirkstoffe beim Transport durch den Körper vor dem biologischen Abbau geschützt. Und Nanokapseln kön-

nen auch Substanzen mit hoher Molekülmasse aufnehmen, die sich in der Medizin bislang nur begrenzt einsetzen lassen. So könnten als innovative Biopharmazeutika in verkapselfter Form auch Nukleinsäuren oder Proteine Verwendung finden. Nukleinsäuren wirken äußerst spezifisch und potent, sie sind wegen ihrer hohen Molekülmasse und Instabilität im Blutstrom bislang allerdings nur eingeschränkt medizinisch verwendbar.

Bekannte Chemotherapeutika für die Krebstherapie wie Doxorubicin und Paclitaxel gehörten zu den ersten Wirkstoffen, die in Form von Nanoträgern dargereicht werden, sodass sie sich im Körper anders verteilen als in herkömmlicher Form. Diese beiden Wirkstoffe gehören aber auch zu den ganz wenigen, die als Nanoträger-basierte Arzneimittel überhaupt auf dem Markt verfügbar sind. Von den vielen verschiedenen Nanoträgern, die Chemiker inzwischen entwickelt haben, haben es mithin bislang nur wenige aus dem Labor in ein Arzneimittel geschafft. Das liegt zum einen an den Hürden, die bei der Übertragung von Ergebnissen der Grundlagenforschung in eine medizinische Anwendung zu nehmen sind. Zum anderen müssen wir auf Seiten der Grundlagenforschung zunächst genau verstehen, wie Nanotransporter mit der biologischen Umgebung im Körper interagieren. So ergeben sich letztlich drei große Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt: 1. Verschiedene Wirkstoffe in Nanokapseln zu verpacken; 2. diese an Zielzellen zu bringen und 3. die Wirkstoffe dort gezielt freizusetzen.

Verschiedene Verfahren erlauben es, Nanotransporter je nach den Anforderungen spezieller Anwendungen so herzustellen, dass die Nanoträger die erforderlichen physikalischen

schen, chemischen und biologischen Eigenschaften aufweisen und als multifunktionale Nanopartikel-Plattformen zur Verfügung stehen.

Die Nanotransporter können aus verschiedenen Materialien hergestellt werden, zum Beispiel aus anorganischen Materialien wie etwa Gold, Eisenoxid oder Silicium, oder aus organischen Polymeren wie dem biologisch nicht abbaubaren Polystyrol oder der im Körper abbaubaren Polymilchsäure. Nanoträger lassen sich aber auch aus Biopolymeren, also Proteinen, Kohlenhydraten oder Lipiden produzieren. Die Nanotransporter jedoch so zu erzeugen, dass sie einen oder mehrere Wirkstoffe einkapseln, ist schwierig. Dabei ist genau diese Verkapselung besonders erfolgversprechend, um Nanotransporter verstärkt in die medizinische Anwendung zu bringen.

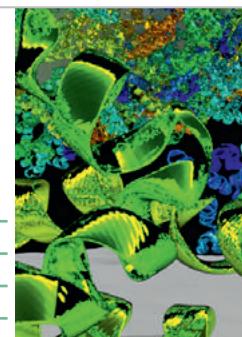
Mit der speziellen Emulsionsform der Miniemulsionen ist es uns am Max-Planck-Institut für Polymerforschung (MPIP) gelungen, verschiedene Wirkstoffe zu verkapseln und die Nanotransporter mit einer breiten Palette an Funktionen auszustatten. Bei einer Emulsion wie etwa einer gut durchmischten Vinaigrette-Sauce oder bei Milch handelt es sich um ein Gemisch zweier Flüssigkeiten, die wie Öl und Wasser nicht ineinander löslich sind. Die ölige Flüssigkeit lässt sich allerdings in Form feiner Tropfen im Wasser verteilen. Bei einer Miniemulsion, die wir mit Hilfe von Ultraschall erzeugen, sind diese Tröpfchen wie bei der Milch besonders klein, und alle Tröpfchen weisen ziemlich genau die gleiche Größe und Struktur auf. Dabei können wir die Größe gezielt einstellen.

Während sich eine Salat-Sauce aus reinem Essig und Öl schnell entmischt, bleibt eine Miniemulsion sehr lange stabil, auch wenn sie einen hohen Anteil an Ölen enthält. Die Tröpfchen und somit die Nanokapseln, die durch eine chemische Reaktion aus den Tröpfchen an deren Grenzfläche entstehen, lassen sich zudem in hohen Konzentrationen mit Wirkstoffen beladen. Und über das Material und die Struktur der Kapselwand können wir steuern, wie der Container mit synthetischen und biologischen Materialien wechselwirkt. Nicht zuletzt lassen sich die Nanokapseln in Miniemulsionen auch im Tonnenmaßstab produzieren. Dank dieser Vorzüge bietet uns die Miniemulsion ein ausgezeichnetes Werkzeug, um Nanotransporter zu konstruieren, die medizinische Wirkstoffe gezielt zu Krankheitsherden befördern. Doch auch in der Technik könnten die Nanokapseln, die wir erzeugen, Anwendung finden. Etwa um Kratzer in Korrosionsschutzschichten von Stählen autonom zu heilen, die Effizienz von

Solarzellen zu verbessern oder die Kapazität von Speicherchips zu erhöhen.

Sowohl für medizinische als auch technische Anwendungen ist es natürlich wichtig, dass die Nanokapseln ihren Inhalt dicht verpacken und erst dort freisetzen, wo es gewünscht ist. Zudem soll die Hülle verhindern, dass Substanzen in die Kapseln eindringen und den Inhalt verändern. Die Wände von Nanokapseln jedoch so abzudichten, dass sie auch für Substanzen, die aus kleinen Molekülen bestehen oder leicht flüchtig sind, undurchdringlich sind, erwies sich dabei als besonders anspruchsvoll. Denn diese Substanzen diffundieren durch jede noch so kleine Öffnung aus der Kapsel. In Mikrokapseln werden die Kapselwände einfach entsprechend dick gemacht, im *Nanobereich* geht das aber nicht. Daher haben wir für das Schalenmaterial ein Polymer gewählt, das aufgrund seiner chemischen Eigenschaften viele Verknüpfungen zwischen einzelnen Polymerketten und somit ein dünnes Netz mit kleiner Maschenweite bildet. So ist es uns gelungen, dichte Nanokapseln für leicht flüchtige Substanzen wie Medikamente oder Duftstoffe herzustellen.

DURCH MINIEMULSIONEN IST ES UNS GELUNGEN,
VERSCHIEDENE WIRKSTOFFE ZU VERKAPSELN
UND DIE NANOTRANSPORTER MIT EINER BREITEN
PALETTE AN FUNKTIONEN AUSZUSTATTEN.



Damit selbst Sauerstoffmoleküle nicht durch die Kapselwand dringen und die eingekapselten Substanzen schädigen können, bedarf es einer besonders dichten Nanohülle: Inspiriert von Baumblättern benutzt unsere Gruppe Cellulose als undurchlässiges Nanopapier für die Wände von Nanokapseln, die diese Anforderung erfüllen müssen. Solche Nanokapseln könnten weniger in der Medizin als vielmehr in der Nahrungsmittelindustrie Verwendung finden, und zwar als eine neuartige Konservierungsmethode. So könnten sie etwa sauerstoffempfindliche Lebensmittel wie zum Beispiel Fischöl schützen.

Wie sich Nanotransporter in der Medizin einsetzen lassen, wurde in den vergangenen Jahren umfangreich erforscht, bislang jedoch vor allem in Zellkultur-Modellen. Aufgrund der Erkenntnisse, die in diesen Studien gewonnen wurden, lässt sich jedoch kaum vorhersagen, welche Wege die Nanotransporter im Körper nehmen und wie sie mit dem biologischen Umfeld eines Organismus interagieren werden. Unsere Gruppe am MPIP untersucht diese Fragen für Nanocontainer, die gezielt eine bestimmte Zellart im Körper eines Patienten adressieren sollen. Damit dies gelingt, muss eine ‚nackte‘ Kapsel mit den meisten Zellen möglichst wenig interagieren. Sie muss sich daher, einmal ins Blut gespritzt, zunächst tarnen. Diese Tarnung wird dadurch erschwert, dass die Nanoträger mit den Proteinen aus dem Blut wechselwirken. Wie wir und andere Forscher weltweit herausgefunden haben, bedeckt nämlich schnell eine Vielzahl von Proteinen die Oberfläche der Nanotransporter, sobald diese ins Blut gelangen. Sie werden von einer so genannten Proteinkorona eingehüllt. Und hier liegt genau das Problem, wenn es darum geht, Nanotransporter in der Medizin einzusetzen: Alles was sich Chemiker ausgedacht haben, um die Transporteroberfläche zu modifizieren, wird im Blut hinfällig. Denn hier verändert sich die Oberfläche der Nanoträger dramatisch.

Die Proteinkorona verändert die Eigenschaften der Nanoträger, einschließlich ihrer Größe, Oberflächenladung und ihres Aggregationsverhaltens. Die ursprünglich chemische Identität der Oberfläche der unbedeckten Nanopartikel wird dadurch in eine biologische Identität umgewandelt. Nanoträger, die zum Beispiel in Wasser stabil waren, klumpen in Blut aus und stellen damit eine Gefahr für den Organismus dar.

Das Phänomen der Proteinanlagerung ist zwar schon seit einiger Zeit bekannt, aber erst seit kurzem lässt sich dank der hochauflösenden Massenspektrometrie analysieren, welche Proteine in den komplexen Gemischen enthalten sind. Darüber hinaus haben wir und andere Forschergruppen weltweit aufgeklärt, wie die Nanotransporter mit Zellmembranen wechselwirken und wie die auf der Transporteroberfläche adsorbierten Proteine die Aufnahme der Nanoträger in die Zelle beeinflussen. Wir wissen nun, dass die Korona die biologische Identität der Nanopartikel definiert und die toxische Wirkung auf Zellen, die Verteilung im Körper und die Aufnahme in spezifische Zellen beeinflusst. Wenn also Nanotransporter in die Blutbahn gespritzt werden, so ist es deren Proteinkorona, die von den Zellen eigentlich wahrgenommen wird. Wir müssen also unbedingt die Proteinkorona berücksichtigen, um vorhersagen zu können, wie Nanoträger mit Zellen interagieren.

Angesichts der Bedeutung der Proteinkorona für medizinische Anwendungen von Nanomaterialien ist die Entwicklung von Nanokapseln als Wirkstofftransporter nicht nur eine synthetische Herausforderung. Nötig sind auch Methoden, um die Nanoträger und vor allem die Proteinkorona im Blut charakterisieren zu können. Dafür kommen verschiedene Techniken in Frage. Neben massenspektrometrischen Untersuchungen, um die Zusammensetzung der Korona zu analysieren, setzen wir am MPIP zum Beispiel die isotherme Titrationskalorimetrie ein, mit der wir untersuchen, wie stark die Proteine an die Trägeroberfläche gebunden sind. Darüber hinaus verrät uns die dynamische Lichtstreuung, ob die Nanotransporter im Blut verklumpen. Schließlich können wir die Proteinschicht auf den Nanoträgern mit Hilfe der Elektronenmikroskopie sogar bildlich darstellen.

Wie alle fremden Substanzen werden Nanoträger im Blutkreislauf von Fresszellen wie zum Beispiel Makrophagen eliminiert. Zu diesem Zweck werden die Nanopartikel zunächst durch spezielle Proteine wie die Immunglobuline als Fremdkörper markiert. Wenn die Nanotransporter rasch aus dem Blutkreislauf entfernt werden, haben sie jedoch keine Chance, ihren Zielort im Körper zu erreichen. Aus diesem Grund wurden Nanotransporter mit proteinabweisenden Oberflächen ausgestattet. Die Idee dahinter: Wenn sich keine oder weniger Proteine wie etwa die Immunglobuline auf der Trägeroberfläche anlagern können, sollten die Nanotransporter länger durch den Blutkreislauf zirkulieren. Derart getarnte Nanotransporter („Stealth“-Nanoträger) sollten also das Immunsystem nicht aktivieren und Arzneimittel so zuverlässig zu Krankheitsherden bringen.

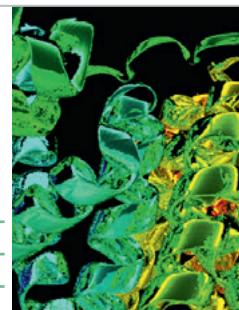


Weltweit beschichteten Forscher Nanopartikel wie Polypeptide, polymere Nanoteilchen und Liposomen daher mit wasseranziehenden Molekülen, um sie vor Fresszellen zu schützen. Die Nanotransporter mit Polyethylenglykol (PEG) zu beschichten, ist dafür der Standardansatz, der auch PEGylierung genannt wird. Dies verhindert die unspezifische Anlagerung von Proteinen und erhöht die Verweildauer der Nanovehikel im Blut. Doch die PEGylierung verhindert die Bildung der Proteinkorona nicht vollständig. Und das ist auch gut so, wie wir am MPIP mit einer wichtigen Entdeckung herausgefunden haben. Es kommt nämlich anders, als man bislang dachte, nicht darauf an, dass sich möglichst wenige oder gar keine Proteine an die Oberfläche eines Nanotransporters heften, sondern darauf, dass sich dort die richtigen Proteine ablagern. Damit die Nanopartikel vor dem Immunsystem getarnt werden, müssen sie auf ihrer Hülle das Protein Clusterin tragen. Genau dieses Protein lagert sich auf einer PEG-Hülle bevorzugt ab und macht das Polymer so zu einer guten Tarnkappe. Eine Beschichtung, auf der sich andere oder gar keine Proteine absetzen, können die Nanopartikel dagegen nicht tarnen. Diese Erkenntnis vermittelt uns eine ganz neue Sicht auf den Mechanismus des Tarneffekts.

Da wir den Effekt nun besser verstehen, ist es uns am MPIP besonders gut gelungen, Nanocontainer herzustellen, die im Körper zunächst von keiner Zelle erkannt werden. Da Polyethylenglykol nicht biologisch abgebaut wird, könnte es sich im Körper anreichern. Daher haben wir nach alternativen Tarnkappen für unsere Nanotransporter gesucht und diese zum Beispiel in einer Hülle aus modifizierten Stärkemolekülen gefunden. Nanokapseln aus diesem Polymer können relativ lange durch den Körper zirkulieren, ohne zunächst vom Immunsystem erkannt zu werden, werden aber abgebaut, sobald sie ihre Fracht bei den Zielzellen abgeliefert haben. Ein Nachteil sowohl von PEG als auch von Stärke als Hüllmaterial der Nanokapseln ist jedoch, dass sie im Körper die Bildung spezifischer Antikörper und Hypersensitivitätsreaktionen bewirken können. Antikörper bewirken bei einer wiederholten Gabe, dass die Nanotransporter rascher aus dem Blut entfernt werden. Das vermeiden wir, indem wir als Hüllmaterial Polyphosphorsäureester verwenden, die abbaubar sind und den Nukleinsäuren, einem wichtigen Grundbaustein des Organismus, sehr ähneln. Daher lösen Nanopartikel mit einer Hülle aus Phosphorsäure keine Bildung von Antikörpern aus und bleiben auch bei einer wiederholten Anwendung lange genug im Blut, um ihre Zielzellen zu finden.

Damit Wirkstofftransporter genau dorthin gelangen, wo sie gebraucht werden, benötigen sie jedoch eine Art Adresslabel. Daher bringen wir auf den Oberflächen der Nanopartikel Moleküle an, für die nur die Zielzellen, also etwa Tumorzellen und sogenannte dendritische Zellen des Immunsystems, die richtigen Rezeptoren aufweisen. Nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip binden die Adressmoleküle der Nanotransporter an die Rezeptoren und werden dann von den Zielzellen aufgenommen. Für eine aktuelle Studie haben wir am MPIP PEGylierte Nanokapseln mit verschiedenen Adress-Molekülen ausgestattet, damit die Container von dendritischen Zellen aufgenommen werden. Dann haben wir analysiert, welche und wie viele Proteine sich an den Nanotransportern anlagern. Dabei haben wir insgesamt wenige Proteine auf ihrer Oberfläche gefunden und wie bei Nanopartikeln ohne Adress-Moleküle vor allem Clusterin. Die Adress-Moleküle beeinflussen die Proteinkorona also kaum.

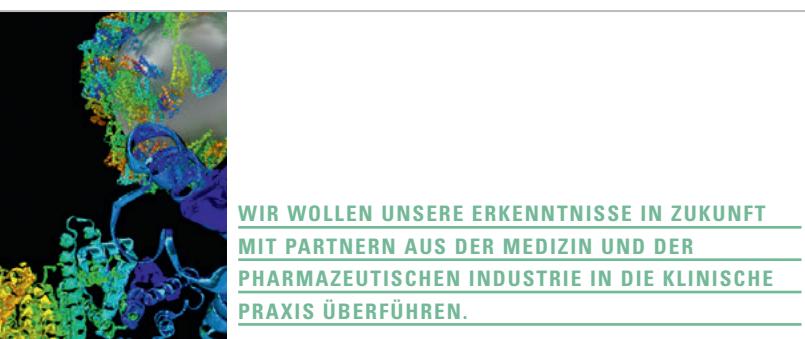
**WIR VERFOLGEN DIE VISION, „INTELLIGENTE“
PARTIKEL AUS MEHREREN INEINANDER GESCHACHTEN KAPSELN ZU ENTWICKELN.**



In einer weiteren Studie mit Nanokapseln aus Stärke haben wir zudem festgestellt, dass umgekehrt zumindest eine Korona aus manchen Proteinen nicht verhindert, dass die Adress-Moleküle auf der Kapseloberfläche an ihre Zielrezeptoren binden und die Nanokapseln von dendritischen Zellen aufgenommen werden. Bislang haben wir allerdings nur den Einfluss einiger weniger Koronaproteine darauf untersucht, wie die Adress-Moleküle an die Ziel-Rezeptoren binden. Genau zu verstehen, wie verschiedene Koronaproteine den Weg eines Nanotransportes durch den Körper und in die Zielzelle beeinflussen, ist allerdings entscheidend für den Erfolg von künstlichen Nanotransportern in der Medizin. Daher liegt ein Schwerpunkt unserer künftigen Forschungsaktivitäten am MPIP darauf, die Bildung der Proteinkorona durch die Eigenschaften der Nanopartikel noch besser zu kontrollieren und die Proteinkorona so für spezifische biomedizinische Anwendungen nutzbar zu machen.

Zudem verfolgen wir die Vision, „intelligente“ Partikel aus mehreren ineinander geschachtelten Kapseln zu entwickeln. Mit ihnen ließen sich etwa Impfstoffe und zusätzlich erforderliche Adjuvantien, die das Immunsystem stimulieren, separat zu Zielzellen transportieren, wenn sie erst dort in Kontakt miteinander kommen sollten. Ähnliches gilt für Kombinationen mancher Wirkstoffe, die erst in den Zielzellen vermischt werden sollen, oder gar an unterschiedlichen Orten wirken sollen. Ineinander geschachtelte Kapseln könnten zudem mehrere biologische Barrieren durchdringen. Ein Nanovehikel etwa, das RNA oder DNA in den Zellkern bringen soll, müsste mit seiner äußeren Kapsel zunächst in die Zelle eindringen und die äußere Hülle dann abwerfen, um mit einer entsprechend präparierten inneren Kapsel in den Zellkern zu gelangen.

Dank der Erkenntnisse, die wir in den vergangenen Jahren gewonnen haben, sind wir am MPIP bei der Entwicklung von Nanocontainern vor allem, aber nicht nur für die Medizin um wichtige Schritte vorangekommen. Nun gehen wir dazu über, diese grundlegenden Erkenntnisse in engen Kooperationen mit der Universitätsmedizin in Mainz sowie Partnern der pharmazeutischen Industrie in die klinische Praxis zu überführen. Wir sind daher zuversichtlich, dass Therapien in naher Zukunft noch effektiver und werden und weniger Nebenwirkungen mit sich bringen.



Bei ineinander geschachtelten Kapseln ebenso wie bei einfachen Containern müssen wir natürlich auch dem Öffnungsmechanismus großes Augenmerk schenken. Wir nutzen dabei zum einen Stimuli, die sich berührungslos sowie zeitlich und räumlich sehr präzise anwenden lassen. Unter anderem kommen etwa Licht und Temperatur in Frage, um eine Fracht über einen molekularen Öffner in der Kapselwand sozusagen per Knopfdruck freizusetzen. Wir setzen aber auch auf äußere Reize, die entstehen, wenn sich die chemische Umgebung der Nanopartikel ändert. Von besonderem Interesse sind hierbei spezielle chemische Bedingungen in den Zielzellen. So können wir die Kapseln möglicherweise mit Enzymen öffnen, die es nur in den Zielzellen gibt. Für einen Öffnungsmechanismus können wir zudem ausnutzen, dass in Tumorzellen ein saures Milieu herrscht. Die entsprechenden molekularen Öffner eignen sich dabei nicht nur hervorragend für die Medizin, sondern auch für ganz andere Anwendungen, wie zum Beispiel für den Korrosionsschutz von Stahl. Denn auch hier geht die einsetzende Korrosion damit einher, dass sich das chemische Milieu ändert.

Drug delivery in nanomedicine

The use of nanomaterials for diagnostic and therapeutic purposes in medicine is one of the most promising areas in nanotechnology. The ability to target medications at the seat of disease instead of flooding a patient's entire body with them, as is the current practice, is of particular interest. At the moment, for example, cancer treatments that are designed to kill tumour cells still damage many other cells as well. The possibility of avoiding the associated severe side effects would be a major breakthrough. We are therefore developing artificial nanotransporters to transport drugs to the required target cells in the body.

The nanocarriers, which are usually spherical in shape and measure only around 100 nanometres in diameter, are designed to transport highly concentrated substances through the body, penetrate biological barriers such as the walls of blood vessels or, if necessary, the blood-brain barrier, and deliver the substances at precise targets in organs and other tissues. As such nanotransporters cause cells to enclose them with cell membranes they can even reach the cell interior. Once they deliver the drug to the cell, it can interact in a specific way with cell organelles, proteins or DNA and in this way fight a disease particularly effectively.

The efficiency of a treatment can be further increased by encapsulating a drug in a nanocarrier, which brings it to a seat of disease. This is because water-insoluble substances that are packaged in nanocapsules are much more easily available in the body. Moreover, the encapsulated drugs remain protected from biological degradation while they are being transported through the body. And nanocapsules can also absorb substances with a high molecular mass. Such substances could previously only be used to a limited extent in medicine. This means that encapsulated nucleic acids or proteins could also be used as innovative biopharmaceuticals. Nucleic acids have an extremely specific and potent effect; to date, however, they have had only a limited application in medicine due to their high molecular mass and instability in the bloodstream.

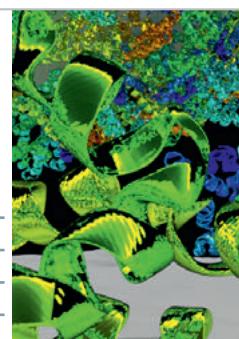
Well-known chemotherapeutic agents used in the treatment of cancer, such as doxorubicin and paclitaxel, were among the first drugs to be administered as nanocarriers, with the result that they disperse throughout the body differently than when they are administered using conventional methods. However, these two drugs are also among the very few that are even available on the market as nanocarrier-based medications. Of the many different nanocarriers that chemists have developed, very few have made it out of the lab

into a medication. This is due, on the one hand, to the obstacles that must be overcome when translating basic research results into medical application. On the other hand, on the basic research side, we first need to understand exactly how nanotransporters interact with the biological environment in the body. Ultimately, three major challenges need to be overcome: 1. Packaging various drugs in nanocapsules; 2. Transporting these drugs to target cells; 3. Releasing the drugs there in a targeted way.

Various procedures allow nanotransporters to be manufactured in accordance with the requirements of specific applications in such a way that the nanocarriers have the necessary physical, chemical and biological properties and are available as multifunctional nanoparticle platforms.

The nanotransporters can be made from a variety of materials, including, for example, inorganic materials such as gold, iron oxide or silicon, or organic polymers such as polystyrol, which cannot be biologically degraded, or polylactic acid, which can be broken down in the body. Nanocarriers can also be made from biopolymers, i.e. proteins, carbohydrates or lipids. However, it is difficult to make the nanotransporters in such a way that they encapsulate one or more drugs. However, it is precisely this encapsulation that is particularly promising in terms of increasing the use of nanotransporters for medical purposes.

**USING MINIEMULSIONS WE SUCCEEDED IN
ENCAPSULATING VARIOUS ACTIVE SUBSTANCES AND
IN EQUIPPING THE NANOTRANSPORTERS WITH
A WIDE RANGE OF FUNCTIONS.**



By using a special type of emulsion, known as a miniemulsion, we at the Max Planck Institute for Polymer Research (MPIP) have managed to encapsulate various drugs and to equip the nanotransporters with a broad range of functions. An emulsion like a well-mixed vinaigrette dressing or milk consists of a mixture of two liquids, which, like oil and water, are not soluble in each other. The oily liquid, however, can disperse in the form of fine drops in the water. In a miniemulsion, which we produce using ultrasound, these

droplets are particularly small, as in the case of milk, and all the droplets have almost the exact same size and structure. As a result, we can accurately specify the size.

While a salad dressing made from just oil and vinegar quickly separates, a miniemulsion remains stable for a very long time, even if it contains a high proportion of oils. The droplets and thus the nanocapsules, which are generated from a chemical reaction of the droplets on their surface, can also be loaded with drugs in high concentrations. We can control, via the material and the structure of the capsule wall, how the container interacts with synthetic and biological materials. Another important aspect is that the nanocapsules in miniemulsions can also be produced in tons. Thanks to these benefits, the miniemulsion is an excellent tool for constructing nanotransporters that transport medicines in a targeted way to the seat of disease. However, the nanocapsules that we produce could also be used in technology, for example to promote the 'self-healing' of scratches in anti-corrosion coatings for steel, to improve the efficiency of solar cells or to increase the capacity of memory chips.

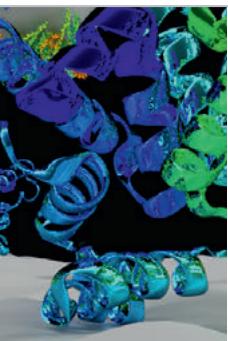
It is of course important in both medical and technical applications that the content in nanocapsules is packaged securely and only released where it is required. In addition, the shell is designed to prevent substances from penetrating the capsules and modifying the content. However, sealing the walls of nanocapsules in such a way that they are also impenetrable to substances that consist of small molecules or are highly volatile, has proved to be particularly challenging. This is because these substances diffuse out of the capsule through every cavity. In microcapsules, we simply ensure that the capsule walls are thick enough; this does not work at the nanoscale however. When choosing the shell material, we therefore selected a polymer, which

due to its chemical properties, establishes several links between individual polymer chains and thus forms a thin net with a small mesh size. We thus managed to manufacture impermeable nanocapsules for highly volatile substances like medications or aromatic substances.

A particularly impermeable nano shell was required to ensure that even oxygen molecules could not penetrate the capsule wall and damage the encapsulated substances: inspired by leaves on a tree, our group uses cellulose as an impermeable nanopaper for the walls of nanocapsules that have to fulfil this requirement. Such nanocapsules could be used more in the food industry than in medicine and even as an innovative method for preserving food. They could therefore protect oxygen-sensitive foods, such as fish oils.

Extensive research has been carried out in recent years to determine how nanotransporters can be used in medicine. To date, however, most of this research has been conducted in cell culture models. On the basis of information that was obtained in these studies, it is, however, hard to predict which routes the nanotransporters will take in the body and how they will interact with the biological environment of an organism. Our group at the MPIP is studying these issues in relation to nanocontainers, which are designed to target a specific type of cell in the patient's body. In order for this to be successful, a 'naked' capsule must interact as little as possible with most cells. Once injected into the blood, it therefore needs to camouflage itself. This attempt to camouflage is made more difficult by the fact that the nanocarriers interact with proteins in the blood. As we and other researchers around the world have discovered, a large number of proteins quickly cover the surface of the nanotransporters as soon as the nanotransporters reach the blood. They are enveloped by a 'protein corona', as it is known. And this is exactly where the problem lies when nanotransporters are used in medicine: everything that chemists have devised to modify the transporter surface becomes obsolete in the blood. This is because the surface of the nanocarrier changes dramatically here.

The protein corona modifies the properties of the nanocarriers, including their size, surface charge and aggregation behaviour. As a result, the original chemical identity of the surface of the uncovered nanoparticle is converted into a biological identity. Nanocarriers that were stable in water, for example, agglomerate in the blood and thus pose a risk to the organism. The phenomenon of protein accumulation has been known



**WE USE CELLULOSE AS IMPERMEABLE NANOPAPER
SO THAT EVEN OXYGEN MOLECULES CANNOT
PENETRATE THE CAPSULE WALL.**

about for some time. However, it has only recently been possible, due to high-resolution mass spectrometry, to analyse the complex mixtures to determine which proteins they contain. In addition, we and other research groups around the world have uncovered how the nanotransporters interact with cell membranes and how this influences the mechanism by which proteins adsorbed on the surface of the nanocarriers influence absorption into the cell. We now know that the corona defines the biological identity of the nanoparticles and influences the toxic effect on cells, the diffusion in the body and the absorption into specific cells. When nanotransporters are injected into the bloodstream, it is their protein corona that is actually perceived by the cells. The protein corona is therefore a vital consideration in predicting how nanocarriers interact with cells.

Given the importance of the protein corona in the medical application of nanomaterials, the development of nanocapsules as drug transporters is not just a synthetic challenge. Methods that can characterise the nanocarriers, and in particular the protein corona in the blood, are also needed. Various techniques can be used here. In addition to mass spectrometry studies to analyse the composition of the corona, we at the MPIP are using isothermal titration calorimetry, for example, to study how tightly the proteins are bound to the carrier surface. In addition, dynamic light scattering also tells us whether the nanotransporters are clumping together in the blood. Finally, we can even represent the protein layer on the nanocarriers visually using electron microscopy.

Like all foreign substances, nanocarriers are eliminated in the bloodstream of scavenger cells such as macrophages. For this reason, the nanoparticles are first marked by special proteins, such as immunoglobulins, as foreign bodies. If the nanotransporters are eliminated swiftly from the bloodstream, however, they have no chance of reaching their destination in the body. For this reason, nanotransporters have been equipped with protein-repellent surfaces. The idea behind this is that if no proteins or only a few proteins, such as the immunoglobulins, can absorb on the carrier surface, the nanotransporters should circulate through the bloodstream for longer. Such camouflaged nanotransporters ('stealth' nanocarriers) should not activate the immune system and thus should be able to transport medication reliably to the seat of disease.

Throughout the world, researchers coat nanoparticles like polypeptides, polymer nanoparticles and liposomes with hydrophilic molecules in order to protect them from scav-

enger cells. Coating the nanotransporters with polyethylene glycol (PEG), a process known as PEGylation, is the standard approach used in such cases. This reduces the unspecific absorptions of proteins and increases the retention time of nanovehicles in the blood. However, PEGylation does not completely prevent the formation of protein coronae. And that is a good thing, as we at the MPIP found out in an important discovery. It is not a question, as was previously believed, of as few as possible or even no proteins attaching to the surface of a nanotransporter, the important issue is whether the right proteins have accumulated there. In order for the nanoparticles to be hidden from the immune system, they need to have the protein clusterin on their shell. It is precisely this protein that prefers to accumulate on a PEG shell and in this way makes the polymer a good invisibility cloak. In contrast, the nanoparticles cannot camouflage a layer on which other proteins or no proteins at all have settled. This information provides us with a completely new perspective on the mechanism of the stealth effect.

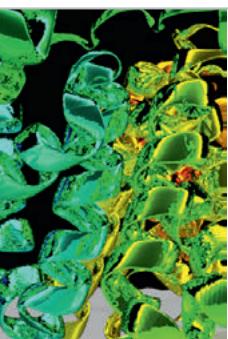


OUR VISION IS TO DEVELOP "INTELLIGENT" PARTICLES FROM MULTIPLE NESTED CAPSULES.

As we now understand the effect better, it has allowed us at the MPIP to be particularly successful in creating nanocontainers that are initially not recognised by any cell in the body. As polyethylene glycol is not biologically degraded, it could build up in the body. We therefore looked for alternative invisibility cloaks for our nanotransporters and found them for example in a shell of modified starch molecules. Nanocapsules made from this polymer can circulate for a relatively long time through the body without initially being recognised by the immune system, but are degraded as soon as they have delivered their payload to the target cells. However, the disadvantage of both PEG and starch as a material for the nanocapsule shell is that they can promote the development of specific antibodies and hypersensitivity reactions in the body. In the case of a repeated dose, antibodies can cause the nanotransporters to be eliminated

faster from the blood. We avoid this by using polyphosphoric acid esters for the shell material. These are degradable and are very similar to nucleic acids, an important building block in the organism. Nanoparticles with a shell made from polyphosphoric acid do not trigger the formation of antibodies and, even with repeated use, remain long enough in the blood to find their target cells.

In order for drug transporters to get to the exact location where they are needed, however, they need a type of address label. We therefore attach molecules to the surfaces of the nanoparticles for which only the target cells, such as tumour cells and so-called dendritic cells in the immune system, have the right receptors. According to the lock and key principle, the address molecules of the nanotransporters lock on to the receptors and are then taken up by the target cells. In a current study at the MPIP, we have equipped the stealth nanocapsules with various address molecules so that the containers are absorbed by dendritic cells. We then analysed the type and number of proteins that accumulated on the nanotransporters. On the whole, we found very few proteins at all on the surface of the nanotransporters and, as in the case of nanoparticles without address molecules, the most frequently found protein was clusterin. The address molecules therefore have very little effect on the protein corona.



WE AIM TO TRANSFER OUR INSIGHTS TO CLINICAL PRACTICE IN THE FUTURE BY COLLABORATING WITH PARTNERS FROM MEDICINE AND THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY.

In another study involving starch nanocapsules, we also established that, conversely, at least one corona consisting of certain proteins does not prevent the address molecule on the capsule surface from attaching to its target receptors and the nanocapsules are absorbed by dendritic cells. Up until now, however, we have only studied how the address molecules attach to the target receptors in the case of a few corona proteins. Understanding exactly how various co-

rona proteins affect the route of a nanotransporter through the body and to the target cell is crucial to the success of artificial nanotransporters in medicine. For this reason, our future research activities at the MPIP will focus on even better monitoring of the formation of protein coronae as a result of the properties of the nanoparticles and on making the protein coronae useful for specific biomedical applications. Our vision is also to develop 'intelligent' particles from several nested capsules. These can be used to transport vaccines and other necessary adjuvants that stimulate the immune system separately to target cells if they are only supposed to come into contact with one another there. The same applies to combinations of certain drugs that are only supposed to mingle in the target cells or even to operate at different locations. Nested capsules could also penetrate several biological barriers. A nanovehicle that is supposed to transport RNA or DNA into the cell nucleus would first have to penetrate the cell with its outer capsule and then discard the outer shell in order to reach the cell nucleus with an appropriately prepared inner capsule.

Of course we must also pay close attention to the opening mechanism of nested capsules and simple containers. In doing so, we use stimuli that can be applied non-intrusively and very precisely in terms of time and location. Light and temperature are just two of the factors that determine how cargo is released via a molecular opener, a pushbutton as it were, in the capsule wall. However, we also rely on external stimuli that develop when the chemical environment of the nanoparticles changes. Specific chemical conditions in the target cells are of particular interest here. Thus, it is possible that we could open capsules with enzymes that are only present in the target cell. In an opening mechanism, we can also take advantage of the fact that an acidic milieu prevails in tumour cells. The corresponding molecular openers are not only eminently suitable for medicine but also for very different applications such as preventing the corrosion of steel. Here also, the incipient corrosion is associated with a change in the chemical milieu.

Thanks to the insights that we have gained in recent years, we at the MPIP have made considerable progress in the development of nanocontainers especially, but not only, in medicine. We are now beginning, in close cooperation with the Mainz University Medical Center and partners in the pharmaceutical industry, to transfer these fundamental findings to clinical practice. We are therefore confident that, in the near future, treatments will be even more effective and will cause fewer side effects.

Proteomik: Von der Grundlagentechnologie zum universellen Diagnose-Tool



Proteine sind die vielfältigsten und schönsten molekularen Gebilde in der Biologie. Sie erfüllen die Funktionen des Körpers elegant und wirtschaftlich. Proteine verleihen dem Organismus Struktur, von den Haaren bis zu den Sehnen, und orchestrieren ein riesiges Netzwerk biochemischer Funktionen in jeder einzelnen Zelle. Als Hormone dienen sie der Signalübertragung von einem Körperteil zum anderen, und die zelluläre Informationsverarbeitung erfolgt hauptsächlich über Proteinnetzwerke. Kommt es bei nur einem Proteintyp zu einer Funktionsstörung, kann dies eine Krankheit auslösen – man denke nur an Diabetes Typ 1, bei dem das Fehlen des kleinen Proteins Insulin dazu führt, dass Leber- und Muskelgewebe nicht wissen, dass sie nach dem Essen Blutzucker aufnehmen sollen. Krebs ist im Wesentlichen eine Fehlfunktion von Proteinnetzwerken, bei denen überaktive Regulatorproteine den Zellen unaufhörlich den Befehl geben zu wachsen und sich zu teilen – für gewöhnlich aufgrund einer Mutation in den Genen, welche die Blaupause für diese Proteine tragen.

Die Wissenschaft der Genetik hat dieses Konzept ins öffentliche Bewusstsein gerückt, hauptsächlich mittels raffinierter Genanalysen und leistungsstarker Technologien wie Gensequenzierung und Genmanipulation. Der Erfolg der Genetik war so überwältigend, dass der Eindruck entstand, Gene und die diesbezüglichen Unterschiede zwischen Menschen seien allesentscheidend. Diese Sichtweise trifft vom wissenschaftlichen Standpunkt aus nicht zu und führt immer wieder zu fehlgeleiteten politischen Entscheidungen.

Analog zum Genom wird die Gesamtheit aller Proteine in einem biologischen Gebilde als „Proteom“ bezeichnet. Der

Zusammenhang zwischen Proteom und Genom besteht darin, dass jedes Gen die genaue Anleitung für die Herstellung eines oder mehrerer Proteine mit exakt der Reihenfolge der Aminosäuren, wie sie im genetischen Code festgelegt ist, beinhaltet. Die Analyse des Proteoms ist viel schwieriger als die der Gene und der von ihnen hergestellten RNA-Botenmoleküle. Demzufolge hinkte die Proteomik der Genomik bislang hinterher. Dies ändert sich jedoch gerade, und technologische Fortschritte bei der Proteinanalyse kommen nun in vielen Bereichen der Biologie zum Tragen.

Mein eigener Einstieg in dieses Gebiet erfolgte als Doktorand im Rahmen meiner Zusammenarbeit mit John B. Fenn an der Yale Universität. Er hatte eine Technik namens „Eletrospray“ entwickelt, bei der Proteine in einer Flüssigkeit gelöst werden. Anschließend verteilt sich die Flüssigkeit in Form winziger geladener Tröpfchen, die rasch verdunsten. Zurück bleiben geladene Proteine in der Gasphase, die nun leicht der Massenspektrometrie (MS) unterzogen werden können – hier wird „Elefanten das Fliegen beigebracht“, wie John es nannte. Bei der MS handelt es sich um eine unglaublich leistungsstarke Technologie, die die Molekülmasse mit einer Genauigkeit von Teilen pro Million (Parts per million) misst und die Molekülhäufigkeit angibt. Nach einer Fragmentierung der Moleküle im Massenspektrometer in einem Verfahren, das als MS/MS bezeichnet wird, da es zwei MS-Stufen umfasst, kann sie sogar ihre chemische Struktur aufzeigen. Das Eletrospray-Verfahren für Proteine ist ein Beispiel für eine Technologie, die aus einer völlig unerwarteten Richtung aus der Grundlagenforschung kam und ein zentrales Problem der Biologie, Biotechnologie und Biomedizin löste. John Fenn erhielt für seine Entwicklung,

die heute die Basis einer milliardenschweren Industrie ist, im Jahr 2002 gemeinsam mit anderen den Nobelpreis für Chemie.

TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNG IN DER PROTEOMIK

Seit mehr als 20 Jahren nutzen meine und andere Arbeitsgruppen das Elektrospray-Verfahren als eine der zentralen Technologien, um den Traum der Proteomik wahr werden zu lassen: Proteine, Proteinkomplexe und Proteome nahezu vollständig zu charakterisieren. Im Gegensatz zum humanen Genom, das größtenteils vor der Geburt feststeht, ist das Proteom hochdynamisch, und jedes Gen kann viele verschiedene Proteinformen hervorbringen. Zudem können Proteine zur Aktivierung modifiziert werden und interagieren dann miteinander und mit anderen Molekülen in der Zelle. Daher ist die Proteomik – die Wissenschaft von der Erforschung der Proteine im großen Maßstab – eine fortlaufende Suche, die niemals „beendet“ sein wird.

Vor noch nicht allzu langer Zeit hielten viele es für unmöglich, selbst die grundlegendste Herausforderung zu meistern, nämlich mindestens einen Vertreter aller Proteine in einem Organismus zu erforschen. Ein wichtiger Meilenstein wurde kurz nach meinem Wechsel ins Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried erreicht, als wir neue Techniken zur Herstellung von Proteomproben, MS-Technologien und die Analyse riesiger Datens Mengen aus der Massenspektrometrie durch Bioinformatik kombinierten und dadurch das erste vollständige Proteom erhielten, das der Hefe.

Dieser Durchbruch, den wir nach mehr als einem halben Jahr Arbeit 2008 stolz in *Nature* präsentieren konnten, wurde durch das außerordentlich gute wissenschaftliche und soziale Umfeld im Max-Planck-Institut und die großzügige und langfristige Unterstützung durch die Max-Planck-Ge-

sellschaft möglich. Seit dieser Zeit hat der technologische Fortschritt auf dem Gebiet der Proteomik exponentiell zugenommen, so dass wir heute dieselbe Analyse in wenigen Stunden durchführen können – selbst beim komplexeren Proteom der menschlichen Zelle. Durch Elektrospray und Massenspektrometrie erfolgten bereits zahlreiche wichtige biologische Entdeckungen – einige von ihnen leisteten einen Beitrag zu Nobelpreisen auf anderen Gebieten. Dennoch erweist sich die MS-basierte Proteomik erst jetzt in Bezug auf Einsatzmöglichkeiten, Empfindlichkeit und Anwendungs-freundlichkeit als wirklich ausreichend, um ganze Proteome routinemäßig genau charakterisieren zu können. Vom Standpunkt der Anwendbarkeit aus ist dies also eher der Beginn als das Ende dieses Forschungsgebietes. Der Einfluss der MS-gestützten Proteomik ist enorm. Sie wirft ein neues Licht auf verschiedene Bereiche wie die Krebsbiologie, die Architektur von Proteinnetzwerken, die Regulierung der zirkadianen Uhr und die Diagnose des Gesundheitszustands mittels MS-Analyse eines einzelnen Blut tropfens.

Die MS-basierte Proteomik wird hauptsächlich durch die zugrundeliegende Technologie vorangetrieben. Das Max-Planck-Institut für Biochemie ist stolz darauf, seit Jahren an vorderster Front dieser Entwicklungen zu stehen. Dazu gehören effiziente und automatisierbare Methoden zur Probenherstellung, die bestmögliche Auftrennung der enormen Anzahl von Peptiden, die bei jedem Experiment entstehen (oftmals hunderttausende), die Massenspektrometrie selbst und nicht zuletzt die für die optimale Interpretation der Daten genutzte Informatik und Bioinformatik. Über mehr als zwei Jahrzehnte war der technologische Fortschritt zumindest in einigen Aspekten exponentiell, und es gibt auch jetzt kein Anzeichen für eine Verlangsamung. Die Weiterentwicklung der Technologie der Proteomik ist einerseits für die Grundlagenforschung von Bedeutung, andererseits auch von Nutzen für die Unternehmen, mit denen wir zusammenarbeiten. Auch eine Ausgründung aus unserem Institut existiert bereits.

KREBSPROTEOMIK

In den letzten zehn Jahren wurde zunehmend deutlich, dass es sich bei Krebs um eine auf jeder Ebene äußerst heterogene Krankheit handelt. Beispielsweise sind Tumorzellen genetisch unterschiedlich und weisen verschiedene Mutationen auf, die zur Malignität beitragen. Dennoch durchlaufen viele Krebsarten eine festgelegte Entwicklung vom gutartigen Wachstum über aggressive Stadien hin zur Metastasierung. In den verschiedenen Stadien durch geführte Biopsien



werden von Pathologen interpretiert, die die Tumore in verschiedene Grade mit jeweils einer anderen Prognose einstufen. Unsere Arbeitsgruppe arbeitet bei dieser Klassifizierung mit Onkologen zusammen. Wir haben beispielsweise das Proteom eines Blutkrebses, des sogenannten großzelligen B-Zell-Lymphoms, das mikroskopisch schwer einzustufen ist, untersucht und gezeigt, dass hier eine eindeutige Kategorisierung durch MS möglich ist. Bei Darmkrebs haben wir mehr als 10.000 verschiedene Proteine während der Entwicklung vom Adenom über das Karzinom bis hin zur Metastasierung quantitativ erfasst. Beim ersten Blick auf das sich entfaltende Proteom bei Darmkrebs zeigte sich, dass die Tumore im Wesentlichen dieselben Proteine nutzen und der Grund für den Unterschied in den späteren Stadien in erster Linie die Menge der exprimierten Proteine ist.

Vor kurzem stellten wir uns gemeinsam mit Kooperationspartnern an der Universität Chicago die Frage, ob sich ein Unterschied zwischen Frauen mit Eierstockkrebs, die auf eine Chemotherapie ansprechen, und solchen, die nicht darauf ansprechen, feststellen lässt. Tatsächlich fanden wir ein Protein, dass in den Tumoren von Frauen, die gut auf die Chemotherapie ansprachen, stärker exprimiert wurde. Anhand der „Interaktionsproteomik“ (siehe unten) schlossen wir auf eine Funktion dieses Proteins bei der Reparatur von DNA-Schäden und fanden zudem heraus, dass das Immunsystem dazu veranlasst werden kann, auf Zellen, die dieses Protein exprimieren, zu reagieren. Wir versuchen jetzt, die Expression des Proteins bei den Frauen, die ursprünglich nicht auf die Chemotherapie ansprachen, anzuregen, was bei Zellkulturen bereits funktioniert.

ARCHITEKTUR DER PROTEINNETZWERKE

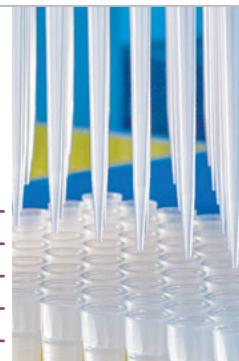
Die Proteine in der Zelle üben ihre Funktionen nicht isoliert aus, sondern „sprechen miteinander“, indem sie ständig mit anderen Proteinen in Wechselwirkung treten – zuweilen in großen Strukturen, sogenannten Proteinkomplexen oder Proteinmaschinen. Ein Beispiel für solche Maschinen sind die Ribosomen; sie sind die eigentlichen „Fabriken“ der Zelle, die die einzelnen Aminosäuren zu Proteinen zusammenbauen und bestehen selbst aus Dutzenden von spezialisierten Proteinen.

Die Aufgabe einer als Proteasom bezeichneten Protein-„Maschinerie“ wiederum ist die Entsorgung von Proteinen durch Zerkleinerung. Die Untersuchung dieses zellulären Interaktionsnetzwerks ist sehr wichtig und ergiebig, da wir viel über die Funktion eines Proteins erfahren können, wenn wir wissen, mit welchen anderen Proteinen es zusammen-

arbeitet. Hier kommt die Proteomik ins Spiel, da sie uns die Isolierung eines Proteins von Interesse gemeinsam mit den Proteinen, die eine Affinität zu ihm haben – seinen Interaktionspartnern – ermöglicht. Wird dieses Affinitätsexperiment nacheinander bei sämtlichen unterschiedlichen Proteinen der Zelle durchgeführt, bildet sich ein Interaktionsnetzwerk heraus, das zeigt, wer mit wem in Wechselwirkung treten kann. Unsere Arbeitsgruppe hat solche Experimente im großen Stil durchgeführt, so dass wir neue Einblicke in die Netzwerkstruktur des Proteoms gewinnen konnten. Es stellte sich heraus, dass relativ wenige Proteine Teil von Proteinmaschinen wie dem oben beschriebenen Ribosom oder Proteasom sind. Stattdessen sind die Wechselwirkungen untereinander bei den meisten Proteinen relativ schwach ausgeprägt und vorübergehender Natur, und dieses Strukturmerkmal ist für die Stabilisierung des zellulären Netzwerks entscheidend.

**DAS ELEKTROSPRAY-VERFAHREN FÜR PROTEINE IST
EIN BEISPIEL FÜR EINE TECHNOLOGIE, DIE AUS
EINER VÖLLIG UNERWARTETEN RICHTUNG AUS DER
GRUNDLAGENFORSCHUNG KAM UND EIN ZENTRALES
PROBLEM DER BIOLOGIE LÖSTE.**

Proteine binden sich zudem an andere große oder kleine Moleküle in der Zelle. Als Transkriptionsfaktoren bezeichnete Proteine treten zum Beispiel mit der DNA in Wechselwirkung und bestimmen auf diese Weise, welche Gene in einer bestimmten Situation an- oder abgeschaltet werden – dies veranschaulicht unmittelbar, wie das Proteom mit dem Genom zusammenwirkt. Solche Transkriptionsfaktor-Komplexe können heute mittels MS-basierter Proteomik effizient sequenziert werden. Hierdurch lassen sich Einblicke in den Entwicklungsprozess von der embryonalen Stammzelle bis zur spezialisierten bzw. differenzierten Zelle gewinnen. Wir haben auch neue Proteine entdeckt, die an der Reparatur der DNA beteiligt sind, nachdem diese durch Strahlung oder chemische Substanzen geschädigt worden ist.



REGULIERUNG DER ZIRKADIANEN UHR UND DER NEURODEGENERATION

Fast jede Spezies verfügt über komplizierte Mechanismen zur Regulierung ihrer zirkadianen Uhr. Wir alle kennen einige der negativen Auswirkungen einer aus dem Takt geratenen inneren Uhr, zum Beispiel Jetlag oder Schlaflosigkeit. Sie geht aber auch mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung von Stoffwechselerkrankungen, Adipositas und Depression einher. Bei der Erforschung der Proteinkomplexe, aus denen die molekulare Maschinerie der zirkadianen Uhr besteht, wurden große Fortschritte erzielt. Darüber, wie genau diese molekulare Uhr Einfluss auf das größere Netzwerk der Zellproteine nimmt, war jedoch nur relativ wenig bekannt. Es wurden zahlreiche Studien zur Messung rhythmischer Genexpression und sogar rhythmischer Proteinexpression durchgeführt, doch die Effekte waren relativ gering.

nen Rhythmus viel über die Proteinfunktion im Allgemeinen lehren können und auch für die Anwendung in der Medizin hilfreich sind.

Wir haben unsere Phospho-Proteomik-Technologie mittlerweile in vielen verschiedenen Bereichen erfolgreich angewandt, unter anderem bei der Erforschung der Neurodegeneration. Bei der erblichen Form der Parkinson-Erkrankung ist eine Proteinkinase namens LRRK2 mutiert und überaktiv. Es existieren zwar bereits chemische Inhibitoren für LRRK2, es war aber nicht bekannt, welche Proteine LRRK2 zur Phosphorylierung ansteuert – eine wichtige Information, wenn man Inhibitoren als Medikamente bei Patienten einsetzen möchte. Bei Anwendung von Mausmodellen und chemischen Werkzeugen, stellten wir fest, dass das relevante Substrat einer bestimmten Proteinklasse, den sogenannten Rab-Proteinen angehört. Rab-Proteine werden in der Arbeitsgruppe von Marino Zerial am Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik in Dresden intensiv erforscht. Wir können nun grundlegende Erkenntnisse hinsichtlich der Zellbiologie von Rab-Proteinen für potentielle therapeutische Ansätze bei Morbus Parkinson beisteuern.

IN DER ZUKUNFT KANN DAS PLASMAPROTEOM-PROFIL EIN SEHR GUTER INDIKATOR FÜR DEN GESUNDHEITSZUSTAND EINES PATIENTEN WERDEN.

Die Funktionen von Proteinen werden jedoch nicht nur durch ihre Menge, sondern auch durch ihren Aktivitätsstatus reguliert. Wenn spezialisierte Proteine, sogenannte Kinasen, Phosphogruppen an andere Proteine anbringen, wirken sich diese sogenannten posttranslationalen Modifikationen auf das Verhalten der Proteine in vielfacher Weise aus. Da sie die Masse der Proteine und Peptide verändern, lassen sich posttranskriptionale Modifikationen mittels Massenspektrometrie leicht und sehr spezifisch nachweisen. Als wir diese Unterart der Proteomik, die sogenannte „Phospho-Proteomik“ anwandten, stellten wir fest, dass die Aktivitätsmuster der vielen tausend Proteine zirkadian eng koordiniert sind. Insbesondere wird die Stoffwechselmaschinerie des Körpers durch umfangreiche Veränderungen der Phosphorylierung reguliert. Dies macht Sinn, da sich der Organismus an die Verfügbarkeit von Nahrung tagsüber und nachts anpassen muss. Wir gehen davon aus, dass uns diese Erkenntnisse in Bezug auf den Proteinaktivierungsstatus bei der zirkadia-

PLASMAPROTEOM-PROFILING

Der Mensch verfügt über etwa sechs Liter Blut, das aus Blutkörperchen und zahlreichen Proteinen besteht, die entweder vorliegen, weil sie eine spezielle Funktion innerhalb des Blutkreislaufs haben, oder weil die Organe, die von dieser Körperflüssigkeit durchströmt werden, sie freisetzen. Bei einer regulären ärztlichen Kontrolluntersuchung oder zur Diagnose einer Krankheit wird häufig die Konzentration eines oder mehrerer Proteine im Blut gemessen. Eine Funktionsstörung der Leber wird beispielsweise routinemäßig anhand der Leberenzymspiegel im Blut diagnostiziert. Es existieren Dutzende dieser „Proteinbiomarker“, die Hinweise auf bestimmte Erkrankungen und Behandlungsmöglichkeiten liefern. Die meisten wurden jedoch bereits vor Jahrzehnten entdeckt, und trotz des lebhaften Interesses von Ärzten und pharmazeutischen Unternehmen werden aktuell nur sehr wenige neue Biomarker entwickelt. Darüber hinaus lässt sich mit den heutzutage klinisch angewendeten Methoden im Allgemeinen nur jeweils ein Proteintyp nachweisen.

Viele unterschiedliche Proteine im Blut mittels Proteomik zu messen und so Krankheiten zu diagnostizieren, ist seit Jahren verlockend. Die technologischen Hürden einer Plasmaprotoanalyse sind jedoch enorm. Die wichtigste Hürde ist der große Unterschied der Proteinkonzentration zwischen den am häufigsten und den am seltensten auftretenden Protei-

nen – das Problem des „dynamischen Bereichs“. Etwa die Hälfte der Proteinmasse im Plasma – dem flüssigen Anteil des Blutes – besteht aus einem einzigen Protein, dem so genannten Albumin, und mehr als 99 % entfallen auf einige wenige, sehr häufig vorkommende Plasmaproteine. Im Gegensatz dazu liegen in sehr kleinen Mengen freigesetzte Hormone wie zum Beispiel Botenproteine des Immunsystems zuweilen in Konzentrationen vor, die um zehn Größenordnungen kleiner sind. Vor ein paar Jahren entschieden wir uns, uns die neuesten Fortschritte der MS-basierten Proteomik zur Analyse des Plasmaproteoms zunutze zu machen. Wir wollten dies auf direktem Wege und in kurzer Zeit tun, um eine Analyse der Plasmaproteome bei vielen verschiedenen Krankheiten zu ermöglichen.

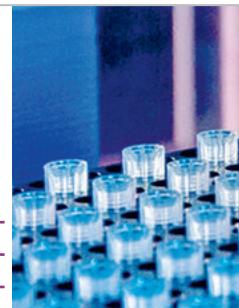
Ausgehend von nur einem einzigen Tropfen Blut, der sich problemlos aus einem Fingerstich gewinnen lässt, und durch Einsatz kürzlich von uns entwickelter neuer MS-Scan-Modi können wir heute etwa 1.000 verschiedene Proteine in sehr kurzer Zeit analysieren. Aktuell bauen wir diese Technologie, die bereits in verschiedenen klinischen Studien zum Thema Gewichtsverlust zum Einsatz kam, weiter aus. Die Proteinmuster können dann mit bestehenden Patientendaten sowie den von Ärzten routinemäßig bestimmten klinischen Daten korreliert werden. Das Plasmaproteom enthält in der Tat eine Fülle von Informationen, anhand derer sich Patienten klassifizieren lassen. In Zukunft, wenn sich immer mehr Korrelationen zwischen Proteinmustern und Krankheitsbildern etabliert haben, wird das „Plasmaproteomprofil“ vielleicht ein sehr guter Indikator für den Gesundheitszustand eines Patienten werden. Darüber hinaus arbeiten wir daran, die Technologie möglichst robust und kostengünstig zu machen, damit sie breitgefächert zur Diagnose von Krankheiten im Frühstadium eingesetzt werden kann und – genauso wichtig – dazu beiträgt, dass Krankheiten gar nicht erst entstehen.

FAZIT

Hauptsächlich aufgrund der technologischen und konzeptuellen Fortschritte bei der MS-basierten Proteomik ist es heute möglich, ein umfassendes und unverfälschtes Bild des Proteoms biologischer Systeme zu gewinnen. In ihren unterschiedlichen Ausformungen ist diese Technologie ein leistungsstarkes Instrument zur Aufklärung biologischer Funktionen. Dies ist nicht nur *per se* interessant, sondern trägt auch zur Wiederherstellung des Gleichgewichts bei zwischen Genomik – definiert durch das seit der Geburt im Wesentlichen unveränderte Genom – und dem dynamischen Zustand des Organismus zu einem beliebigen Zeit-

punkt, seinem Phänotyp, definiert durch das Proteom. Die obigen Beispiele zeigen deutlich, dass die Zeit nun reif dafür ist, die Proteomik von der reinen Grundlagenforschung in die medizinische Praxis zu überführen. Wenn sich die aktuellen Erfolge bei der Analyse von Körperflüssigkeiten wie Blut fortsetzen, könnte dies die medizinische Praxis mittels ausfeilterter Diagnosemöglichkeiten grundlegend verbessern.

DIE ZEIT IST NUN REIF DAFÜR IST, DIE PROTEOMIK VON DER REINEN GRUNDLAGENFORSCHUNG IN DIE MEDIZINISCHE PRAXIS ZU ÜBERFÜHREN.



MATTHIAS MANN
MAX PLANCK INSTITUTE OF BIOCHEMISTRY, MARTINSRIED

Proteomics: From basic technology to universal diagnostic tool

Proteins are the most diverse and beautiful molecular entities in biology. They carry out the functions of the body with elegance and economy. Proteins impart structure to an organism, from hair to tendons and they orchestrate a vast network of biochemical functions in every cell. As hormones, they signal from one part of the body to another and networks of proteins are the principal means of cellular information processing. Malfunction of even one kind of protein can cause disease – just think of type 1 diabetes where the absence of the small protein insulin makes it impossible to let liver and muscle tissues know that they should take up blood sugar after a meal. Cancer is essentially a malfunction of protein networks in which over-active regulatory proteins do not stop giving the commands for the cells to grow and divide – usually due to a mutation in the genes that carry the blueprint for those proteins.

The science of genetics has propelled the concept of genes into public consciousness, largely on the basis of elegant genetic screens and the powerful technologies of gene sequencing and gene manipulation. The success of genetics has been so overwhelming that it has led to the impression that genes and how they differ between us are all that matters. This view is incorrect scientifically and continues to contribute to misguided policies and politics.

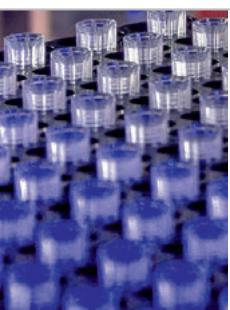
In analogy to the genome, the collection of all proteins in a biological entity is called its ‘proteome’. The relationship between proteome and genome is that each gene specifies the instructions for making one or more proteins with the precise sequence of amino acids specified in the genetic code. Analysis of the proteome is much more difficult than the analysis of genes and the RNA message molecules that they produce. As a consequence, proteomics has lagged behind genomics. However, this is now changing and technological advances in the analysis of proteins are now advancing many areas of biology.

My own entry into this field came by working with the late John B. Fenn of Yale University as a Ph.D. student. He had come up with a technology called ‘electrospray’, in which proteins are dissolved in a liquid that is then induced to disperse into minuscule charged droplets that evaporate rapidly. This leaves charged proteins in the gas phase, where they can readily be subjected to mass spectrometry – ‘making elephants fly’ as John used to say. MS is an incredibly powerful technology that tells us about the mass of molecules with parts-per-million accuracy, their abundance and – after smashing the molecules into pieces in the mass spectrometer in a procedure called MS/MS because it involves two stages of MS, it can even reveal their chemical structure. Electrospray for proteins is an example of a technology that came from an entirely unexpected direction in basic science to solve a central problem in biology, biotechnology and biomedicine. John Fenn was awarded a share of the Nobel Prize in Chemistry in 2002 for its development and it is now the basis of a billion dollar industry.

TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN PROTEOMICS

For more than 20 years, my group and others have built on electrospray as one of the central technologies to make the dream of proteomics come true – to characterize proteins, protein complexes and proteomes to near completeness. In contrast to the human genome, which is largely fixed before birth, the proteome is highly dynamic and each gene can give rise to many different forms of proteins. Furthermore, they can be modified to be activated and they interact with each other and with other molecules in the cell. Therefore, proteomics – the science of studying proteins at a large scale – is an ongoing quest that will never be ‘finished’. Not long ago, many thought that even the basic challenge of analyzing at least one representative of all the proteins in an organism is impossible.

An important milestone was reached not long after I joined the Max-Planck Institute of Biochemistry in Martinsried, when we combined developments in the preparation of proteomic samples, MS technologies and the bioinformatic analysis of the massive amounts of MS data and obtained the first complete proteome – that of the yeast model species. This breakthrough, which we proudly presented in *Nature* in 2008 after more than half a year of work, was enabled by the extraordinary scientific and social environment found at Max-Planck and the generous and long-term support by the Society. Since that time, technological advances in proteomics have proceeded at an exponential pace and today we can do the same analysis in a few hours – even for the



PROTEINS ARE THE MOST DIVERSE AND BEAUTIFUL MOLECULAR ENTITIES IN BIOLOGY.

more complex human cellular proteome. Many important biological discoveries have already been obtained on the basis of electrospray and MS – some of them contributing to Nobel Prizes in other fields. Nevertheless, it is only now that MS-based proteomics has really become sufficiently complete in its coverage, sensitivity and ease of use that we can routinely characterize entire proteomes in great depth; so from an applications point of view it is the beginning rather than the end for the field. The reach of MS-based proteomics is extraordinary. It now sheds new light on diverse areas such as cancer biology, protein network architecture, the regulation of the circadian clock and the diagnosis of health or disease by MS-analysis of a single drop of blood.

MS-based proteomics is mainly driven by the underlying technology. The Max-Planck Institute of Biochemistry prides itself on having been at the very forefront of these developments for many years. These include efficient and automatable sample preparation methods, the best possible separation of a very large number of peptides that are generated in each experiment (often hundreds of thousands), the mass spectrometric technology itself and not least the informatics and bioinformatics associated with optimal interpretation of the data. Over more than two decades, technological progress has been exponential at least in some of its aspects and this shows no sign of slowing down. Apart from the direct influence on the basic science that we and others pursue with proteomics, the development in technology is immediately beneficial to the companies that we collaborate with, including a spin-out from our institute.

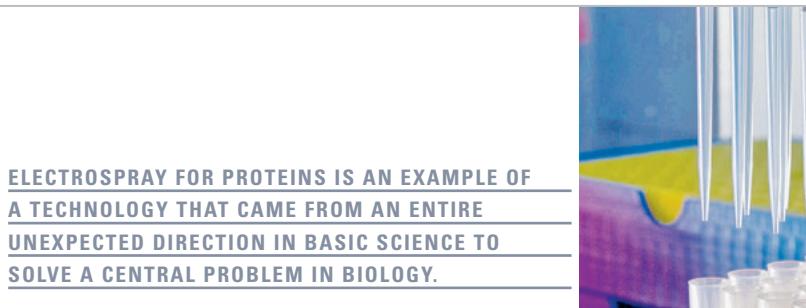
CANCER PROTEOMICS

The last ten years have made it increasingly clear that cancer is a very heterogeneous disease at every level. For instance, cells in the tumor are genetically diverse and harbor different mutations that contribute to malignancy. Nevertheless, many cancer types follow a set developmental path from benign growth to aggressive stages and metastasis. Biopsies of these stages are obtained and interpreted by pathologists, who classify the tumors into different grades each with their different prognoses. Our group has worked with oncologists to help in this classification. For instance, we have analyzed the proteome of a blood cancer called large B-cell lymphoma, which are very difficult to classify by microscopy, and shown that they can clearly be categorized by MS. In colon cancer, we have quantified more than 10,000 different proteins in the progression of adenoma, through carcinoma and metastasis. This first

view of the evolving proteome of colon cancer showed that the tumors largely use the same set of proteins and that the difference in the later stages is largely in the quantity of proteins expressed.

Very recently, and working with collaboration partners at Chicago University, we asked if we could determine a difference between women with ovarian cancer that would respond to chemotherapy and those that would not. Indeed, we found a protein that was more highly expressed in the tumors of women with a good response to the chemotherapy. Using ‘interaction proteomics’ (see below), we deduced a function of this protein in the repair of DNA damage and we also determined that the immune system can be made to react to cells expressing this protein. One strategy is now to try to induce expression of the protein in the women that did not respond to chemotherapy initially, something that we have already shown to work in principle in cells in the petri dish.

ELECTROSPRAY FOR PROTEINS IS AN EXAMPLE OF
A TECHNOLOGY THAT CAME FROM AN ENTIRE
UNEXPECTED DIRECTION IN BASIC SCIENCE TO
SOLVE A CENTRAL PROBLEM IN BIOLOGY.



PROTEIN NETWORK ARCHITECTURE

The proteins in the cell do not perform their functions alone. Rather they constantly ‘talk to each other’ by interacting with other proteins, sometimes in large structures called protein complexes or protein machines. An example of such machines are the ribosomes, which are the factories in each cell that actually string together the proteins from individual amino acids and which themselves consist of dozens of specialized proteins. Likewise, there is a protein “machinery” called the proteasome, which is charged with disposing of proteins by chopping them into small pieces.

Determining this cellular interaction network is very important and fruitful because we can learn much about the function of a protein when we know which other proteins it works with. Here proteomics comes into the picture be-

cause it allows us isolate a protein of interest together with the proteins that have an affinity for it – its interaction partners. Doing this affinity proteomics experiment with all the different proteins of the cell one after another generates the interaction network of who can interact with whom. Our group has performed several such experiments, which has allowed us to gain novel insights into the network structure of the proteome. It turns out that relatively few proteins are members of protein machines like the ribosome and proteasome described above. Instead, most proteins interact relatively weakly and transiently with each other and this architectural feature is crucial to stabilize the network of the cell.

Proteins also bind to other large or small molecules in the cell. For instance, proteins called transcription factors interact with the DNA, where they determine which genes are turned on or off in any given situation – a direct illustration of how the proteome works side by side with the genome. Such transcription factor complexes can now efficiently be sequenced by MS-based proteomics. This helps to obtain insights into the process of development from embryonal stem cells to specialized or differentiated cells. Likewise, we have discovered new proteins that help to repair the DNA after it has been damaged by radiation or by chemicals.



IN THE FUTURE THE PLASMA PROTEOME PROFILE MAY BECOME A VERY BROAD INDICATOR OF A PERSON'S CONDITION.

Regulation of the circadian clock and of neurodegeneration. Almost all species have intricate mechanisms to regulate their circadian clock. We are all familiar with some of the detrimental effects of a deregulated clock such as jet lag and insomnia but they also include higher likelihood of metabolic diseases, obesity and depression. Great advances have been made in uncovering the protein complexes that constitute the molecular machinery of the circadian clock. However, relatively little was known about how this molecular clock exerts its functions on the broader network

of cellular proteins. Many studies have been performed to measure rhythmic gene and even rhythmic protein expression but the effects were relatively small. However, the functions of proteins are not only regulated by their amount but also by their activity status. When small molecules such as phospho-groups are attached by specialized proteins called kinases, these so-called post-translational modifications influence the behavior of proteins in many ways. Because they change the mass of proteins and peptides, post-translational modifications are readily and very specifically detected by mass spectrometry. Applying this flavor of proteomics, called ‘phospho-proteomics’, we discovered that the activity patterns of the thousands of proteins is tightly coordinated in a circadian manner. Specifically, large-scale phosphorylation changes tune the metabolic machinery of the body. This makes sense, because the organism needs to adapt to the availability of food during day and night. We expect that this global knowledge of protein activation status in the circadian rhythm will teach us much about protein function in general and that it will also be useful in medical applications.

We have now successfully applied our phospho-proteomics technology in many different areas, among them to study neurodegeneration. In the inherited form of Parkinson’s disease a protein kinase called LRRK2 is mutated and overactive. Chemical inhibitors to LRRK2 already exist but it was not known what the proteins are that LRRK2 targets for phosphorylation – an essential piece of information if we want to use the inhibitors as drugs in patients. Using mouse models and chemical tools provided by a consortium of researchers, we discovered that the relevant substrate is a class of proteins called Rab proteins. Rabs are studied intensively in Marino Zerial’s group at the Max-Planck institute in Dresden and we can now bring a large body of basic cell biological knowledge of Rabs to potential therapeutic approaches against Parkinson’s disease.

PLASMA PROTEOME PROFILING

Humans have about six liters of blood, which consists of blood cells and many proteins that are either present because they have a specific function in the circulation or because they are released from the organs that are perfused by this body fluid. At a regular medical checkup or when diagnosing a disease, the concentration of one or more proteins in the blood is often measured. For instance, malfunction of the liver is routinely diagnosed by the levels of liver enzymes in the blood. There are dozens of these ‘protein biomarkers’, which can help indicate particular diseases and

treatment options. However, most of them were discovered decades ago and despite keen interest by doctors and pharmaceutical companies, only very few new biomarkers are currently being developed. Furthermore, the methods used in the clinic today can generally only detect one type of protein at a time.

The attraction of using proteomics to measure many different proteins in the blood and thereby diagnose disease, has been clear for many years. However, the technological hurdles to plasma analysis are daunting. The greatest one is the large difference in protein concentration between the most abundant proteins and the least abundant ones – the ‘dynamic range’ problem. About half of the protein mass in the plasma – the liquid portion of blood – consists of a single protein called albumin and more than 99% is taken by a few very abundant plasma proteins. In contrast, very low level hormones, such as messenger proteins of the immune system, are sometimes present in concentrations that are ten orders of magnitude less. A few years ago, with the latest advances in MS-based proteomics in hand, we decided to revisit the analysis of the plasma proteome. We wanted to do this in a straightforward and rapid manner, potentially allowing the analysis of plasma proteomes in many different conditions.

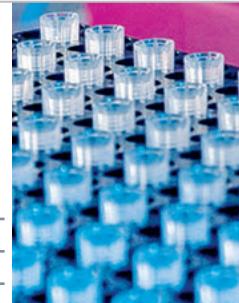
Starting with only a single drop of blood, easily obtained from a finger prick, and employing new MS scan modes that we have recently developed, we can now analyze about 1000 different proteins very rapidly. Currently, we are scaling up this technology and we have already applied it to measured several clinical studies dealing with weight loss. The protein patterns can then be correlated to existing patient data and to the clinical data that doctors routinely determine. It turns out that the plasma proteome contains a wealth of data that can be used to classify the patients. In the future, as more and more correlations of protein patterns with disease and health states are established, the ‘plasma proteome profile’ may become a very broad indicator of a person’s condition. We are also working on making the technology as robust and economical as possible, so that it can be applied very broadly to diagnose disease at early stages and – as importantly – to help individuals to stay healthy in the first place.

CONCLUSION

Largely driven by technological and conceptual advances in MS-based proteomics, it is now possible to obtain a broad and unbiased picture of the proteome of biological systems. In its different forms, this technology is a powerful means to

elucidate biological functions. Not only will this be interesting in its own right but it will also help to redress the balance between genomics – as defined by the largely unchanging genome that we have from birth – and the dynamic state of an organism at any time, its phenotype as reflected by its proteome. Furthermore, the examples given above clearly show that the time is now ripe for proteomics to have large role in translating basic science to medical applications. Indeed, if the current successes in the analysis of body fluids such as the blood are sustained then MS-based proteomics may fundamentally improve medical practice through better diagnosis.

**THE TIME IS NOW FOR PROTEOMICS TO HAVE
A LARGE ROLE IN TRANSLATING BASIC SCIENCE TO
MEDICAL APPLICATIONS.**



Max-Planck-Innovation – die Technologietransfer-Organisation der Max-Planck-Gesellschaft

Max Planck Innovation – the Technology Transfer Organization of the Max Planck Society

Die Max-Planck-Innovation GmbH ist verantwortlich für den Technologietransfer aus den Max-Planck-Instituten. Unter dem Motto „Connecting Science and Business.“ versteht sich das Tochterunternehmen der Max-Planck-Gesellschaft als Partner für Wissenschaftler ebenso wie für die Wirtschaft. Es bietet zukunftsorientierten Unternehmen einen zentralen Zugang zu Know-how und schutzrechtlich gesicherten Erfindungen der 84 Institute und Einrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft. Dabei vermarktet Max-Planck-Innovation in erster Linie Erfindungen aus dem biologisch-medizinischen sowie dem chemisch-physikalisch-technischen Bereich. Als Partner für die Max-Planck-Wissenschaftler berät und unterstützt Max-Planck-Innovation diese sowohl bei der Evaluierung von geistigem Eigentum und der Anmeldung von Patenten als auch bei der Gründung von Unternehmen auf Basis von Technologien, die an einem Max-Planck-Institut entwickelt wurden.

Damit erfüllt Max-Planck-Innovation eine wichtige Aufgabe: Sie fördert die Übertragung wissenschaftlicher Erkenntnisse in wirtschaftlich nutzbare Produkte und Dienstleistungen und schafft neue Arbeitsplätze am Standort Deutschland.

Pro Jahr evaluiert Max-Planck-Innovation durchschnittlich 130 Erfindungen, von denen etwa die Hälfte zu einer Patentanmeldung führt. Seit 1979 wurden ca. 4.000 Erfindungen begleitet und rund 2.400 Verwertungsverträge abgeschlossen. Seit Anfang der 1990er-Jahre sind 130 Firmenausgründungen aus der Max-Planck-Gesellschaft hervorgegangen, von denen die weit überwiegende Mehrzahl von Max-Planck-Innovation aktiv betreut wurde. In diesen Ausgründungen wurden seitdem rund 3.430 Arbeitsplätze geschaffen. Seit 1979 wurde ein Gesamtumsatz inkl. Beteiligungsverkäufen von 403 Mio. Euro erzielt.

Max Planck Innovation is responsible for technology transfer from the Max Planck institutes. Guided by the motto “connecting science and business,” the subsidiary of the Max Planck Society is a partner of both science and business. It offers future-orientated companies central access to the expertise and intellectual property of the 84 institutes and organizations of the Max Planck Society. Max Planck Innovation mainly markets inventions from the biomedical and chemophysical fields. As a partner of Max Planck scientists, Max Planck Innovation advises and supports them both in evaluating intellectual property and registering patents and in setting up companies based on technologies developed by a Max Planck institute.

Thus, Max Planck Innovation plays an important role: It promotes the translation of scientific findings into commercially useful products and services and creates new jobs in Germany.

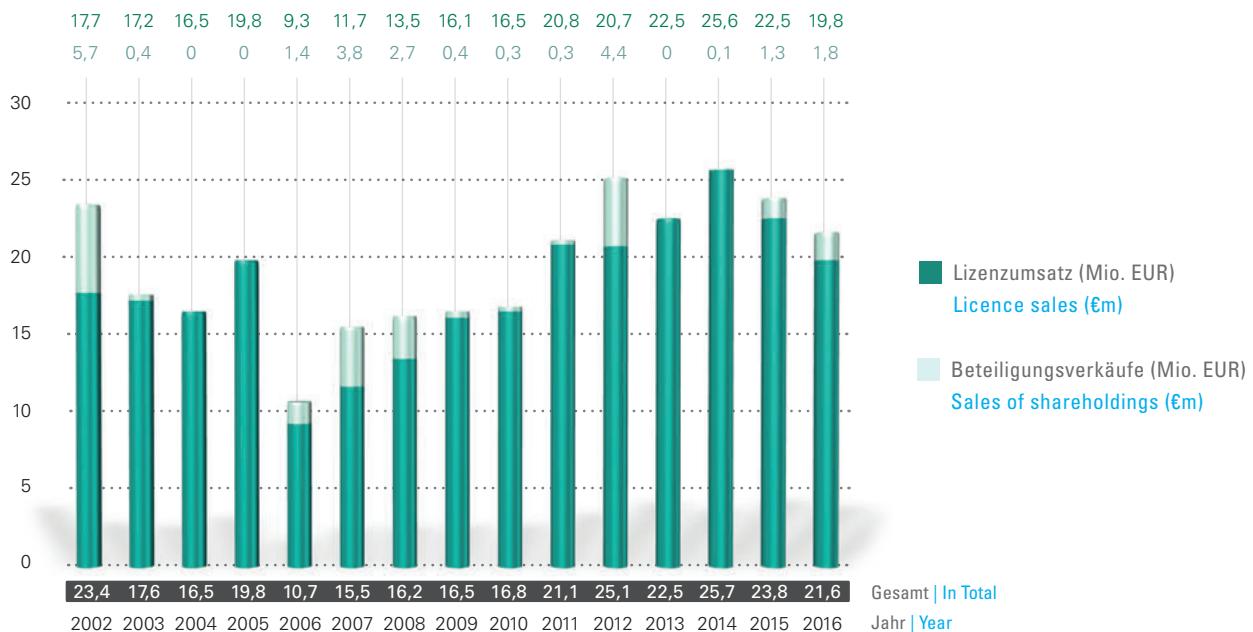
Every year Max Planck Innovation evaluates on average 130 inventions, around half of which lead to a patent application. Since 1979, it has promoted some 4,000 inventions and concluded 2,400 exploitation agreements. Since the early 1990s, 130 companies have been spun off from the Max Planck Society, and Max Planck Innovation has been involved in the vast majority of them. Since then, around 3,430 jobs have been created in those companies. A total turnover, including share sales of 403 million euros, has been achieved since 1979.

In 2016, Max Planck Innovation registered 121 inventions (2015: 139) and concluded 79 exploitation agreements (including agreements on joint inventions/technology transfer agreements) (2015: 71). Exploitation revenues are expected to reach 21.6 million euros (2015: 23.8 million euros). This includes residual proceeds payments of around 1.8 million euro-

ZAHL DER AUSGRÜNDUNGEN | NUMBER OF SPIN-OFFS



VERWERTUNGSERLÖSE | EXPLOITATION REVENUES



Verwertungserlöse in Mio. Euro (für 2016 sind endgültige Zahlen erst ab Mitte 2017 verfügbar)

Exploitation revenues in euro millions (final figures for 2016 will not be available until mid-2017)

Im Jahr 2016 wurden der Max-Planck-Innovation 121 Erfindungen gemeldet (2015: 139) und 79 Verwertungsverträge (inkl. Vereinbarungen zu Gemeinschaftserfindungen/ TT-Vereinbarungen) abgeschlossen (2015: 71). Die Verwertungserlöse betragen voraussichtlich 21,6 Mio. Euro (2015: 23,8). Zu diesem Erlös trugen Resterlöszahlungen von rd. 1,8 Mio. Euro bei (2015: 1,3 Mio. Euro), die aus einem Unternehmensverkauf von 2015 resultieren. Die endgültigen Zahlen für das Geschäftsjahr 2016 liegen aufgrund der nachgelagerten Abrechnung verschiedener Lizenznehmer erst ab Mitte 2017 vor. Die Verwertungserlöse kommen den jeweiligen Max-Planck-Instituten und den Erfindern sowie der Max-Planck-Gesellschaft zu Gute.

2016 gingen im Gründungsbereich elf Ausgründungen aus unterschiedlichen Max-Planck-Instituten hervor, die von Max-Planck-Innovation betreut wurden. Es konnten zwei Neubeteiligungen sowie eine wirtschaftliche MI-Erlösbe teiligung noch in 2016 abgeschlossen werden. Mehrere Neubeteiligungen oder wirtschaftliche Erlösbe teiligungen befinden sich in unterschiedlich weit fortgeschrittenen Verhandlungsstadien. Drei Ausgründungsprojekte konnten für ihre Vorgründungsphase Fördermittel von insgesamt mehreren Millionen Euro aus Go-Bio, dem M4 Award sowie einem EU-Programm zur Technologievalidierung und Gründungsvorbereitung einwerben. Zudem konnte eine Ausgründung mit einer Auftragsfinanzierung starten. Eine weitere Ausgründung mit Max-Planck-Beteiligung konnte eine Serie-B-Finanzierung abschließen. Leider musste eine Firma mit MPG-Beteiligung 2016 Insolvenz anmelden. Das Gesamt-Portfolio der MPG besteht somit zum 31.12.2016 aus 16 aktiven Max-Planck-Beteiligungen, davon eine wirtschaftliche Erlösbe teiligung.

FLASH-TECHNOLOGIE – JENS FRAHM IN DIE HALL OF FAME DER DEUTSCHEN FORSCHUNG AUFGENOMMEN

FLASH ist das bislang erfolgreichste Patent, das Max-Planck-Innovation vermarktet hat. Das Patent hat rund 155 Millionen Euro an Lizenzennahmen für die Max-Planck-Gesellschaft, das Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie sowie die Erfinder generiert. 2016 wurde der Physiker Jens Frahm, Leiter der Biomedizinischen NMR Forschungs GmbH am MPI für biophysikalische Chemie und Erfinder von FLASH, in die „Hall of Fame der deutschen Forschung“ aufgenommen. Das Manager Magazin würdigte den For scher damit für seine bahnbrechenden Weiterentwicklungen der Magnetresonanz-Tomografie (MRT). Dank der von ihm erfundenen FLASH-Technologie ist die MRT heute das bedeutendste bildgebende Verfahren in der klinischen Dia-

ros (2015: 1.3 million euros) resulting from the sale of a company in 2015. The final figures for the 2016 financial year will not be available until mid-2017 due to the deferred accounting of a number of licensees. The royalties will benefit the Max Planck institutes, the inventors and the Max Planck Society.

In 2016, 11 spin-offs emerged from various Max Planck institutes that were supported by Max Planck Innovation. Two new subsidiaries and a commercial profit-sharing company were founded in 2016. Several new subsidiaries and profit-sharing companies are at various advanced stages of negotiation. Three spin-off projects managed to secure funding for their pre-founding phase to the tune of several million euros from Go-Bio, the M4 Award and an EU technology and foundation preparation programme. In addition, a spin-off was launched through order financing. Another spin-off with Max Planck participation secured series B funding. Unfortunately, one company in which the MPG had an interest filed for bankruptcy in 2016. As at 31 December 2016, the MPG portfolio therefore comprised 16 active Max Planck subsidiaries, of which one was a commercial profit-sharing company.

FLASH TECHNOLOGY: JENS FRAHM ADMITTED TO THE HALL OF FAME OF GERMAN RESEARCH

FLASH is the most successful patent that Max Planck Innovation has ever marketed. The patent has generated around 155 million euros in licensing revenues for the Max Planck Society, the Max Planck Institute for Biophysical Chemistry and the inventors. In 2016, the physicist Jens Frahm, head of Biomedizinische NMR Forschungs GmbH at the MPI for Biophysical Chemistry and the inventor of FLASH, was inducted into the Hall of Fame of German Research. In doing so, Manager magazine singled out the researcher for his

gnostik und weltweit im Einsatz. Eine erst vor kurzem von Frahm entwickelte Erweiterung (FLASH 2) beschleunigt die MRT-Aufnahmen noch einmal deutlich und ermöglicht sogar Echtzeit-Filme aus dem Inneren des Körpers.

Das neue Echtzeit-MRT wird bereits an der Universitätsmedizin Göttingen und mehreren anderen Universitäten, darunter in Oxford (UK) sowie der Johns Hopkins University (USA), für den klinischen Einsatz erprobt. Der Sprecher des Vorstands Forschung und Lehre und Dekan der Universitätsmedizin Göttingen, Prof. Heyo K. Kroemer betont in seiner Laudatio, dass die klinische Bildgebung als wichtiges diagnostisches Werkzeug ohne MRT heute nicht denkbar sei. Weltweit fänden jeden Tag unzählige Aufnahmen statt. Voraussetzung dafür sei die Möglichkeit der schnellen Auswertung. Die Erfindung der FLASH-Technologie durch Jens Frahm und die konsequente Implementierung durch seine Arbeitsgruppe hätten somit die Basis für ein diagnostisches Werkzeug geschaffen, ohne das die moderne Medizin nicht denkbar wäre. Die Weiterentwicklung dieser Überlegungen hin zu Echtzeitaufnahmen von bewegten Organen (zum Beispiel des schlagenden Herzens) im Rahmen von FLASH 2 stelle einen ähnlichen Innovationshub wie die FLASH-Technologie dar. Wenn diese Real-Time-MRT flächendeckend implementiert ist, ergeben sich daraus ganz neue diagnostische Möglichkeiten. Jens Frahm habe durch die konsequente Beschäftigung mit der MRT Fortschritte ermöglicht, die täglich einer großen Zahl von Patienten zu Gute kommen.

LIZENZVERTRÄGE

Die Firma Abberior Instruments GmbH hat die STED-Technologie der nächsten Generation lizenziert. Die STED-Mikroskopie ist eine mit dem Nobelpreis ausgezeichnete

breakthrough developments in magnetic resonance imaging (MRI). Thanks to the FLASH technology he invented, MRI is now the most important imaging method in clinical diagnostics and is used worldwide. A recent development by Frahm (FLASH 2) has made magnetic resonance imaging even faster, allowing videos of the interior of the body to be obtained in real time.

The new real-time MRI has already been tested for clinical use at the University of Göttingen and several other universities, including Oxford (UK) and Johns Hopkins University (USA). In his laudatory speech, Professor Heyo K. Kroemer, speaker of the Research and Teaching Board and dean of the Göttingen Medical School, pointed out that clinical imaging as a vital diagnostic tool would be unthinkable today without MRI. Countless MRI scans are performed around the world every day. All this depends on the possibility of fast analysis, Kroemer commented. The invention of FLASH technology by Jens Frahm and its systematic implementation by his working group therefore created the basis for a diagnostic tool, without which modern medicine would be inconceivable. Refinement of the technology (FLASH 2) to the point that real-time images of moving organs can be captured (for example movements of the beating heart), he said, is an innovative breakthrough on a par with the invention of the FLASH technology. If this real-time MRI is broadly implemented, it will open up entirely new diagnostic possibilities. Thanks to his unwavering commitment to MRI, Jens Frahm has achieved advances that benefit a large number of patients every day, Kroemer said.

LICENSING AGREEMENTS

Abberior Instruments GmbH has licensed the next-generation of STED technology. STED microscopy is a Nobel-Prize-

Technologie, mit der sich hoch aufgelöste Fluoreszenzbilder weit unterhalb der Beugungsgrenze erzeugen lassen. Forscher des Max-Planck-Instituts für biophysikalische Chemie in Göttingen haben Anfang des Jahres ihr innovatives „Protected STED-Konzept“ vorgestellt, das nicht nur den Bildkontrast verbessert, sondern auch das Ausbleichen der Bilder in der STED-Mikroskopie um bis zu eine Größenordnung reduziert. Diese Erfindung, so die Erwartungen, wird insbesondere den Anwendungen im Life Cell Imaging und in der Medizintechnik Auftrieb verleihen.

Eine Lizenzvereinbarung im Bereich der Optogenetik mit der amerikanischen Firma Photoswitch Biosciences stellt die Basis für eine neue Plattform zur Suche und Testung neuer Kandidaten für Medikamente dar. Mit lichtempfindlichen Channelrhodopsin-Proteinen können Wissenschaftler auf völlig neue Weise erforschen, wie die Kandidaten für ein neues Medikament auf kritische Funktionen von Herz- und Nervenzellen wirken. Die von Max-Planck Wissenschaftlern entdeckten Proteine werden dabei in Versuchszellen eingebracht und mit einem Gerät der Firma Photoswitch Biosciences dazu genutzt, die Funktion anderer Ionenkanäle zu steuern. Die Überwachung winziger Spannungsänderungen in der Zelle erlaubt es den Wissenschaftlern, chemische Substanzdatenbanken nach neuen Wirkstoffen zu durchsuchen oder abzuschätzen, wie sicher neue Medikamente für den Einsatz am Menschen sind.

AUSGRÜNDUNGEN

Die Firma Ambiverse GmbH wurde nach erfolgreicher Förderung im Rahmen des EXIST-Forschungstransfers 2016 gegründet. Ambiverse, ein Ausgründungsprojekt des Max-Planck-Instituts für Informatik in Saarbrücken, hat eine neue Software zum maschinellen Verstehen von Texten entwickelt, das Unternehmen den Zugang zu mehr relevanten Informationen im Internet und besseren Zugriff auf Informationen in eigenen Datenbeständen eröffnet.

Eine weitere Neugründung ist die Cardior Pharmaceuticals GmbH, eine gemeinsame Ausgründung der Medizinischen Hochschule Hannover und des Max-Planck-Instituts für biophysikalische Chemie in Göttingen. Die Firma arbeitet an der Entwicklung eines Medikaments zur Behandlung von Gewebeschädigungen nach einem Herzinfarkt. Die Technologie wurde bereits durch verschiedene präklinische Experimente validiert.

Die Vaxxilon AG wurde zum „Science Start-up des Jahres 2016“ gekürt. Unter dem Motto „Brücken bauen, Grenzen

winning technology that allows high-resolution fluorescence images to be generated far below the diffraction limit. At the beginning of the year, researchers at the Max Planck Institute for Biophysical Chemistry in Göttingen presented their innovative protected STED concept, which not only improves image contrast but also reduces image fading in STED microscopy by as much as one order of magnitude. This invention is expected to lend impetus to applications in live cell imaging and medical technology.

A licensing agreement in the field of optogenetics with the American company Photoswitch Biosciences is the basis for a new platform for the screening and testing of new drug candidates. Using light-sensitive channelrhodopsin proteins, scientists are able to explore how drug candidates affect critical cardiac and neural functions in a radically new way. The proteins, discovered by Max Planck scientists, are introduced into experimental cells and used in conjunction with a device from Photoswitch Biosciences to control the function of other ion channels. By monitoring tiny voltage changes in cells, scientists are able to search chemical substances databases for new drugs and evaluate how safe they are for human use.

SPIN-OFFS

Ambiverse GmbH was founded after successful promotion within the framework of EXIST Research Transfer 2016. Ambiverse, a spin-off project of the Max Planck Institute for Informatics in Saarbrücken, has developed a new software program for the machine comprehension of texts that allows companies to access more relevant information on the Internet and improves access to information in their own databases.

Another new company is Cardior Pharmaceuticals GmbH, a joint spin-off of Hanover Medical School and the Max Planck Institute for Biophysical Chemistry in Göttingen. The company is working on the development of a drug for the treatment of tissue damage after a myocardial infarction. The technology has already been validated by various preclinical experiments.

Vaxxilon AG was named Science Start-up of 2016. Under the motto “building bridges, transcending borders,” 23 start-up companies presented their research projects at the Falling Walls Venture science competition on 8 November in Berlin. The company nominated by Max Planck Innovation, Vaxxilon, emerged as the winner and was awarded for its development of carbohydrate-based vaccines. The new vaccines should cut the cost of immunizations, thereby also improving access to vaccines in poorer countries.

„überwinden“ stellten sich am 8. November auf dem Start-up Wettbewerb Falling Walls Venture in Berlin 23 Start-Up Unternehmen vor. Das von Max-Planck-Innovation nominierte Unternehmen Vaxxilon ging als Gewinner hervor und wurde für die Entwicklung Kohlenhydrat-basierter Impfstoffe ausgezeichnet. Die neuartigen Wirkstoffe sollen Impfungen gegen bakterielle Infektionen in Zukunft kostengünstiger und hitzestabilier machen und so auch den Zugang zu Impfstoffen in ärmeren Ländern verbessern.

FÖRDERUNG VON AUSGRÜNDUNGEN UND INNOVATIONSFÄHIGKEIT

Mit dem Programm „Enabling Innovation“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt Max-Planck-Innovation Institute dabei, ihre Innovationsfähigkeit kreativ zu analysieren und zu optimieren. So erfahren Institute und ihre Mitarbeiter im Rahmen eines Workshops, über welche Innovationskraft sie jetzt schon verfügen, identifizieren versteckte Innovationshindernisse und entwickeln effektivere Innovationstrategien, die es dem Institut erlauben, Innovationen effizient voranzutreiben.

FUNDING OF SPIN-OFFS AND INNOVATIVE CAPACITY

Through the Enabling Innovation programme of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), Max Planck Innovation is helping institutes to creatively analyze and optimize their ability to innovate. Institutes and their employees can attend a workshop to learn about the innovative capacity they already possess, identify hidden obstacles to innovation and develop more effective strategies that enable the institute to drive forward innovations efficiently.

The new Expertise Meets Innovation (EMI) project was successfully launched in 2016 to promote spin-off projects. The use of industry experts provides industry-specific know-how and expertise (market knowledge, industry-specific quality and development standards, etc.) to scientists in founding, licensing and patent projects. In 2016, eight external experts were deployed, who have so far successfully supported five projects.

MPG-AUSGRÜNDUNGEN SEIT 1990 | MPS SPIN-OFFS SINCE 1990

130 Ausgründungen, davon

96 Projekte aktiv von Max-Planck-Innovation begleitet

57 mit Venture Capital und/oder durch Privatinvestoren finanziert

7 börsennotierte Firmen

24 M&A-Deals

ca. 3.430 Arbeitsplätze

8 Beteiligungen bzw. wirtschaftliche Erlösbeteiligungen von Max-Planck-Innovation, davon eine insolvent und eine in Liquidation

42 MPG-Beteiligungen, davon 14 Exits, 3 Liquidationen und 9 Abschreibungen, mithin 16 aktive Beteiligungen (davon eine wirtschaftliche Erlösbeteiligung)

130 spin-offs

96 projects actively managed by Max Planck Innovation

57 capital venture companies (of which 13 with corporate financing) and/or privately financed companies

7 listed companies

24 M&A deals

Around 3,430 jobs

8 subsidiaries or commercial profit-sharing companies of Max Planck Innovation, of which one is insolvent and one is in liquidation

42 MPG subsidiaries, of which 14 exits, 3 liquidations and 9 write-downs, including 16 active companies (one of which is a commercial profit-sharing company)

Zur Förderung von Ausgründungsvorhaben wurde 2016 das neue Projekt „Expertise Meets Innovation“ (EMI) erfolgreich gestartet. Der Einsatz von Industrie-Experten vermittelt dabei Wissenschaftlern in Gründungs- aber auch Lizenz- bzw. Patentprojekten primär industriespezifisches Know-how und Expertise (z.B. Marktkenntnis, industriespezifische Qualitäts- und Entwicklungsstandards, etc.). 2016 kamen bereits acht externe Expertinnen und Experten zum Einsatz, die damit bisher fünf Projekte erfolgreich unterstützen konnten.

INKUBATOREN

Um Erfindungen, die unter anderem aus der Grundlagenforschung der Max-Planck-Institute stammen, industrielikompatibel oder gemäß den Anforderungen von Eigenkapitalinvestoren zu validieren und damit näher an die Industrie und den Markt heranzubringen, hat Max-Planck-Innovation in den vergangenen Jahren verschiedene Inkubatoren ins Leben gerufen. Auch 2016 gab es bei diesen zahlreiche positive Entwicklungen.

Seit 2016 kooperieren die Lead Discovery Center GmbH (LDC) und Boehringer Ingelheim, um gemeinsam neue Ansätze zur Behandlung von Schizophrenie zu entwickeln. So haben das LDC, Max-Planck-Innovation und Boehringer Ingelheim International GmbH einen Vertrag unterzeichnet, mit dem Boehringer Ingelheim die Option erhält, eine neue Wirksubstanz zur Behandlung von Schizophrenie exklusiv zu lizenziieren, die derzeit am LDC entwickelt wird. Darüber hinaus wird das LDC nun mit der UGISense AG kooperieren, um innovative Wirkstoffe unter Einsatz der „UgimerTM Antisense-Plattform“ zu entdecken, die von der UGISense AG entwickelt wurde.

Im Rahmen des ersten Förderprojekts des Kanada/Deutschland Förderprogramms erhalten das LDC und die kanadische McGill University in Montréal \$1 Million Förderung für die gemeinsame Wirkstoffforschung. Ferner hat das LDC eine Industriepartnerschaft zur Erforschung innovativer Medikamente mit Roche abgeschlossen. Der Fokus liegt dabei auf Krankheitsgebieten mit einem dringenden medizinischen Bedarf.

Die Life Science Inkubator GmbH (LSI) hatte 2016 folgende Projekte in der Inkubation: Die Projektgruppe EPN entwickelt Protein-Nanopartikel, die es erlauben, Wirkstoffe zielgerichtet und nebenwirkungsarm zu transportieren. Ziel des Projektes InfanDx ist die Markteinführung eines Testsystems zur rechtzeitigen Diagnose eines Sauerstoffmanagements bei Neugeborenen. Mit Hilfe einer bei VesselSens in

INCUBATORS

In recent years, Max Planck Innovation has created several incubators with a view to validating inventions, some of which are derived from basic research carried out by the Max Planck Institutes, in accordance with the requirements of equity investors and therefore in a manner better tuned to the industry and the market. In 2016, the incubators once again produced a raft of positive developments.

Since 2016, Lead Discovery Center GmbH (LDC) and Boehringer Ingelheim have been working together to develop new approaches to the treatment of schizophrenia. For example, LDC, Max Planck Innovation and Boehringer Ingelheim International GmbH have signed an agreement giving Boehringer Ingelheim an exclusive option to license a new drug for the treatment of schizophrenia that is currently being developed at the LDC. In addition, LDC is working with UGISense AG to discover innovative compounds using the UgimerTM antisense platform developed by UGISense AG.

As part of the first grant project of the Canadian-German Grant Program, LDC and the McGill University in Montreal will receive \$ 1 million in funding for joint drug discovery. In addition, LDC has entered into an industry partnership to research innovative drugs with Roche. The focus is on disease entities with an urgent medical need.

Life Science Incubator GmbH (LSI) had the following incubation projects in 2016: The EPN project group is developing protein nanoparticles that make it possible to transport drugs effectively while minimizing side effects. The aim of the InfanDx project is to launch a test system for the early

der Entwicklung befindlichen Sensortechnologie soll ohne invasiven Eingriff die Detektion erneuter Gefäßverengungen in einem Stent (Restenose) durchführbar werden. Die Projektgruppe NanoscopiX entwickelt spezielle Kühlkammern für die fluoreszenzmikroskopische und spektroskopische Analytik. Und das Team von ProDetekt entwickelt moderne Biomarker-Assays für die biomedizinische Forschung und medizinische in-vitro-Diagnostik.

Die IT Inkubator GmbH in Saarbrücken konnte 2016 einige sehr erfolgversprechende Projekte aufnehmen: Uvibo ist ein neuer Ansatz aus dem Bereich des maschinellen Lernens zur Darstellung dynamischer Inhalte im Web. HDR Everywhere ist eine neue Technologie für die Erstellung hochwertiger HDR (High Dynamic Range) Bilder mit bewegten Objekten. K|Lens hat einen Prototyp bestehend aus einer optomechanischen Komponente sowie Software für den photographischen Markt entwickelt. Die neue Reiseplattform TripAround ist ShareEconomy für Rundreiseerfahrungen und soll die Vorbereitungszeit von Rundreisen verkürzen.

Die Photonik Inkubator GmbH inkubierte drei Projekte mit wirtschaftlich großem Potential: Das FiberLab Team entwickelt eine Glasfaser, die z.B. in Gehirnkathetern eingesetzt werden kann. SUPERLIGHT Photonics erarbeitet eine Fluoreszenz-anregende MikroLED-Plattform für Medizin-, Biotechnik und Biophotonik-Anwendungen. Das Projekt Patientensicherheit 4.0 will mit Hilfe eines Analyseautomaten die fehlerhafte Vergabe von Medikationen in der Intensivmedizin vermeiden.

diagnosis of oxygen deficiency in newborn infants. A sensor technology under development at VesselSens allows doctors to detect recurrent vascular narrowing in a stent (restenoses) without invasive surgery. The NanoscopiX project group is developing special cooling chambers for fluorescence microscopy and spectroscopic analysis. And the team at ProDetekt is developing modern biomarker assays for biomedical research and in vitro medical diagnostics.

IT Incubator GmbH in Saarbrücken launched some very promising projects in 2016: Uvibo is a new approach from the field of machine learning for displaying dynamic content on the web. HDR Everywhere is a new technology for creating high-quality HDR (high-dynamic-range) images with moving objects. K|Lens has developed a prototype consisting of an optomechanical component as well as software for the photographic market. The new TripAround travel platform for round trip experiences is meant to shorten the preparation time for round trips.

Photonik Inkubator GmbH has incubated three commercially promising projects: The FiberLab team is developing a glass fibre that can be used in brain catheters, for example. SUPERLIGHT Photonics is working on a fluorescence-stimulating microLED platform for medical, biotechnology and bio-photonics applications. The Patient Safety 4.0 project aims to avoid the misadministration of medications in intensive care units with the help of an automated analyzer.

03

Jahresabschluss

Seite 96

Bilanz zum 31.12.2016

Seite 98

Gewinn- und Verlustrechnung
für das Geschäftsjahr 2016

Seite 100

Anhang für das Geschäftsjahr 2016

Seite 134

Bestätigungsvermerk des
Abschlussprüfers

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V., BERLIN

Bilanz zum 31.12.2016

AKTIVA	EUR	EUR	EUR	31.12.2016 EUR	31.12.2015 TEUR
A. Anlagevermögen					
I. Immaterielle Vermögensgegenstände					
1. Entgeltlich erworbene Konzessionen, gewerbliche Schutzrechte und ähnliche Rechte und Werte sowie Lizzenzen an solchen Rechten und Werten		8.896.355,94			8.763
2. Geleistete Anzahlungen		1.177.040,67			37
				10.073.396,61	8.800
II. Sachanlagen					
1. Grundstücke, grundstücksgleiche Rechte und Bauten einschließlich der Bauten auf fremden Grundstücken		1.293.151.711,64			1.261.403
2. Technische Anlagen und Maschinen		504.424.685,79			486.571
3. Andere Anlagen, Betriebs- und Geschäftsausstattung		221.299.639,92			191.763
4. Geleistete Anzahlungen und Anlagen im Bau		177.836.892,84			195.224
				2.196.712.930,19	2.134.961
III. Finanzanlagen					
1. Anteile an verbundenen Unternehmen		582.200,00			582
2. Beteiligungen		253.256,37			68
3. Wertpapiere des Anlagevermögens		125.022.314,24			123.247
4. Sonstige Ausleihungen und Anteile		2.145.325,73			2.423
				128.003.096,34	126.320
					2.334.789.423,14
					2.270.081
B. Umlaufvermögen					
I. Vorräte					
1. Forschungsmaterial		9.676.315,50			9.173
2. Sonstige Materialien		807.812,37			845
3. Unfertige Leistungen		10.964,59			8
				10.495.092,46	10.026
II. Forderungen und sonstige Vermögensgegenstände					
1. Forderungen aus Lieferungen und Leistungen		6.123.106,64			4.149
2. Forderungen gegen Zuwendungsgeber					
a) aus institutioneller Förderung		243.265.449,75			133.657
b) aus Projektförderung		32.194.857,89			49.495
c) aus Ausgleichsansprüchen		533.204.936,04			510.209
				808.665.243,68	693.361
3. Forderungen gegen verbundene Unternehmen		1.141.337,48			18
4. Forderungen gegen Unternehmen, mit denen ein Beteiligungsverhältnis besteht		69.726,28			31
5. Sonstige Vermögensgegenstände		15.371.150,46			15.616
				831.370.564,54	713.175
III. Kassenbestand, Guthaben bei Kreditinstituten und Schecks					
				132.056.213,48	163.374
					973.921.870,48
					886.575
C. Rechnungsabgrenzungsposten					
				34.191.050,44	30.572
GESAMT					
<i>Nachrichtlich: Treuhandvermögen</i>					
				47.266.428,28	37.074

PASSIVA			31.12.2016 EUR	31.12.2015 EUR
	EUR	EUR		
A. Eigenkapital				
I. Vereinskapital		135.437.110,74	133.882	
II. Rücklagen für satzungsgemäße Zwecke		21.796.862,92	22.767	
III. Ergebnisvortrag		1.875.613,97	2.254	
		159.109.587,63	158.903	
B. Sonderposten				
1. aus Zuschüssen zum Anlagevermögen		2.180.585.926,33	2.116.343	
2. aus Zuschüssen zum Umlaufvermögen		70.568.251,84	66.386	
		2.251.154.178,17	2.182.729	
C. Rückstellungen				
1. Rückstellungen für Pensionen und ähnliche Verpflichtungen		456.045.670,00	434.921	
2. Steuerrückstellungen		0,00	75	
3. Sonstige Rückstellungen		72.579.432,80	72.100	
		528.625.102,80	507.096	
D. Verbindlichkeiten				
1. Verbindlichkeiten gegenüber Kreditinstituten		615.300,93	632	
2. Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen		73.618.316,12	44.574	
3. Verbindlichkeiten gegenüber Zuwendungsgebern				
a) aus institutioneller Förderung		216.879.549,04	166.466	
b) aus Projektförderung		89.984.639,18	106.422	
		306.864.188,22	272.888	
4. Verbindlichkeiten gegenüber verbundenen Unternehmen		58.878,06	0	
5. Verbindlichkeiten gegenüber Unternehmen, mit denen ein Beteiligungsverhältnis besteht		5.801.486,55	5.565	
6. Sonstige Verbindlichkeiten		16.853.376,43	14.513	
- davon aus Steuern: (31.12.2015: 8.747.243,69)		9.671.359,56		
- davon im Rahmen der sozialen Sicherheit: (31.12.2015: 1.708.809,25)		1.855.880,66		
		403.811.546,31	338.172	
E. Rechnungsabgrenzungsposten		201.929,15	328	
GESAMT		3.342.902.344,06	3.187.228	
<i>Nachrichtlich:</i> Treuhandverpflichtung		47.266.428,28	37.074	

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V., BERLIN

Gewinn- und Verlustrechnung für das Geschäftsjahr 2016

	EUR	2016 EUR	Vorjahr TEUR
1. Zuschüsse aus institutioneller Förderung			
1.1 Grundfinanzierung	1.689.661.055,35	1.644.898	
1.2 Teilsonderfinanzierung	29.908.000,00	32.400	
1.3 Sonderfinanzierung	6.726.366,96	11.009	
1.4 Sonstige Teilsonderfinanzierung	1.728.275,00	1.682	
	1.728.023.697,31	1.689.989	
2. Veränderung der Forderungen gegen Zuwendungsgeber aus Ausgleichsansprüchen (Erhöhung /(-) Verminderung)			
	22.996.145,65	34.543	
3. Eigene Erlöse und andere Erträge			
3.1 Erlöse aus Forschung, Entwicklung und Benutzung von Forschungsanlagen	2.319.008,56	2.806	
3.2 Erlöse aus Lizenz- und Know-How-Verträgen	24.712.242,12	21.983	
3.3 Erlöse aus Infrastrukturleistungen und Materialverkauf	22.072.275,89	21.332	
3.4 Erträge aus Vermietung und Verpachtung	14.070.757,60	13.541	
3.5 Erlöse aus Abgang von Gegenständen des Anlagevermögens	4.394.874,59	3.940	
3.6 Erhöhung /(-) Verminderung des Bestands an unfertigen Leistungen	-992,07	-4	
3.7 Andere aktivierte Eigenleistungen	8.425.054,51	8.596	
3.8 Finanzerträge, Erträge aus Beteiligungen, Zinsen	3.959.650,20	4.293	
3.9 Sonstige betriebliche Erträge	266.906.461,22	150.748	
	346.859.332,62	227.235	
4. Zuschüsse aus Projektförderung			
	233.680.230,27	264.133	
5. Erträge aus der Auflösung von Sonderposten (Tilgung Darlehen)			
	94.519,39	164	
Übertrag	2.331.653.925,24	2.216.064	

	EUR	EUR	2016 EUR	Vorjahr TEUR
Übertrag		2.331.653.925,24		2.216.064
6. Personalaufwand				
6.1 Löhne und Gehälter		815.880.061,77		778.951
6.2 Soziale Abgaben und Aufwendungen für Altersversorgung und für Unterstützung		216.030.787,89		232.209
- davon für Altersversorgung:	59.252.512,98			
(Vorjahr: 87.366.090,09)				
		1.031.910.849,66		1.011.160
7. Materialaufwand				
7.1 Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe und für bezogene Waren		189.820.101,98		186.190
7.2 Aufwendungen für bezogene Leistungen		19.148.431,71		22.483
		208.968.533,69		208.673
8. Veränderung des Sonderpostens für Umlaufvermögen (Erhöhung /(-) Verminderung)		2.737.656,95		1.295
9. Abschreibungen der immateriellen Vermögensgegenstände und des Sachanlagevermögens				
9.1 Abschreibungen auf immaterielle Vermögensgegenstände des Anlagevermögens und Sachanlagen		313.179.745,11		308.594
9.2 Erträge aus der abschreibungsbedingten Auflösung des Sonderpostens für immaterielle Vermögensgegenstände und Sachanlagen		312.235.715,55		307.504
		944.029,56		1.090
10. Sonstige Aufwendungen				
10.1 Zinsen und ähnliche Aufwendungen		16.648.529,31		17.704
- davon aus der Aufzinsung von Rückstellungen:	16.645.391,88			
(Vorjahr: 17.695.808,50)				
10.2 Sonstige betriebliche Aufwendungen		645.734.647,36		599.058
		662.383.176,67		616.762
11. Weiterleitungen und gewährte Zuschüsse		41.339.208,60		43.578
12. Aufwendungen aus der Zuführung zum Sonderposten (bezuschusste Investitionen)				
12.1 zur Finanzierung der immateriellen Vermögensgegenstände und Sachanlagen		382.489.930,22		335.173
12.2 zur Finanzierung der Finanzanlagen und der Anteile an Ausgründungen		674.295,63		340
		383.164.225,85		335.513
13. Jahresergebnis		206.244,26		-2.007
14. Ergebnisvortrag aus dem Vorjahr		2.253.665,47		4.305
15. Entnahmen aus dem Vereinskapital		643.522,41		88
16. Entnahmen aus den Rücklagen für satzungsgemäße Zwecke		3.227.519,10		3.061
17. Einstellungen in das Vereinskapital		-2.198.572,29		-2.259
18. Einstellungen in die Rücklagen für satzungsgemäße Zwecke		-2.256.764,98		-934
19. Ergebnisvortrag		1.875.613,97		2.254

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V., BERLIN

Anhang für das Geschäftsjahr 2016

DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V., BERLIN
VEREINSREGISTERNUMMER VR 13378 B, AMTSGERICHT BERLIN-CHARLOTTENBURG

1. ALLGEMEINE ANGABEN ZUM JAHRESABSCHLUSS

Der Jahresabschluss der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. (im Folgenden MPG) wurde in entsprechender Anwendung der Vorschriften des Dritten Buches des Handelsgesetzbuches für große Kapitalgesellschaften unter Berücksichtigung der vereinsrechtlichen Regelungen aufgestellt.

Der Jahresabschluss der MPG umfasst folgende Einrichtungen:

- rechtlich unselbstständige Institute und Forschungsstellen sowie zentrale Einrichtungen
- „Nicht aus öffentlichen Mitteln finanziertes Vermögen“ (im Folgenden NÖV)
- Betriebe entsprechend § 26 BHO (einschließlich MPI für Psychiatrie)
- Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (im Folgenden IPP)

Zusammen mit den rechtlich selbstständigen Max-Planck-Instituten (das Max-Planck-Institut für Eisenforschung Gesellschaft mit beschränkter Haftung und das Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (rechtsfähige Stiftung)) bildet die MPG ohne IPP eine Antragsgemeinschaft, die Zuwendungsempfängerin der gemeinsamen institutionellen Förderung durch Bund und Länder ist. Die Jahresabschlüsse der rechtlich selbstständigen Institute gehen nicht in den Jahresabschluss der MPG ein.

Um den branchen- sowie rechtsformspezifischen Besonderheiten der MPG als Forschungseinrichtung gerecht zu werden und um eine klare und übersichtliche Darstellung zu gewährleisten, wurde von den Möglichkeiten des § 265 Abs. 5 bis 7 HGB Gebrauch gemacht. Zum einen wurden die Bezeichnung und die Gliederung von Posten der Bilanz sowie Gewinn- und Verlustrechnung angepasst, zum anderen Posten der Gewinn- und Verlustrechnung zusammengefasst. In Übereinstimmung mit dem Wirtschaftsplan der MPG werden Stipendien für gefördertes Nachwuchspersonal im Personalaufwand ausgewiesen.

Das „Nicht aus öffentlichen Mitteln finanzierte Vermögen“ ist Vermögen der MPG, das sich aus Mitteln privater Dritter zusammensetzt und unter Beachtung von Zweckbindungen und steuer- sowie zuwendungsrechtlichen Regelungen bewirtschaftet wird. Die MPG erwirtschaftet hieraus Erträge, die für die Forschungsförderung eingesetzt werden. Bei den Erläuterungen zu den einzelnen Posten der Aktivseite werden die nicht aus öffentlichen Mitteln finanzierten Vermögensteile durch einen „Davon“-Vermerk kenntlich gemacht.

2. BILANZIERUNGS- UND BEWERTUNGSMETHODEN

Immaterielle Vermögensgegenstände und Sachanlagen werden im Zeitpunkt des Zugangs zu Anschaffungs- oder Herstellungs-kosten bewertet. Im Rahmen der Folgebewertung wird ausschließlich die lineare Abschreibungsmethode angewandt. Die MPG nutzt dazu anlagenklassenspezifisch fest vorgegebene, pauschalierte Nutzungsdauern.

Geringwertige Anlagegüter mit Anschaffungs- und Herstellungskosten bis einschließlich 410 EUR (netto) werden im Jahr der Anschaffung auf besonderen Konten erfasst und in voller Höhe als Aufwand abgesetzt.

Die Finanzanlagen werden zu Anschaffungskosten angesetzt. Abschreibungen auf den niedrigeren beizulegenden Wert werden lediglich bei voraussichtlich dauernden Wertminderungen vorgenommen.

Die im Vorjahr unter den sonstigen Ausleihungen und Anteilen ausgewiesenen Beteiligungen (Anteil < 20%) dienen der MPG im Rahmen ihres satzungsgemäßen Zwecks der Herstellung langfristiger wissenschaftsgetriebener Zusammenarbeit. Daher erfolgte im aktuellen Berichtsjahr 2016 eine Umgliederung in die Bilanzposition Beteiligungen.

Das unter den Vorräten ausgewiesene Forschungsmaterial und die sonstigen Materialien werden zu Anschaffungs- bzw. Herstellungskosten oder zum niedrigeren Zeitwert angesetzt.

Unter den unfertigen Leistungen werden Leistungen des MPI für Psychiatrie – bewertet nach den Grundsätzen der Krankenhausbuchführungsverordnung (KHBV) – sowie des IPP – bewertet auf Basis von Einzelkalkulationen erfasst, wobei neben den direkt zurechenbaren Materialeinzelkosten, Fertigungslöhnen und Sondereinzelkosten auch angemessene Teile der Fertigungs- und Materialgemeinkosten sowie des Werteverzehrs des genutzten Anlagevermögens berücksichtigt werden.

Die Forderungen und sonstigen Vermögensgegenstände sind mit dem Nennwert bzw. mit dem niedrigeren beizulegenden Wert ausgewiesen. Pauschalwertberichtigungen werden wegen des geringen und allgemein als sicher einzuschätzenden Forderungsbestands nicht vorgenommen.

Die liquiden Mittel sind zum Nennwert bewertet.

Auf fremde Währungen laufende Bankbestände wurden gemäß § 256a HGB zum Devisenkassamittelkurs am Abschlussstichtag umgerechnet.

Rechnungsabgrenzungsposten werden entsprechend der periodengerechten Zuordnung gebildet.

Der Ausweis des Eigenkapitals erfolgt in Anlehnung an den IDW Rechnungslegungsstandard „Rechnungslegung von Vereinen“ (IDW RS HFA 14).

Die MPG erhält Zuwendungen der öffentlichen Hand und anderer Dritter. Sofern diese für die Anschaffung oder Herstellung von aktivierungspflichtigen Vermögensgegenständen des Anlagevermögens verwendet wurden, sind sie als Sonderposten aus Zuschüssen zum Anlagevermögen passiviert und nicht von den Anschaffungs- und Herstellungskosten abgesetzt worden (Bruttomethode). Davon ausgenommen sind Vermögensgegenstände des NÖV.

Der Sonderposten aus Zuschüssen zum Umlaufvermögen spiegelt analog das durch die institutionelle Förderung bzw. Projektförderung finanzierte Umlaufvermögen wider.

Die Rückstellungen werden für alle erkennbaren Risiken und ungewissen Verpflichtungen unter Berücksichtigung der wahrscheinlichen Inanspruchnahme zum Erfüllungsbetrag gebildet, der nach vernünftiger kaufmännischer Beurteilung notwendig ist. Zukünftige Preis- und Kostensteigerungen werden berücksichtigt, soweit ausreichend objektive Hinweise für deren Eintritt vorliegen. Soweit die Restlaufzeit über ein Jahr beträgt, werden die Rückstellungen nach den Vorschriften des § 253 Abs. 2 HGB abgezinst, d.h. mit dem ihrer Restlaufzeit entsprechenden durchschnittlichen Marktzinssatz, der sich im Falle von Rückstellungen für Altersversorgungspflichten aus den vergangenen zehn Geschäftsjahren und im Falle sonstiger Rückstellungen aus den vergangenen sieben Geschäftsjahren ergibt. Erträge oder Aufwendungen aus Änderungen des Abzinsungssatzes oder Zinseffekte einer geänderten Schätzung der Restlaufzeit werden je nach Rückstellungsart im Personalaufwand bzw. in den sonstigen betrieblichen Aufwendungen ausgewiesen.

ANHANG

Die Berechnung der Pensionsrückstellungen erfolgte über ein versicherungsmathematisches Gutachten nach dem Anwartschaftsdeckungsverfahren unter Berücksichtigung der Richttafeln 2005 G von Prof. Dr. Heubeck. Als Gehalts- und Rententrend wurden jeweils 1,50% (Vorjahr 1,50%) zugrunde gelegt. Für die Abzinsung wurde erstmals der durchschnittliche Marktzinssatz der vergangenen zehn Jahre angesetzt. Da die Erstellung des Gutachtens vor der Veröffentlichung des Rechnungszinses zum 31.12.2016 erfolgte, wurde ein prognostizierter Rechnungszins von 4,00% verwendet (Vorjahr: durchschnittlicher Marktzinssatz der vergangenen sieben Jahre von 3,88%) für eine pauschale Restlaufzeit von 15 Jahren. Aus der Abzinsung mit dem durchschnittlichen Marktzinssatz der vergangenen zehn Jahre ergibt sich im Vergleich zu einer Abzinsung mit dem durchschnittlichen Marktzinssatz der vergangenen sieben Jahre (3,24%) ein Unterschiedsbetrag in Höhe von 38.941.957 EUR.

Die Berechnung der Rückstellungen für Beihilfeverpflichtungen erfolgte über ein versicherungsmathematisches Gutachten nach dem Anwartschaftsdeckungsverfahren unter Berücksichtigung der aktuellen Wahrscheinlichkeitstafeln (Kopfschadenstatistiken) in der privaten Krankenversicherung 2015 der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) sowie der Richttafeln 2005 G von Prof. Dr. Heubeck. Dabei wurden ein durchschnittlicher Marktzinssatz der vergangenen sieben Jahre in Höhe von 3,24% (Vorjahr: 3,89%) für eine pauschale Restlaufzeit von 15 Jahren sowie ein Leistungstrend von 2,00% (Vorjahr: 2,00 %) zugrunde gelegt.

Die Rückstellung für Altersteilzeit wurde mittels eines versicherungsmathematischen Gutachtens unter Berücksichtigung der Richttafeln 2005 G von Prof. Dr. Heubeck ermittelt. In die Berechnung gehen neben den Erfüllungsrückständen die vollständigen Abfindungsanteile bei den bestehenden Altersteilzeitverhältnissen ein. Dabei wurden ein der Restlaufzeit entsprechender durchschnittlicher Marktzinssatz der vergangenen sieben Jahre von 1,66% (Vorjahr: 2,15 %) und 1,97% beim IPP (Vorjahr: 2,54%) sowie ein Gehaltstrend von 1,50% (Vorjahr: 1,50%) zugrunde gelegt.

Die Rückstellung für Jubiläumsverpflichtungen wurde mittels eines versicherungsmathematischen Gutachtens nach dem Anwartschaftsbarwertverfahren unter Berücksichtigung der Richttafeln 2005 G von Prof. Dr. Heubeck und unter Zugrundelegung eines Rechnungszinses von 3,24% (Vorjahr: 3,89%) für eine pauschale Restlaufzeit von 15 Jahren sowie eines Gehaltstrends von 1,50% (Vorjahr: 1,50%) ermittelt.

Die Verbindlichkeiten sind mit ihrem Erfüllungsbetrag angesetzt.

Die Umrechnung der auf fremde Währung lautenden Forderungen und Verbindlichkeiten erfolgt am Bilanzstichtag zum Devisenkassamittelkurs.

Im Treuhandvermögen werden im Wesentlichen treuhänderisch verwaltete EU-Projektmittel ausgewiesen. Dem steht in gleicher Höhe eine entsprechende Treuhandverbindlichkeit gegenüber.

Die Gewinn- und Verlustrechnung wird um eine Darstellung der Ergebnisverwendung ergänzt.

Die Erlöse aus Lizenz- und Know-How-Verträgen resultieren aus der Verwertung von Patenten und Technologien durch die Max-Planck-Innovation GmbH. Erfasst werden Erträge für das Geschäftsjahr, die bis zur Abschlusserstellung vereinnahmt werden.

Aufgrund der Änderungen durch das BilRUG werden die bisher in den sonstigen betrieblichen Erträgen enthaltenen Erträge aus Vermietung und Verpachtung in einer neuen Position 3.4 der Gewinn- und Verlustrechnung gezeigt. Die Vorjahreszahlen beider Posten werden entsprechend angepasst. Alle weiteren Unterpositionen der Eigenen Erlöse und anderen Erträge verschieben sich um eine Position nach hinten.

Im Anlagenpiegel werden im Berichtsjahr Nachaktivierungen erstmals vollumfänglich gezeigt, um den Informationsgehalt zu erhöhen. Die Nachaktivierungen entfallen nahezu vollständig auf Vorjahre.

Der Jahresabschluss und der Lagebericht der MPG werden in entsprechender Anwendung der Vorschriften des Dritten Buches des Handelsgesetzbuches für große Kapitalgesellschaften unter Berücksichtigung der vereinsrechtlichen Regelungen und Besonderheiten aufgestellt und geprüft. Eine Verpflichtung zur Aufstellung eines Konzernabschlusses wird dadurch nicht begründet. Ebenso besteht keine gesetzliche Verpflichtung zur Aufstellung eines Konzernabschlusses.

3. ERLÄUTERUNGEN UND ANGABEN ZUR BILANZ

3.1 ANLAGEVERMÖGEN

Die Entwicklung der einzelnen Posten des Anlagevermögens ist in der Anlage zum Anhang im Anlagenspiegel dargestellt.

IMMATERIELLE VERMÖGENSGEGENSTÄNDE

	31.12.2016 TEUR	davon NÖV	31.12.2015 TEUR
Immaterielle Vermögensgegenstände			
Entgeltlich erworbene Konzessionen, gewerbliche Schutzrechte und ähnliche Rechte und Werte sowie Lizzenzen an solchen Rechten und Werten	8.896	27	8.763
Geleistete Anzahlungen	1.177	0	37
Summe	10.073	27	8.800

In den immateriellen Vermögensgegenständen werden im Wesentlichen Softwarelizenzen ausgewiesen. In den geleisteten Anzahlungen sind Kosten für bereits erbrachte Entwicklungsarbeiten an einem integrierten IT-System für Bauen in der MPG enthalten.

Die MPG macht von dem Aktivierungswahlrecht für selbst geschaffene immaterielle Vermögensgegenstände des Anlagevermögens nach § 248 Abs. 2 HGB keinen Gebrauch.

SACHANLAGEN

	31.12.2016 TEUR	davon NÖV	31.12.2015 TEUR
Sachanlagen			
Grundstücke, grundstücksgleiche Rechte und Bauten einschließlich der Bauten auf fremden Grundstücken	1.293.152	25.098	1.261.403
Technische Anlagen und Maschinen	504.424	0	486.571
Andere Anlagen, Betriebs- und Geschäftsausstattung	221.300	1.987	191.763
Geleistete Anzahlungen und Anlagen im Bau	177.837	0	195.224
Summe	2.196.713	27.085	2.134.961

Der Anstieg bei den **Grundstücken, grundstücksgleichen Rechten und Bauten einschließlich Bauten auf fremden Grundstücken** resultiert im Wesentlichen aus der Aktivierung von Anlagen im Bau nach Fertigstellung. Dies betrifft insbesondere folgende wesentliche Baumaßnahmen:

	TEUR
MPI für die Physik des Lichts, Erlangen, Institutsneubau	51.464
MPI für molekulare Genetik, Berlin, Sanierung technische Infrastruktur	15.544
MPI für Biochemie, Martinsried, Erneuerung für zentrale Kälte und Sanierungsmaßnahmen	10.703

ANHANG

Die Position **Technische Anlagen und Maschinen** enthält im Wesentlichen die wissenschaftlichen Geräte und Apparate, sowie Betriebsvorrichtungen (überwiegend feste Einbauten in Labore, Tier- und Gewächshäuser), die im Rahmen von Baumaßnahmen hergestellt werden.

Die Position **Andere Anlagen, Betriebs- und Geschäftsausstattung** setzt sich zum Bilanzstichtag wie folgt zusammen:

	31.12.2016 TEUR	31.12.2015 TEUR
Einrichtungs- und EDV-Inventar	177.834	148.377
Bibliotheken	42.234	41.983
Fahrzeuge	1.232	1.403
Summe	221.300	191.763

Der Anstieg beim Einrichtungs- und EDV-Inventar ist u.a. bedingt durch Investitionsausgaben für Cluster-Rechner am Rechenzentrum „Max Planck Computing and Data Facility (MPCDF)“ sowie für Einrichtungserstausstattung des Institutsneubaus am MPI für die Physik des Lichts.

Der Rückgang der Position **Geleistete Anzahlungen und Anlagen im Bau** resultiert im Wesentlichen aus der Aktivierung von Baumaßnahmen nach Fertigstellung.

FINANZANLAGEN

Finanzanlagen	31.12.2016 TEUR	davon NÖV	31.12.2015 TEUR
Anteile an verbundenen Unternehmen	582	526	582
Beteiligungen	253	190	68
Wertpapiere des Anlagevermögens	125.022	125.022	123.247
Sonstige Ausleihungen und Anteile	2.146	681	2.423
Summe	128.003	126.419	126.320

Voraussichtlich dauernde Wertminderungen lagen zum Bilanzstichtag nicht vor.

Die Veränderung bei den Beteiligungen resultiert im Wesentlichen aus der Umgliederung von Anteilen aus den sonstigen Ausleihungen und Anteilen, die der MPG im Rahmen ihres satzungsgemäßen Zwecks zur Herstellung langfristiger wissenschaftsgetriebener Zusammenarbeit dienen.

Die **Sonstigen Ausleihungen und Anteile** beinhalten Darlehen zur Wohnungsbauförderung (Familienheimdarlehen) in Höhe von 2.116 TEUR sowie sonstige Darlehen (30 TEUR).

Eine Übersicht über den Anteilsbesitz findet sich in diesem Anhang unter 5. Sonstige Angaben.

3.2 UMLAUFVERMÖGEN

VORRÄTE

Das Vorratsvermögen umfasst Vermögensgegenstände, die nicht andauernd dem Betrieb dienen und zum Verbrauch angeschafft werden. Da die MPG Grundlagenforschung betreibt, wird statt der eng mit der Produktionsfertigung verbundenen Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe das für die Forschung benötigte Material im Vorratsvermögen ausgewiesen und wie folgt aufgegliedert:

Vorräte	31.12.2016 TEUR	davon NÖV	31.12.2015 TEUR
Forschungsmaterial	9.676	0	9.173
Sonstige Materialien	808	31	845
Unfertige Leistungen	11	0	8
Summe	10.495	31	10.026

FORDERUNGEN UND SONSTIGE VERMÖGENSGEGENSTÄNDE

Forderungen und sonstige Vermögensgegenstände	31.12.2016 TEUR	davon NÖV	31.12.2015 TEUR
Forderungen aus Lieferungen und Leistungen	6.123	66	4.149
Forderungen gegen Zuwendungsggeber	808.665	0	693.361
Forderungen gegen verbundene Unternehmen	1.142	0	18
Forderungen gegen Unternehmen, mit denen ein Beteiligungsverhältnis besteht	70	0	31
Sonstige Vermögensgegenstände	15.371	4.489	15.616
Summe	831.371	4.555	713.175

ANHANG

Die **Forderungen aus Lieferungen und Leistungen** betreffen in Höhe von 4.430 TEUR (31.12.2015: 2.549 TEUR) Forderungen aus Krankenhausleistungen des MPI für Psychiatrie.

Forderungen gegen Zuwendungsgeber	31.12.2016 TEUR	31.12.2015 TEUR
aus institutioneller Förderung	243.265	133.657
aus Projektförderung	32.195	49.495
aus Ausgleichsansprüchen	533.205	510.209
Summe	808.665	693.361

Die **Forderungen gegen Zuwendungsgeber aus institutioneller Förderung** stellen im Wesentlichen Forderungen auf bewilligte Zuwendungen des Berichtsjahres dar, die durch Selbstbewirtschaftung auf das folgende Jahr übertragen werden. Auf Selbstbewirtschaftungskonten des Bundes und der Länder wurden 217.381 TEUR, davon IPP 26.075 TEUR (Vorjahr 123.378 TEUR, davon IPP 26.085 TEUR) in das Folgejahr übertragen. Ferner sind aus der endgültigen Verteilungsrechnung der MPG resultierende Nachzahlungsforderungen an die Länder ausgewiesen, die grundsätzlich im dritten auf die Abrechnung folgenden Jahr zu leisten sind (8.637 TEUR); davon haben 5.228 TEUR (Vorjahr 3.636 TEUR) eine Restlaufzeit von über einem Jahr.

Als **Forderungen gegen Zuwendungsgeber aus Projektförderung** werden durch Zuwendungsbescheide von Drittmittelgebern gedeckte Ausgaben der Projektförderung ausgewiesen, sofern noch keine Einnahme der Drittmittel erfolgte (Vorgriffe).

Die **Forderungen gegen Zuwendungsgeber aus Ausgleichsansprüchen** bilden grundsätzlich den Gegenposten für Verpflichtungen, die aufgrund eines Zuwendungsverhältnisses eingegangen wurden und nicht durch Mittel des laufenden Geschäftsjahrs gedeckt sind (Nr. 4 (2) BewGr-MPG). Sie setzen sich zum Bilanzstichtag wie folgt zusammen:

	TEUR
MPG ohne IPP	506.101
IPP	27.104

Für die MPG ohne IPP entspricht die Ausgleichsforderung in der Höhe den Rückstellungen (ohne NÖV). Beim IPP wird die Ausgleichsforderung aufgrund der Zugehörigkeit zur Helmholtz-Gemeinschaft nach den besonderen für die Mitgliedseinrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft geltenden Rechnungslegungsregeln gebildet.

Von den Ausgleichsansprüchen haben 466.633 TEUR (Vorjahr 445.881 TEUR) eine Restlaufzeit von über einem Jahr.

Die **Forderungen gegen verbundene Unternehmen** betreffen im Wesentlichen Forderungen gegen die Max-Planck-Innovation GmbH aus Lizenzentlösen.

In den **Sonstigen Vermögensgegenständen** sind zum Bilanzstichtag unter anderem enthalten:

	TEUR
Forderungen gegen Finanzbehörden aus Umsatzsteuer	5.805
Forderungen aus Wertpapieren des Anlagevermögens (NÖV)	3.668
Zur Veräußerung gehaltene Anteile an Ausgründungen	842

Ausgründungen sind Unternehmen, die u.a. errichtet werden, um eine an einem Max-Planck-Institut entwickelte Technologie oder wissenschaftliches Know-how in Produkte und Dienstleistungen umzusetzen. Die Beteiligung an Ausgründungen erfolgt auf der Grundlage der Leitlinien zur Beteiligung von Forschungseinrichtungen an Ausgründungen zum Zwecke des Wissens- und Technologietransfers des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

Auf die zur Veräußerung gehaltenen Anteile an Ausgründungen wurde im Berichtsjahr eine Abschreibung auf den niedrigeren beizulegenden Wert in Höhe von 2 TEUR vorgenommen.

KASSENBESTAND, GUTHABEN BEI KREDITINSTITUTEN UND SCHECKS

	31.12.2016 TEUR	davon NÖV	31.12.2015 TEUR
Kassenbestand, Guthaben bei Kreditinstituten und Schecks	132.056	2.746	163.374

Der Bestand an liquiden Mitteln enthält am Stichtag noch nicht verwendete Haushaltsmittel der institutionellen Förderung, die durch andere haushaltrechtliche Instrumente außerhalb der Selbstbewirtschaftung ins Folgejahr übertragen werden, sowie ins Folgejahr übertragbare Mittel der Projektförderung. Der Rückgang im Bestand gegenüber dem Vorjahr steht vor allem in Zusammenhang mit einem Anstieg der Forderungen gegen Zuwendungsgeber aus institutioneller Förderung (Selbstbewirtschaftung).

3.3 RECHNUNGSABGRENZUNGSPOSTEN (AKTIV)

	31.12.2016 TEUR	davon NÖV	31.12.2015 TEUR
Rechnungsabgrenzungsposten	34.191	22	30.572

Im aktiven Rechnungsabgrenzungsposten werden Ausgaben vor dem Bilanzstichtag erfasst, die erst nach diesem Stichtag aufwandswirksam werden. Er beinhaltet im Wesentlichen Vorauszahlungen von Lizenzgebühren und Nutzungsentgelten für (Online-)Medien. In Höhe von 5.817 TEUR sind Gehaltszahlungen für den Januar 2017 enthalten, die am 1. Januar 2017 fällig sind.

3.4 TREUHANDVERMÖGEN

Das Treuhandvermögen enthält in Höhe von 46.242 TEUR treuhänderisch verwaltete EU-Projektmittel.

ANHANG

3.5 EIGENKAPITAL

Eigenkapital	31.12.2016 TEUR	31.12.2015 TEUR
Vereinskapital	135.437	133.882
Rücklagen für satzungsgemäße Zwecke	21.796	22.767
Ergebnisvortrag	1.876	2.254
Summe	159.109	158.903

Das Eigenkapital entfällt vollständig auf das NÖV. Der Eigenkapitalausweis erfolgt unter Beachtung von Auflagen der Zuwendenden und unter Berücksichtigung der steuerrechtlichen Regelungen. Bei den darin enthaltenen Rücklagen werden die Vorgaben der Abgabenordnung umgesetzt.

Abgesehen vom NÖV schließt der Jahresabschluss der MPG ohne Jahresüberschuss/Jahresfehlbetrag ab.

3.6 SONDERPOSTEN

Der Sonderposten setzt sich wie folgt zusammen:

Sonderposten	31.12.2016 TEUR	31.12.2015 TEUR
aus Zuschüssen zum Anlagevermögen	2.180.586	2.116.343
aus Zuschüssen zum Umlaufvermögen	70.568	66.386
Summe	2.251.154	2.182.729

Der **Sonderposten aus Zuschüssen zum Anlagevermögen** spiegelt das aus Zuschüssen der öffentlichen Hand und anderer Dritter finanzierte Anlagevermögen wider. Entsprechend wurde für das Anlagevermögen des NÖV sowie für ein Erbbaurecht beim MPI für Psychiatrie (672 TEUR), dem eine langfristige Verbindlichkeit gegenübersteht, kein Sonderposten gebildet. Im Einzelnen ergibt sich zum Bilanzstichtag folgende Gegenüberstellung von Sonderposten und Anlagevermögen:

	durch Sonderposten gedecktes Anlagevermögen	nicht durch Sonderposten gedecktes Anlagevermögen		Summe Anlagevermögen
		NÖV	MPI für Psychiatrie	
	TEUR	TEUR	TEUR	TEUR
Immaterielle Vermögensgegenstände	10.046	27	0	10.073
Sachanlagen	2.168.956	27.085	672	2.196.713
Finanzanlagen	1.584	126.419	0	128.003
Summe	2.180.586	153.531	672	2.334.789

Der **Sonderposten aus Zuschüssen zum Umlaufvermögen** spiegelt das durch die institutionelle bzw. Projektförderung finanzierte Umlaufvermögen wider.

3.7 RÜCKSTELLUNGEN

Die **Rückstellungen für Pensionen und ähnliche Verpflichtungen** setzen sich wie folgt zusammen:

	1.1.2016 TEUR	Verbrauch TEUR	Auflösung TEUR	Aufzinsung TEUR	Zuführung TEUR	31.12.2016 TEUR
Pensionsverpflichtungen	380.040	-19.317	-10.812	14.371	25.837	390.119
Beihilfeverpflichtungen	54.881	-2.825	-1.921	2.080	13.712	65.927
	434.921	-22.142	-12.733	16.451	39.549	456.046

Rückstellungen für Pensionen und ähnliche Verpflichtungen werden gebildet für Versorgungs- und Beihilfeansprüche aus beamtenrechtsähnlichen Verträgen, die unter den Voraussetzungen der Anlage zu Nr. 8 (1) BewGr-MPG abgeschlossen werden können. In die Rückstellung für Pensionsverpflichtungen sind zum Stichtag insgesamt 1.248 (Vorjahr 1.225) berechtigte Personen, davon 655 Aktive (Vorjahr 630) einbezogen, in die Rückstellung für Beihilfeverpflichtungen insgesamt 877 (Vorjahr 872) berechtigte Personen, davon 465 Aktive (Vorjahr 455). Der ausgewiesene Zinsaufwand ergibt sich aus der Aufzinsung der Verpflichtung zu Beginn der Periode mit dem für diesen Zeitpunkt zugrunde gelegten Zinssatz unter Berücksichtigung des Zinsanteils der an die Berechtigten im Berichtsjahr gezahlten Renten bzw. Beihilfen. Die Zunahme der Rückstellung für Beihilfeverpflichtungen resultiert neben diesem Zinseffekt hauptsächlich aus dem rückläufigen Rechnungszins, der gemäß § 253 Abs. 2 HGB zugrunde zu legen ist.

Im Gegensatz dazu steht die Entwicklung der Rückstellung für Pensionsverpflichtungen. Der höhere anzuwendende Marktzins führt grundsätzlich zu einem Absinken der Rückstellungshöhe. Dieser Effekt wird jedoch durch eine steigende Anzahl von Anspruchsberechtigten überkompensiert. In Summe steigt die Rückstellung für Pensionsverpflichtungen in 2016 geringfügig um 2,7% an.

Der Unterschiedsbetrag zwischen der Abzinsung mit dem durchschnittlichen Marktzinssatz der vergangenen zehn Jahre und einer Abzinsung mit dem durchschnittlichen Markzinssatz der vergangenen sieben Jahre beträgt zum Stichtag 38.942 TEUR.

Für die **Steuerrückstellungen** ergibt sich folgende Entwicklung:

	1.1.2016 TEUR	Verbrauch TEUR	Auflösung TEUR	Aufzinsung TEUR	Zuführung TEUR	31.12.2016 TEUR
Steuerrückstellungen	75	-75	0	0	0	0

ANHANG

Die **sonstigen Rückstellungen** setzen sich wie folgt zusammen:

	1.1.2016 TEUR	Verbrauch TEUR	Auflösung TEUR	Aufzinsung TEUR	Zuführung TEUR	31.12.2016 TEUR
Resturlaub	38.423	-38.423	0	0	35.660	35.660
Ausstehende Rechnungen	11.948	-11.940	-8	0	15.391	15.391
Altersteilzeit	7.187	-3.466	0	124	2.142	5.987
Überstunden/Zeitguthaben	4.460	-2.307	0	0	3.127	5.280
Noch nicht abgerechnete Reisekosten	2.462	-2.065	0	0	1.933	2.330
Archivierungskosten	2.282	0	0	0	550	2.832
Dienstjubiläen	1.491	-110	0	48	346	1.775
Prozesskosten	788	-64	-23	0	460	1.161
Übrige sonstige Rückstellungen	3.059	-1.176	-649	23	906	2.163
	72.100	-59.551	-680	195	60.515	72.579

In den Rückstellungen für Überstunden/Zeitguthaben sind neben kurzfristigen Gleitzeitguthaben auch Verpflichtungen aus längerfristigen Arbeitszeitkonten in Höhe von 2.482 TEUR enthalten.

3.8 VERBINDLICHKEITEN

	31.12.2016 TEUR	31.12.2015 TEUR
Verbindlichkeiten		
Verbindlichkeiten gegenüber Kreditinstituten	615	632
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	73.618	44.574
Verbindlichkeiten gegenüber Zuwendungsgebern	306.864	272.888
Verbindlichkeiten gegenüber verbundenen Unternehmen	59	0
Verbindlichkeiten gegenüber Unternehmen, mit denen ein Beteiligungsverhältnis besteht	5.802	5.565
Sonstige Verbindlichkeiten	16.854	14.513
Summe	403.812	338.172

Die **Verbindlichkeiten gegenüber Kreditinstituten** entfallen vollständig auf das NÖV.

Die **Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen** enthalten überwiegend typische Verbindlichkeiten aus Liefer- und Leistungsbeziehungen. Daneben sind Gewährleistungseinbehalte mit 883 TEUR (Vorjahr 1.195 TEUR) erfasst.

	31.12.2016 TEUR	31.12.2015 TEUR
Verbindlichkeiten gegenüber Zuwendungsgebern		
aus institutioneller Förderung	216.879	166.466
aus Projektförderung	89.985	106.422
Summe	306.864	272.888

Zuwendungen institutioneller Zuwendungsgeber können gemäß Nr. 5 BewGr-MPG mittels Selbstbewirtschaftung oder durch ein sonstiges haushaltrechtliches Instrument auf das Folgejahr übertragen werden. Im Umfang dieser übertragbaren Mittel werden **Verbindlichkeiten gegenüber Zuwendungsgebern aus institutioneller Förderung** bilanziert. Es wird der Saldo der bewilligten Zuschüsse, der eigenen Erlöse und anderen Erträge sowie der Aufwendungen des Berichtsjahres ausgewiesen. Der Anstieg spiegelt den Anstieg der überjährig verfügbaren Mittel wider.

Ferner werden aus der endgültigen Verteilungsrechnung der MPG resultierende Erstattungsansprüche der Länder in Höhe von 14.847 TEUR ausgewiesen, die grundsätzlich im dritten auf die Abrechnung folgenden Jahr zu leisten sind; davon haben 8.558 TEUR eine Restlaufzeit von über einem Jahr.

Im Geschäftsjahr noch nicht verausgabte Mittel der Projektförderung werden in das Folgejahr übertragen. Die **Verbindlichkeiten gegenüber Zuwendungsgebern aus der Projektförderung** enthalten im Wesentlichen die überjährig verfügbaren Mittel als Saldo der erhaltenen Drittmittelzuschüsse, der eigenen Erlöse und anderen Erträge sowie Aufwendungen des Geschäftsjahrs.

Die **Verbindlichkeiten gegenüber Unternehmen, mit denen ein Beteiligungsverhältnis besteht**, betreffen mit 5.800 TEUR Verbindlichkeiten gegenüber dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH aus im Rahmen der Antragsgemeinschaft im Jahr 2016 noch nicht abgerufenen Zuwendungsmitteln.

In den **Sonstigen Verbindlichkeiten** sind zum Bilanzstichtag Verbindlichkeiten gegenüber Finanzbehörden aus Lohnsteuer in Höhe von 9.669 TEUR enthalten.

Im folgenden **Verbindlichkeitspiegel** sind die Restlaufzeiten der einzelnen Verbindlichkeitenpositionen dargestellt (Vorjahresangaben in Klammern):

	31.12.2016	Restlaufzeit		
	TEUR	bis 1 Jahr	1 bis 5 Jahre	über 5 Jahre
Verbindlichkeiten gegenüber Kreditinstituten	615 (632)	16 (16)	66 (66)	533 (550)
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	73.618 (44.574)	73.279 (44.574)	339 (0)	0 (0)
Verbindlichkeiten gegenüber Zuwendungsgebern	306.864 (272.888)	298.306 (266.599)	8.558 (6.289)	0 (0)
Verbindlichkeiten gegenüber verbundenen Unternehmen	59 (0)	59 (0)	0 (0)	0 (0)
Verbindlichkeiten gegenüber Unternehmen, mit denen ein Beteiligungsverhältnis besteht	5.802 (5.565)	5.802 (5.565)	0 (0)	0 (0)
Sonstige Verbindlichkeiten	16.854 (14.513)	16.007 (13.521)	300 (371)	547 (621)
Summe	403.812 (338.172)	393.469 (330.275)	9.263 (6.726)	1.080 (1.171)

Die Verbindlichkeiten sind nicht durch Pfandrechte oder ähnliche Rechte gesichert.

ANHANG

3.9 RECHNUNGSABGRENZUNGSPOSTEN (PASSIV)

	31.12.2016 TEUR	31.12.2015 TEUR
Rechnungsabgrenzungsposten	202	328

Im passiven Rechnungsabgrenzungsposten werden Einnahmen vor dem Bilanzstichtag erfasst, die erst nach diesem Stichtag ertragswirksam werden.

4. ERLÄUTERUNGEN ZUR GEWINN- UND VERLUSTRECHNUNG

ZUSCHÜSSE AUS INSTITUTIONELLER FÖRDERUNG

Die Zuschüsse aus institutioneller Förderung 1.728.024 TEUR (Vorjahr 1.689.989 TEUR) setzen sich im Berichtsjahr wie folgt zusammen:

Zuschüsse aus institutioneller Förderung	2016 MPG ohne IPP TEUR	2016 IPP TEUR	2015 MPG TEUR	2015 MPG TEUR
Grundfinanzierung	1.583.415	106.246	1.689.661	1.644.898
davon Bund	814.753	95.622	910.375	864.930
davon Länder	768.662	10.624	779.286	779.968
Teilsonderfinanzierung	29.908	0	29.908	32.400
davon Bund	0	0	0	0
davon Länder	29.908	0	29.908	32.400
Sonderfinanzierung	6.726	0	6.726	11.009
davon Bund	0	0	0	2.000
davon Länder	6.726	0	6.726	9.009
Sonstige Teilsonderfinanzierung	1.729	0	1.729	1.682

Die finanzielle Förderung in der **Grundfinanzierung** der MPG ohne IPP wird vom Bund und von den Ländern im Verhältnis 50:50 aufgebracht. Diese ist in 2016 – der Vereinbarung des Pakts für Forschung und Innovation III entsprechend – um 3% gestiegen. Der Aufwuchs wurde – ebenfalls der Vereinbarung des Pakts entsprechend – alleine vom Bund getragen.

Die **sonstige Teilsonderfinanzierung** betrifft einen Zuschuss der Niederlande für das MPI für Psycholinguistik, Nijmegen.

VERÄNDERUNG DER FORDERUNGEN GEGEN ZUWENDUNGSGEBER AUS AUSGLEICHANSPRÜCHEN

Die Veränderung der Forderungen gegen Zuwendungsgeber aus Ausgleichsansprüchen in Höhe von 22.996 TEUR (Vorjahr 34.543 TEUR) setzt sich wie folgt zusammen:

	2016 TEUR	2015 TEUR
MPG ohne IPP	21.682	34.006
IPP	1.314	537

Bezogen auf die MPG ohne IPP resultiert diese Position aus der Veränderung der Rückstellungen (ohne NÖV).

EIGENE ERLÖSE UND ANDERE ERTRÄGE

Die eigenen Erlöse und anderen Erträge 346.859 TEUR (Vorjahr 227.235 TEUR) setzen sich wie folgt zusammen:

Eigene Erlöse und andere Erträge	2016 TEUR	2015 TEUR
Erlöse aus Forschung, Entwicklung und Benutzung von Forschungsanlagen	2.319	2.806
Erlöse aus Lizenz- und Know-How-Verträgen	24.712	21.983
Erlöse aus Infrastrukturleistungen und Materialverkauf	22.072	21.332
Erträge aus Vermietung und Verpachtung	14.071	13.541
Erlöse aus Abgang von Gegenständen des Anlagevermögens	4.395	3.940
Erhöhung /(-) Verminderung des Bestands an unfertigen Leistungen	-1	-4
Andere aktivierte Eigenleistungen	8.425	8.596
Finanzerträge, Erträge aus Beteiligungen, Zinsen	3.960	4.293
Sonstige betriebliche Erträge	266.906	150.748
<i>darin enthalten</i>		
Periodenfremde Erträge	31.951	3.269
Sonstige Erträge	28.647	29.591
<i>Auflösung überjährig verfügbarer Mittel</i>	206.308	117.889

Die **Erlöse aus Lizenz- und Know-How-Verträgen** entstehen aus der Verwertung des Erfindungsgutes der MPG durch die Max-Planck-Innovation GmbH sowie aus der Veräußerung von Anteilen an Technologietransfer-Ausgründungen.

Die **Erlöse aus Infrastrukturleistungen und Materialverkauf** bestehen überwiegend aus Erlösen des MPI für Psychiatrie aus Krankenhausleistungen.

Die **Erträge aus Vermietung und Verpachtung** resultieren überwiegend aus der Vermietung von Gästewohnungen und Gästezimmern. Weiterhin enthalten sind Erträge des NÖV (einschließlich der Tagungsstätten Schloss Ringberg und Harnack-Haus) in Höhe von 3.379 TEUR (Vorjahr 2.619 TEUR).

In den **Erlösen aus dem Abgang von Gegenständen des Anlagevermögens** werden (für das zuschussfinanzierte Anlagevermögen) die Aufwendungen aus dem Anlagenabgang durch den betragsgleichen Ertrag aus der Auflösung des Sonderpostens aus Zuschüssen zum Anlagevermögen neutralisiert.

ANHANG

Die **Erhöhung/Verminderung des Bestands an unfertigen Leistungen** betrifft nur das MPI für Psychiatrie und das MPI für Plasmaphysik.

Andere aktivierte Eigenleistungen entfallen in Höhe von 5.110 TEUR (Vorjahr 5.248 TEUR) auf das IPP.

Die **Finanzerträge, Erträge aus Beteiligungen, Zinsen** enthalten Erträge aus Wertpapieren, die im NÖV bilanziert werden, in Höhe von 3.671 TEUR (Vorjahr 3.932 TEUR). Ferner enthalten ist ein Zinsertrag aus der Aufzinsung von niedrig verzinslichen Ausleihungen in Höhe von 127 TEUR (Vorjahr 133 TEUR).

In den **Periodenfremden Erträgen** sind Rückzahlungen der VBL für Sanierungsgelder der Jahre 2013 bis 2015 einschließlich Zinsen in Höhe von 30.628 TEUR enthalten.

In den **Sonstigen Erträgen** sind Erträge aus der Auflösung von Rückstellungen in Höhe von 13.413 TEUR (Vorjahr 13.131 TEUR) enthalten.

Die überjährig verfügbaren Mittel der institutionellen Förderung des laufenden Jahres werden aufwandswirksam (als Verbindlichkeit gegenüber Zuwendungsgebern) in das Folgejahr übertragen und dort in entsprechender Höhe ertragswirksam wieder aufgelöst. Die überjährig verfügbaren Mittel der Projektförderung werden – saldiert mit den Vorräumen – in das Folgejahr übertragen und dort in entsprechender Höhe ertragswirksam wieder aufgelöst. Die **Auflösung überjährig verfügbarer Mittel** (aus 2015) betrifft nur die MPG ohne IPP und setzt sich wie folgt zusammen:

Auflösung überjährig verfügbarer Mittel	TEUR
Grundfinanzierung	147.978
Sonderfinanzierung	5.236
Projektförderung	50.811
Nicht verausgabte Mittel Betriebe nach § 26 BHO einschl. MPI für Psychiatrie	2.283
Summe	206.308

ZUSCHÜSSE AUS PROJEKTFÖRDERUNG

Von den Zuschüssen aus Projektförderung 233.680 TEUR (Vorjahr 264.133 TEUR) entfallen auf das IPP 21.277 TEUR (Vorjahr 17.469 TEUR).

ERTRÄGE AUS DER AUFLÖSUNG VON SONDERPOSTEN (TILGUNG DARLEHEN)

In diesem Posten (95 TEUR, Vorjahr 164 TEUR) sind die Erträge aus der Auflösung des Sonderpostens aus Zuschüssen zum Anlagevermögen erfasst, die aus Tilgungsleistungen für Familienheimdarlehen erwachsen.

PERSONALAUFWAND

Im Personalaufwand enthalten sind Aufwendungen für wissenschaftliche Nachwuchsförderung. Auf Stipendiaten entfallen dabei 54.013 TEUR (Vorjahr 74.347 TEUR). Der Rückgang der Aufwendungen für Stipendien resultiert aus der Mitte 2015 begonnenen Neugestaltung der Förderstrukturen für den wissenschaftlichen Nachwuchs in der MPG und der damit verbundenen Umstellung von Stipendien auf Förderverträge.

In den **Sozialen Abgaben und Aufwendungen für Altersversorgung und für Unterstützung** (216.031 TEUR, Vorjahr 232.209 TEUR) enthalten ist der Saldo aus Zuführung und Verbrauch zu den Rückstellungen für Beihilfeverpflichtungen in Höhe von 10.887 TEUR (Vorjahr 11.114 TEUR) und für Pensionsverpflichtungen in Höhe von 6.520 TEUR (Vorjahr 26.216 TEUR). Aufwendungen für Beihilfezahlungen sind insgesamt in Höhe von 4.349 TEUR (Vorjahr 4.116 TEUR) und für Kinderbetreuungskosten in Höhe von 1.640 TEUR (Vorjahr 1.478 TEUR) angefallen. Der Rückgang der Aufwendungen für soziale Abgaben und für Altersversorgung und für Unterstützung gegenüber dem Vorjahr ist maßgeblich bedingt durch die geänderten Bilanzierungsvorschriften bei der Abzinsung der Pensionsrückstellungen.

MATERIALAUFWAND

Die **Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe und für bezogene Waren** 208.969 TEUR (Vorjahr 208.673 TEUR) enthalten im Wesentlichen Aufwand für Forschungsmaterial in Höhe von 107.270 TEUR (Vorjahr 102.566 TEUR) sowie Aufwand für Energie- und Wasserbezug in Höhe von 78.018 TEUR (Vorjahr 79.570 TEUR).

Die **Aufwendungen für bezogene Leistungen** 19.148 TEUR (Vorjahr 22.483 TEUR) stellen im Wesentlichen Aufwendungen für die Vergabe externer Forschungsaufträge im Drittmittelbereich dar.

VERÄNDERUNG DES SONDERPOSTENS FÜR UMLAUFVERMÖGEN

Der Aufwand aus der Veränderung des Sonderpostens für Umlaufvermögen 2.738 TEUR setzt sich zusammen aus:

- dem Anstieg des in der Bilanz ausgewiesenen Sonderpostens für Umlaufvermögen (4.182 TEUR),
- zuzüglich den Auswirkungen aus Wertanpassungen bei den Anteilen aus Ausgründungen (2 TEUR),
- abzüglich einer Konsolidierungsposition mit dem IPP aus dem Vorjahr (900 TEUR),
- abzüglich den Aufwendungen für den Erwerb von Anteilen an Ausgründungen (546 TEUR), die in der Position Aufwendungen aus der Zuführung zum Sonderposten zur Finanzierung der Finanzanlagen und der Anteile an Ausgründungen enthalten sind.

ABSCHREIBUNGEN DER IMMATERIELLEN VERMÖGENSGEGENSTÄNDE UND DES SACHANLAGEVERMÖGENS

Durch den Ausweis des Anlagevermögens nach der Bruttomethode und dem damit notwendigen Ausweis der Abschreibungen als Aufwandsposition in der Gewinn- und Verlustrechnung wird zur erfolgsneutralen Darstellung (für das zuschussfinanzierte Anlagevermögen) eine in Höhe der Abschreibungen (313.180 TEUR, Vorjahr 308.594 TEUR) entsprechende Auflösung des Sonderpostens aus Zuschüssen zum Anlagevermögen (312.236 TEUR, Vorjahr 307.504 TEUR) vorgenommen. Die Differenz entspricht den Abschreibungen auf das nicht durch Sonderposten gedeckte Anlagevermögen betreffend NÖV und MPI für Psychiatrie.

Außerplanmäßige Abschreibungen auf das Sachanlagevermögen wurden vorgenommen in Höhe von 1 TEUR (Vorjahr 132 TEUR).

ANHANG

SONSTIGE AUFWENDUNGEN

Die **Zinsen und ähnliche Aufwendungen** (16.649 TEUR, Vorjahr 17.704 TEUR) bestehen fast vollständig aus Zinsaufwendungen aus der Aufzinsung der Rückstellungen (16.645 TEUR, Vorjahr 17.696 TEUR).

Die **Sonstigen betrieblichen Aufwendungen** in Höhe von 645.735 TEUR (Vorjahr 599.058 TEUR) setzen sich wie folgt zusammen:

Sonstige betriebliche Aufwendungen	2016 TEUR	2015 TEUR
Bewirtschaftung von Grundstücken und Gebäuden	162.068	165.766
Bibliotheken	19.871	18.415
Sonstige Forschungsaufwendungen	108.008	102.817
<i>davon</i>		
<i>Reisekosten</i>	35.318	34.265
<i>Tagungen, Fortbildungen</i>	16.749	16.817
<i>Veröffentlichungen, Öffentlichkeitsarbeit</i>	7.952	8.065
<i>Sonstige Aufwendungen für Zwecke der Wissenschaft und Forschung</i>	47.989	43.670
Geschäftsbedarf	57.833	56.179
Prüfungs- und Beratungskosten	19.114	21.745
Weitere sonstige Aufwendungen	30.204	27.829
Aufwendungen aus der Einstellung in überjährig verfügbare Mittel	248.637	206.308

Die **Aufwendungen für die Einstellung in überjährig verfügbare Mittel** entfallen auf die MPG ohne IPP und stellen den Saldo der zuschussfinanzierten Aufwendungen und Erträge in der Gewinn- und Verlustrechnung dar. Sie setzen sich wie folgt zusammen:

Aufwendungen für die Einstellung in überjährig verfügbare Mittel	TEUR
Grundfinanzierung	196.847
Sonderfinanzierung	5.417
Projektförderung	45.815
Nicht verausgabte Mittel Betriebe nach § 26 BHO einschl. MPI für Psychiatrie	558
Summe	248.637

In den sonstigen betrieblichen Aufwendungen sind auch die Steuern vom Einkommen und vom Ertrag in Höhe von 54 TEUR enthalten, die aus dem steuerpflichtigen wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb entstehen.

WEITERLEITUNGEN UND GEWÄHRTE ZUSCHÜSSE

Die MPG ist ermächtigt, ihr zur Verfügung gestellte Zuwendungsmittel als nicht rückzahlbaren Zuschuss an den Letztempfänger weiterzuleiten.

Im Berichtsjahr wurden Zuwendungsmittel wie folgt weitergeleitet:

Weiterleitungen und gewährte Zuschüsse	2016 TEUR	2015 TEUR
Zur institutionellen Förderung, MPG ohne IPP		
an Einrichtungen im Inland	7.178	6.722
an Einrichtungen im Ausland	23.970	27.630
Zur Projektförderung, MPG ohne IPP		
im Inland	1.584	868
im Ausland	4.601	4.325
Zur Überleitung von Personal in Folge von Schließungen/Teilschließungen, MPG ohne IPP	840	868
Weitergegebene Zuschüsse des IPP	3.166	3.165
Summe	41.339	43.578
<i>nachrichtlich: gewährte Zuschüsse an interne Einrichtungen</i>	26.158	28.288

Die gewährten Zuschüsse an interne Einrichtungen wurden im Jahresabschluss konsolidiert.

AUFWENDUNGEN AUS DER ZUFÜHRUNG ZUM SONDERPOSTEN (BEZUSCHUSSTE INVESTITIONEN)

Die **Aufwendungen aus der Zuführung zum Sonderposten zur Finanzierung der immateriellen Vermögensgegenstände und Sachanlagen** (382.490 TEUR, Vorjahr 335.173 TEUR) stellen die zuschussfinanzierten Investitionen in diese Vermögensgegenstände dar. Diese korrelieren gesamthaft mit den Zugängen im Berichtsjahr laut Anlagenspiegel (382.233 TEUR). Die Differenz besteht einerseits aus den Investitionen des NÖV (165 TEUR). Andererseits sind in den Aufwendungen aus der Zuführung zum Sonderposten zur Finanzierung der immateriellen Vermögensgegenstände und Sachanlagen Nachaktivierungen des laufenden Jahres mit ihrem Buchwert (422 TEUR) enthalten, die im Anlagenspiegel in separaten Spalten offen dargestellt werden.

Die **Aufwendungen aus der Zuführung zum Sonderposten zur Finanzierung der Finanzanlagen und der Anteile an Ausgründungen** (674 TEUR, Vorjahr 340 TEUR) setzen sich zusammen aus Aufwendungen für den Erwerb von Beteiligungen in Höhe von 1 TEUR (ohne NÖV) und für den Erwerb von Anteilen an Ausgründungen in Höhe von 546 TEUR (Vorjahr 207 TEUR) sowie aus der Veränderung des Sonderpostens durch die Aufzinsung von niedrig verzinslichen Ausleihungen in Höhe von 127 TEUR (Vorjahr 133 TEUR). Der betragsgleiche Aufzinsungsertrag ist unter der Position Finanzerträge, Erträge aus Beteiligungen, Zinsen ausgewiesen. Ferner enthalten sind Abschreibungen auf den niedrigeren beizulegenden Wert für Anteile an Ausgründungen in Höhe von 2 TEUR (Vorjahr 53 TEUR), denen ein betragsgleicher Ertrag aus der Auflösung des Sonderpostens gegenübersteht.

5. SONSTIGE ANGABEN

HAFTUNGSVERHÄLTNISSE UND SONSTIGE FINANZIELLE VERPFLICHTUNGEN

Risiken von außerbilanziellen Geschäften im Sinne von § 285 Nr. 3 HGB sowie Haftungsverhältnisse nach § 251 HGB bestanden zum Bilanzstichtag nicht.

Im Zusammenhang mit der Max Planck Digital Library ergeben sich im Betrachtungszeitraum der mittelfristigen Finanzplanung (2017 bis 2021) Verpflichtungen in Höhe von rund 81,4 Mio. EUR für die Grundversorgung (zentrale elektronische Informationsversorgung mit Fachzeitschriften und anderen Informationsquellen in digitaler Form). Die dafür erforderlichen Lizenzverträge haben unterschiedliche Laufzeiten.

Sonstige finanzielle Verpflichtungen in Höhe von rund 175,0 Mio. EUR ergeben sich in der Perspektive der mittelfristigen Finanzplanung der MPG darüber hinaus aus der anteiligen Finanzierung von im Rahmen wissenschaftlicher Kooperationen gemeinsam unterhaltener Einrichtungen bzw. Gemeinschaftsunternehmen. Dies betrifft insbesondere: Centro Astronómico Hispano-Alemán, Deutsches Klimarechenzentrum GmbH, Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen, Institut de Radio Astronomie Millimétrique, Large Binocular Telescope und das Max Planck Florida Institute for Neuroscience.

Die MPG beruft ihre Spitzenwissenschaftlerinnen und Spitzenwissenschaftler auf Lebenszeit und verpflichtet sich im Rahmen der Berufungen, wissenschaftliche Erstausstattungen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu finanzieren. Aus den angekündigten Abrufen dieser Mittel ergeben sich im zeitlichen Korridor der mittelfristigen Finanzplanung mögliche Verpflichtungen von rund 123,5 Mio. EUR.

Für die bereits begonnenen großen Bauvorhaben der Institute und Einrichtungen betragen die geplanten, aber noch nicht verausgaben Gesamtbaukosten zum 31.12.2016 rund 451,2 Mio. EUR.

Das Bestellobligo außerhalb von Bauvorhaben beträgt zum 31.12.2016 rund 38,1 Mio. EUR.

BESCHÄFTIGTE

Während des Geschäftsjahres beschäftigte die MPG im Durchschnitt 17.854 Personen:

	Anzahl 2016	Anzahl Vorjahr
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler	6.180	5.714
Doktorandinnen und Doktoranden mit Fördervertrag	2.019	1.435
Nichtwissenschaftlich Beschäftigte	8.110	8.087
Studentische und wissenschaftliche Hilfskräfte	1.545	1.648
Beschäftigte (ohne Auszubildende/Praktikantinnen und Praktikanten)	17.854	16.884
<i>nachrichtlich: Stipendiatinnen und Stipendiaten</i>	2.084	3.296

ANHANG**BETEILIGUNGEN**

Die MPG hält Anteile an anderen Unternehmen bzw. internationalen Großprojekten, um dauerhaft Synergieeffekte für wissenschaftliche Aufgabenstellungen bestmöglich zu nutzen.

Zum 31.12.2016 bestand folgender Anteilsbesitz:

Name	Sitz	Zweck	Anteil am Kapital	Buchwert zum 31.12.2016 EUR
Anteile an verbundenen Unternehmen				
Max-Planck-Innovation GmbH	München	Die Gesellschaft verwaltet und verwertet das Erfindungsgut der Max-Planck-Gesellschaft.	100 %	500.000
Minerva Stiftung Gesellschaft für die Forschung mbH	München	Zweck der Gesellschaft (gemeinnützig) ist die Förderung von Wissenschaft und Forschung zum einen durch die finanzielle Unterstützung von Forschungsvorhaben im In- und Ausland und zum anderen durch das Betreiben von Förderprogrammen, vor allem in Israel.	100 %	26.000
Max-Planck-Stiftung für Internationalen Frieden und Rechtsstaatlichkeit gemeinnützige GmbH	Heidelberg	Zweck der Gesellschaft ist die Förderung von Wissenschaft und Forschung, der internationa- len Gesinnung der Toleranz und des Völkerver- ständigungsgedankens, der Entwicklungszu- sammenarbeit, der Volks- und Berufsbildung sowie des demokratischen Staatswesens.	100 %	25.000
Deutsches Klimarechen- zentrum GmbH	Hamburg	Gegenstand und Zweck der Gesellschaft (ge- meinntützig) ist die Förderung der Grundlagen- forschung und der angewandten Forschung in der Klimatologie und den mit der Klimatologie unmittelbar verwandten Disziplinen. Der Zweck wird insbesondere verwirklicht durch den Aus- bau und Betrieb eines Klimarechenzentrums.	54,5 %	31.200

Name	Sitz	Zweck	Anteil am Kapital	Buchwert zum 31.12.2016 EUR
Beteiligungen				
Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen	Göttingen	Die Gesellschaft (gemeinnützig) fördert die Wissenschaft und Forschung. Sie erfüllt die Funktion eines Rechen- und Kompetenzzentrums für die MPG und eines Hochschulrechenzentrums für die Universität Göttingen.	50 %	26.000
Max-Planck-Institut für Eisenforschung Gesellschaft mit beschränkter Haftung	Düsseldorf	Die Gesellschaft (gemeinnützig) betreibt Grundlagenforschung auf dem Gebiet von Eisen, Stahl und verwandten Werkstoffen.	50 %	13.000
Max Planck Graduate Center mit der Johannes Gutenberg-Universität Mainz GmbH	Mainz	Gegenstand der Gesellschaft (gemeinnützig) ist die Förderung von Wissenschaft und Forschung insbesondere mittels interdisziplinärer Lehr- und Promotionsprogramme für wissenschaftlichen Nachwuchs.	50 %	12.500
UltraFast Innovations GmbH	Garching	Gegenstand der Gesellschaft sind Entwicklung und Produktion von speziellen Spiegeloptiken und Filtern mit maßgeschneiderten Eigenschaften für Laseranwendungen, sowie von Lasersystemen und Messgeräten, in denen diese Optiken zum Einsatz kommen.	50 %	12.500
Centro Astronómico Hispano-Alemán, Agrupación de Interés Económico	Almería/ Spanien	Gegenstand des Unternehmens ist der gemeinsam mit dem Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) finanzierte Betrieb des Calar Alto Observatoriums.	50 %	179,40
Institut de Radio Astronomie Millimétrique	Grenoble/ Frankreich	Zweck ist der gemeinsame Betrieb von zwei Beobachtungsstationen auf dem Loma de Dilar (30-Meter-Teleskop) in Spanien und auf dem Plateau de Bure (Interferometer mit sieben 15-Meter-Teleskopen) in Frankreich sowie einem wissenschaftlichen Labor in Grenoble, Frankreich.	47 %	716,75
EuResist Network GEIE	Rom/ Italien	Europäische Wirtschaftliche Interessenvereinigung, gegründet im Rahmen des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms für das Projekt „CHAIN – Collaborative HIV and Anti-HIV Drug Resistance Network“.	20 %	3.100,22
Wissenschaft im Dialog gGmbH	Berlin	Gegenstand des Unternehmens ist die Förderung des Dialogs zwischen Wissenschaft und Gesellschaft unter besonderer Berücksichtigung aktueller öffentlicher Kommunikationsformen, die Förderung des Verständnisses zwischen Wissenschaft, Forschung und Öffentlichkeit, die Information über Methoden und Prozesse wissenschaftlicher Forschung sowie die Verdeutlichung der gegenseitigen Wechselwirkung und Abhängigkeiten von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft.	8,33%	5.000

ANHANG

Name	Sitz	Zweck	Anteil am Kapital	Buchwert zum 31.12.2016 EUR
Schloss Dagstuhl – Leibniz Zentrum für Informatik Gesellschaft mit beschränkter Haftung	Wadern	Die Gesellschaft (gemeinnützig) hat als internationale Begegnungs- und Forschungsstätte für Informatik die Aufgabe, wissenschaftliche Informatik-Fachkonferenzen durchzuführen.	7,70 %	5.200
Cherenkov Telescope Array Observatory gemeinnützige GmbH	Heidelberg	Die Gesellschaft ist verantwortlich für: - Ausarbeitung der Planung und Vorbereitung der Realisierung der CTAO Facility sowie die Ausarbeitung des Gründungsübereinkommens für den Bau und den Betrieb der CTAO Facility - Auswahl und Ausstattung der Teleskopstandorte - Planung und Entwicklung sowie Konstruktion und Betrieb von Prototyp-Teleskopen und dazugehörigen Instrumenten und Infrastruktur zu Testzwecken - Vorbereitung von Programmen für die wissenschaftliche Forschung, die in der CTAO-Facility betrieben werden.	5,00%	1.250
FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur GmbH	Eggenstein-Leopoldshafen	Die Gesellschaft (gemeinnützig) hat die Aufgabe, Wissenschaft und Forschung mit wissenschaftlicher Information zu versorgen, entsprechende Produkte und Dienstleistungen auf dem Gebiet der wissenschaftlichen Informationsinfrastruktur zu entwickeln und öffentlich zugänglich zu machen.	3,26%	1.560
LSI Pre-Seed-Fonds GmbH	Bonn	Die LSI PSF GmbH betreibt zusammen mit der Life Science Inkubator GmbH & Co. KG (die geschäftsführende Life Science Inkubator GmbH ist eine 100%ige Tochter der Max-Planck Innovation GmbH) einen Inkubator für gründungsinteressierte Forscher aus deutschen Universitäten und Forschungseinrichtungen.	1,50%	172.000
Futurium gGmbH (vormals Haus der Zukunft gGmbH)	Berlin	Gegenstand der Gesellschaft ist es, das Futurium als Ort für Präsentation und Dialog zu Wissenschaft, Forschung und Entwicklung zu betreiben. Mit Ausstellungen und Veranstaltungen sollen zukunftsorientierte wissenschaftliche und technische Entwicklungen von nationaler und internationaler Bedeutung sichtbar gemacht und zur Diskussion gestellt werden.	1%	250

Die Angabe des Eigenkapitals und des Ergebnisses des letzten Geschäftsjahrs dieser Unternehmen unterbleibt aufgrund untergeordneter Bedeutung gem. § 286 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1 HGB.

ORGANE DER MPG UND IHRE AUFGABEN

Die Satzung der MPG benennt die folgenden Organe:

- den Präsident,
- den Verwaltungsrat,
- den Senat,
- die Hauptversammlung,
- den Wissenschaftlichen Rat und seine Sektionen

Der **Präsident** repräsentiert die Max-Planck-Gesellschaft, entwirft die Grundzüge ihrer Wissenschaftspolitik und sorgt für eine vertrauensvolle Zusammenarbeit in der Max-Planck-Gesellschaft. Er ist Vorsitzender des Senats, des Verwaltungsrats und der Hauptversammlung. Der Präsident kann in unaufschiebbaren Fällen Entscheidungen treffen, die in die Kompetenz dieser Gremien fallen.

Der **Verwaltungsrat** berät den Präsidenten und bereitet die Beschlüsse des Senats und der Hauptversammlung vor. Er stellt den Gesamthaushaltsplan auf und legt ihn dem Senat zur Beschlussfassung vor. Weiterhin stellt er den Jahresbericht zur Feststellung im Senat auf sowie die Jahresrechnung zur Beschlussfassung des Senats. Ferner führt er durch den Präsidenten die Aufsicht über die Generalverwaltung und besitzt die Beschlusskompetenz in allen Angelegenheiten der Gesellschaft, die nicht einem anderen Organ zugewiesen sind und die über die von der Generalverwaltung wahrzunehmenden laufenden Geschäfte hinausgehen. Zusammen mit dem Generalsekretär bildet er den Vorstand im Sinne des Gesetzes.

Der **Senat** ist ein wesentliches Entscheidungsgremium der Max-Planck-Gesellschaft. Er wählt den Präsidenten und die weiteren Mitglieder des Verwaltungsrats und entscheidet über die Bestellung des Generalsekretärs. Er beschließt die Gründung oder Schließung von Instituten und Abteilungen, die Berufung der Wissenschaftlichen Mitglieder und Direktoren sowie über die Satzungen der Institute. Der Senat beschließt weiterhin die Beteiligung der Max-Planck-Gesellschaft an anderen Einrichtungen und stellt den Gesamthaushaltsplan fest; er stellt ferner den Jahresbericht fest und legt ihn der Hauptversammlung vor, er beschließt die Jahresrechnung und entscheidet über die Aufnahme Fördernder Mitglieder. Darüber hinaus kann der Senat zu allen Angelegenheiten der Max-Planck-Gesellschaft Beschlüsse fassen, die nicht satzungsgemäß der Hauptversammlung vorbehalten sind. Dem Senat gehören als stimmberechtigte Mitglieder Wahlsenatoren und Amtssenatoren an. Die Zusammensetzung des Senats entspricht dem Bestreben, bei wichtigen Entscheidungen die Erfahrung aus wesentlichen Bereichen des öffentlichen Lebens zu nutzen. Unter den mindestens zwölf höchstens 32 Wahlsenatoren finden sich neben herausragenden Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen der MPG daher auch hochrangige Repräsentanten des Bundes und der Länder, bedeutsame Persönlichkeiten aus Wirtschaftsunternehmen und Wissenschaftsorganisationen sowie anderen gesellschaftlich relevanten Gruppen.

ANHANG

Die **Hauptversammlung** (die Versammlung ihrer Mitglieder) ist das oberste Vereinsorgan der Max-Planck-Gesellschaft. Sie entscheidet über Änderungen der Gesellschaftssatzung, wählt die Mitglieder des Senats, nimmt den Jahresbericht entgegen, prüft und genehmigt die Jahresrechnung und erteilt die Entlastung. Mitglieder der Gesellschaft sind die Wissenschaftlichen Mitglieder, die Fördernden Mitglieder, die Mitglieder von Amts wegen und die Ehrenmitglieder.

Der **Wissenschaftliche Rat** besteht aus den Wissenschaftlichen Mitgliedern und Leitern der Institute und diesen gleichgestellten Forschungseinrichtungen. Ferner gehören ihm die aus den Instituten in die Sektionen gewählten wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an. Die Emeritierten Wissenschaftlichen Mitglieder und die Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglieder der Institute können als Gäste mit beratender Stimme an den Sitzungen teilnehmen. Der Wissenschaftliche Rat ist in drei Sektionen gegliedert. Aufgabe der Sektionen ist es, gemeinsame Angelegenheiten der Institute zu erörtern und wissenschaftliche Entscheidungen des Senats durch fachliche Empfehlungen vorzubereiten.

PERSONELLE ZUSAMMENSETZUNG DER ORGANE DER MPG ZUM 31.12.2016

PRÄSIDENT

Martin Stratmann, Prof. Dr., München, Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf

Ferdi Schüth, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (rechtsfähige Stiftung), Mülheim/Ruhr

Schatzmeister

Ralf P. Thomas, Dr., Finanzvorstand der Siemens AG, München

Weitere Mitglieder

Stefan von Holtzbrinck, Dr., Vorsitzender der Geschäftsführung der Verlagsgruppe Georg von Holtzbrinck GmbH, Stuttgart

Friedrich von Metzler, Mitglied des Partnerkreises, B. Metzler seel. Sohn & Co. KGaA, Frankfurt/Main

VERWALTUNGSRAT

Präsident – Vorsitzender

Martin Stratmann, Prof. Dr., München, Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf

VORSTAND

Der Verwaltungsrat bildet zusammen mit dem Generalsekretär Dr. **Ludwig Kronthaler** (bis 31.01.2017, seit 01.02.2017: Rüdiger Willems, Generalsekretär (komm.) der Max-Planck-Gesellschaft, München) den Vorstand im Sinne des Gesetzes.

Vizepräsidenten

Andreas Barner, Prof. Dr. Dr., Mitglied des Gesellschafterausschusses der C. H. Boehringer Sohn AG & Co. KG, Ingelheim am Rhein, und Präsident des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft e. V., Essen

Angela D. Friedericici, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktorin am Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig

Bill S. Hansson, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für chemische Ökologie, Jena

Stefan Marcinowski, Dr., Mannheim, ehemaliges Mitglied des Vorstands der BASF SE

SENAT

Vorsitzender

Martin Stratmann, Prof. Dr., Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, München, Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf

ANHANG**Wahlsezentoren**

Andreas Barner, Prof. Dr. Dr., Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, Mitglied des Gesellschafterausschusses der C. H. Boehringer Sohn AG & Co. KG, Ingelheim am Rhein, und Präsident des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft e. V., Essen

Kurt Beck, Steinfeld, Ministerpräsident a. D. des Landes Rheinland-Pfalz

Ulrike Beisiegel, Prof. Dr. Dr. h. c., Präsidentin der Universität Göttingen, Göttingen

Göran Blomqvist, Dr., Geschäftsführender Direktor der Stiftung Riksbankens Jubileumsfond, Stockholm, Schweden

Nikolaus von Bomhard, Dr., Vorsitzender des Vorstands der Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, München

Thomas Enders, Dr., Chief Executive Officer der Airbus Group, Blagnac, Frankreich

Franz Fehrenbach, Vorsitzender des Aufsichtsrats der Robert Bosch GmbH, Stuttgart

Angela D. Friederici, Prof. Dr., Vizepräsidentin der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktorin am Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig

Sibylle Günter, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Wissenschaftliche Direktorin des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik, Garching

Bill S. Hansson, Prof. Dr., Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für chemische Ökologie, Jena

Stefan von Holtzbrinck, Dr., Mitglied des Verwaltungsrates der Max-Planck-Gesellschaft, Vorsitzender der Geschäftsführung der Verlagsgruppe Georg von Holtzbrinck GmbH, Stuttgart

Berthold Huber, ehem. Erster Vorsitzender der IG Metall, Frankfurt/Main

Henning Kagermann, Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h., Präsident der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Berlin

Regine Kahmann, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktorin am Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie, Marburg

Annegret Kramp-Karrenbauer, MdL, Ministerpräsidentin des Saarlandes, Saarbrücken

Nicola Leibinger-Kammüller, Dr., Vorsitzende der Geschäftsführung der TRUMPF GmbH & Co. KG, Ditzingen

Anton Losinger, Dr. Dr., Weihbischof des Bistums Augsburg, Augsburg

Stefan Marcinowski, Dr., Mannheim, Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, ehemaliges Mitglied des Vorstands der BASF SE

Friedrich von Metzler, Mitglied des Verwaltungsrates der Max-Planck-Gesellschaft, Mitglied des Partnerkreises, B. Metzler seel. Sohn & Co. KGaA, Frankfurt/Main

Klaus Müllen, Prof. Dr., Emeritiertes Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung, Mainz

Angelika Niebler, Dr., MdEP Vaterstetten, Mitglied des Europäischen Parlaments

Krista Sager, Hamburg, ehem. Mitglied des Deutschen Bundestages

Ferdi Schüth, Prof. Dr., Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (rechtsfähige Stiftung), Mülheim/Ruhr

Ralf P. Thomas, Dr., Schatzmeister der Max-Planck-Gesellschaft, Finanzvorstand der Siemens AG, München

Stanislaw Tillich, MdL, Ministerpräsident des Freistaates Sachsen, Dresden

Andreas Voßkuhle, Prof. Dr., Präsident des Bundesverfassungsgerichts, Karlsruhe

Beatrice Weder di Mauro, Prof. Dr., Professor of International Macroeconomics, Universität Mainz, Mainz

Ulrich Wilhelm, Intendant des Bayerischen Rundfunks, München

Lothar Willmitzer, Prof. Dr., Stellv. Vorsitzender des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft, Stellv. Vorsitzender der Biologisch Medizinischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie, Potsdam

Daniel Zajfman, Prof. Dr., Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Kernphysik, Heidelberg, Präsident des Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel

Reinhard Zimmermann, Prof. Dr. Dr. h. c. mult., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg

Maciej Zlyicz, Prof. Dr. Dr. h. c., President and Executive Director of the Foundation for Polish Science, Warschau, Polen

Amtssenatoren

Ilse Aigner, MdL, Bayerische Staatsministerin für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, München, als Vertreterin der Länder

Rudolf I. Amann, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie, Bremen, als Vorsitzender der Biologisch-Medizinischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Eberhard Bodenschatz, Prof. Dr. Dr. h. c., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen, als Vorsitzender der Chemisch-Physikalisch-Technischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Markus Burtscheidt, als Vorsitzender des Gesamtbetriebsrates der Max-Planck-Gesellschaft, Köln

Ute Frevert, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktorin am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin, als Vorsitzende des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Werner Gatzer, Staatssekretär im Bundesministerium der Finanzen, Berlin, als Vertreter des Bundes

Ludwig Kronthaler, Dr., als Generalsekretär der Max-Planck-Gesellschaft, München (bis 31.01.2017, seit 01.02.2017: Rüdiger Willems, Generalsekretär (komm.) der Max-Planck-Gesellschaft, München)

Ariane Leendertz, Dr., Leiterin einer Minerva-Forschungsgruppe am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln, als Vertreterin der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaftlichen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Jürgen Renn, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin, als Vorsitzender der Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaftlichen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

ANHANG

Peter-Jürgen Schneider, MdL, Finanzminister des Landes Niedersachsen, Hannover, als Vertreter der Länder

Svenja Schulze, MdL, Ministerin für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, als Vertreterin der Länder

Udo von Toussaint, Priv.-Doz. Dr., Leiter einer Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, als Vertreter der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Chemisch-Physikalisch-Technischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Johanna Wanka, Prof. Dr., Bundesministerin für Bildung und Forschung, Berlin, als Vertreterin des Bundes

Carsten T. Wotjak, Dr., Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für Psychiatrie (Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie), München, als Vertreter der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Biologisch-Medizinischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Nicht stimmberechtigte Senatoren

Ehrenmitglieder des Senats

Peter Gruss, Prof. Dr., Martinsried, Präsident der Max-Planck-Gesellschaft von 2002 bis 2014, Emeritierter Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für biophysikalische Chemie (Karl-Friedrich-Bonhoeffer-Institut), Präsident des Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University

Reimar Lüst, Prof. Dr. Dr. h. c. mult., Hamburg, Präsident der Max-Planck-Gesellschaft von 1972 bis 1984, Emeritierter Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik

Reinhard Pöllath, Prof. Dr., Rechtsanwalt, Kanzlei P+P Pöllath + Partners, München

Ehrensenator

Ernst-Joachim Mestmäcker, Prof. Dr. Dr. h. c., Emeritierter Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg

Ständige Gäste des Senats

Andreas Barner, Prof. Dr. Dr., Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, Mitglied des Gesellschafterausschusses der C. H. Boehringer Sohn AG & Co. KG, Ingelheim am Rhein, als Präsident des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft e. V., Essen

Theresia Bauer, MdL, Ministerin für Wirtschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg, Stuttgart, als Vertreterin der Länder

Jean-Pierre Bourguignon, Prof., als President of the European Research Council, Brüssel, Belgien

Jörg Hacker, Prof. Dr. Dr. h. c. mult., Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Infektionsbiologie, Berlin, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Halle (Saale), als Präsident der Nationalen Akademie der Wissenschaften

Horst Hippler, Prof. Dr., als Präsident der Hochschulrektorenkonferenz, Bonn

Matthias Kleiner, Prof. Dr.-Ing., als Präsident der Leibniz-Gemeinschaft, Berlin

Reimund Neugebauer, Prof. Dr.-Ing., als Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., München

Manfred Prenzel, Prof. Dr., als Vorsitzender des Wissenschaftsrates, Köln

Cornelia Quennet-Thielen, Staatssekretärin im Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin, als Vertreterin des Bundes

Peter Strohschneider, Prof. Dr., als Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn

Wolfgang Tiefensee, Thüringer Minister für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft, Erfurt

Otmar D. Wiestler, Prof. Dr. Dr. h. c., als Präsident der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e. V., Berlin

HAUPTVERSAMMLUNG

Vorsitzender

Martin Stratmann, Prof. Dr., Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, München, Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf

Mitglieder

Die Hauptversammlung besteht aus den Mitgliedern der Gesellschaft. Dies sind: Fördernde Mitglieder, Wissenschaftliche Mitglieder, Mitglieder von Amts wegen und Ehrenmitglieder.

WISSENSCHAFTLICHER RAT

Vorsitzende

Ute Frevert, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktorin am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

Stellvertretender Vorsitzender

Lothar Willmitzer, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie, Potsdam

BIOLOGISCH-MEDIZINISCHE SEKTION

Vorsitzender

Rudolf I. Amann, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie, Bremen

Stellvertretender Vorsitzender

Lothar Willmitzer, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie, Potsdam

Schlichtungsberater

Friedrich Bonhoeffer, Prof. Dr., Emeriertes Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Entwicklungsbiologie, Tübingen

Franz-Ulrich Hartl, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried

Gerhard Mittler, Dr., wissenschaftlicher Mitarbeiter des Max-Planck-Instituts für Immunbiologie und Epigenetik, Freiburg

ANHANG

CHEMISCH-PHYSIKALISCHE-TECHNISCHE SEKTION

Vorsitzender

Eberhard Bodenschatz, Prof. Dr. Dr. h. c., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen

Stellvertretender Vorsitzender

Peter Fratzl, Prof. Dr. Dr. h. c., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam

Schlichtungsberater

Rüdiger Berger, Dr., wissenschaftlicher Mitarbeiter des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung, Mainz

Sami K. Solanki, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Geschäftsführender Direktor des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung, Göttingen

Hans Wolfgang Spiess, Prof. Dr., Emeritierter Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung, Mainz

GEISTES-, SOZIAL- UND HUMANWISSENSCHAFTLICHE SEKTION

Vorsitzender

Jürgen Renn, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin

Stellvertretender Vorsitzender

Christoph Engel, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Geschäftsführender Direktor des Max-Planck-Instituts zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern, Bonn

Schlichtungsberater

Hans-Jörg Albrecht, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Strafrecht, Freiburg

Wolfgang Prinz, Prof. Dr., Steinhagen, Emeritierter Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften

Samuel Vitali, Dr., wissenschaftlicher Mitarbeiter des Kunsthistorischen Instituts in Florenz – Max-Planck-Institut, Florenz, Italien

ERGÄNZENDE ANGABEN

Im Kalenderjahr 2016 betragen die Gesamtbezüge des Präsidenten, der Vizepräsidenten und des Generalsekretärs für ihre Tätigkeit im Vorstand bzw. Verwaltungsrat 561 TEUR. Für frühere Mitglieder des Vorstands bzw. Verwaltungsrates betragen die Gesamtbezüge (Versorgungs- und Hinterbliebenenbezüge) 506 TEUR. Für Pensionsverpflichtungen gegenüber den früheren Mitgliedern des Vorstands bzw. Verwaltungsrates bestehen Rückstellungen in Höhe von 4.077 TEUR. Dem Schatzmeister und den weiteren Mitgliedern des Verwaltungsrates wurden für ihre Tätigkeit im Vorstand und Verwaltungsrat keine Bezüge gewährt. Ebenso wurden den Mitgliedern des Senates keine Bezüge für ihre Tätigkeit im Senat gewährt.

Das Gesamthonorar des Abschlussprüfers betrug für das Geschäftsjahr 2016 200 TEUR. Dieses betraf ausschließlich Leistungen für die Abschlussprüfung.

Es wurden keine für die MPG wesentlichen Geschäfte mit nahe stehenden Unternehmen und Personen zu nicht marktüblichen Bedingungen getätigten.

Die MPG hält sämtliche Anteile am Wertpapiersondervermögen DeAM-Fonds PMF 1 ISIN DE0008498080. Der Fonds besteht aus zwei Segmenten „DBA“ und „Others“. Dabei werden rund 80% der Wertpapieranlagen aktiv im Segment DBA von einem Manager betreut. Die übrigen Wertpapieranlagen im Segment Others werden nach beratender Unterstützung eines Investmentbeirats diversifiziert über institutionelle Fonds verteilt. Die Allokation des gesamten Wertpapiervermögens erfolgt nach festgelegten Anlagenrichtlinien mit besonderer Beachtung der Kriterien Risiko, Return und laufende Ausschüttung. Zum 31.12.2016 lag der Marktwert bei 161,23 Mio. EUR. Die Differenz zum Buchwert (124,83 Mio. EUR) betrug 36,40 Mio. EUR. Abschreibungen waren nicht erforderlich. Die im Berichtsjahr 2016 generierten Erträge aus dem Sondervermögen betrugen 3,67 Mio. EUR. Hinsichtlich der Rückgabe von Anteilen bestehen keinerlei Beschränkungen rechtlicher oder tatsächlicher Art.

VORGÄNGE VON BESONDERER BEDEUTUNG NACH SCHLUSS DES GESCHÄFTSJAHRES

Im Geschäftsjahr hat die MPG ohne IPP eine Rückzahlung der VBL-Sanierungsgelder für die Jahre 2013 bis 2015 in Höhe von 28.730 TEUR zzgl. Zinsen erhalten. Das BMBF sowie einzelne Zuwendungsgeber der Projektförderung haben nach dem 31.12.2016 eine ihren Zuwendungsanteilen entsprechende Rückführungsverpflichtung angekündigt.

Weitere Vorgänge von besonderer Bedeutung für die Vermögens-, Finanz- und Ertragslage nach dem Ende des Geschäftsjahres 2016 liegen nicht vor.

Berlin, den 3. Mai 2017

Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V., Berlin
- Der Verwaltungsrat -

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V., BERLIN

ANLAGE ZUM ANHANG

Zusammensetzung und Entwicklung des Anlagevermögens zum 31.12.2016

ANSCHAFFUNGS- UND HERSTELLUNGSKOSTEN						
	Stand am 1.1.2016 EUR	Zugang 2016 EUR	Nachaktivierung 2016 EUR	Abgang 2016 EUR	Umbuchung 2016 EUR	Stand am 31.12.2016 EUR
I. Immaterielle Vermögensgegenstände						
1. Entgeltlich erworbene Konzessionen, gewerbliche Schutzrechte und ähnliche Rechte und Werte sowie Lizenzen an solchen Rechten und Werten	56.943.923,97	5.623.312,99	41.372,47	-1.373.680,19	563.654,41	61.798.583,65
2. Geleistete Anzahlungen	36.785,66	1.143.019,81	56.070,40	0,00	-58.835,20	1.177.040,67
	56.980.709,63	6.766.332,80	97.442,87	-1.373.680,19	504.819,21	62.975.624,32
II. Sachanlagen						
1. Grundstücke, grundstücksgleiche Rechte und Bauten einschließlich der Bauten auf fremden Grundstücken	2.309.342.117,52	20.959.380,37	35.635.481,34	-9.389.757,26	81.936.078,65	2.438.483.300,62
2. Technische Anlagen und Maschinen	2.664.891.441,43	162.768.160,83	3.433.793,47	-83.220.313,90	22.222.754,32	2.770.095.836,15
3. Andere Anlagen, Betriebs- und Geschäftsausstattung	835.932.867,53	91.635.514,44	281.439,90	-20.984.845,07	12.578.551,41	919.443.528,21
4. Geleistete Anzahlungen und Anlagen im Bau	195.224.513,89	100.103.781,63	240.779,66	-489.978,75	-117.242.203,59	177.836.892,84
	6.005.390.940,37	375.466.837,27	39.591.494,37	-114.084.894,98	-504.819,21	6.305.859.557,82
III. Finanzanlagen						
1. Anteile an verbundenen Unternehmen	582.200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	582.200,00
2. Beteiligungen	67.996,37	25.250,00	0,00	0,00	160.010,00	253.256,37
3. Wertpapiere des Anlagevermögens	123.247.486,01	1.857.888,24	0,00	-83.060,01	0,00	125.022.314,24
4. Sonstige Ausleihungen und Anteile	4.085.805,88	62.700,00	0,00	-306.873,73	-160.010,00	3.681.622,15
	127.983.488,26	1.945.838,24	0,00	-389.933,74	0,00	129.539.392,76
GESAMT	6.190.355.138,26	384.179.008,31	39.688.937,24	-115.848.508,91	0,00	6.498.374.574,90

ABSCHREIBUNGEN							BUCHWERTE	
Kumuliert 1.1.2016 EUR	Geschäftsjahr 2016 EUR	auf Nachaktivierung 2016 EUR	auf Abgang 2016 EUR	auf Umbuchung 2016 EUR	Zuschreibung 2016 EUR	Kumuliert 31.12.2016 EUR	Stand am 31.12.2016 EUR	Stand am 1.1.2016 EUR
-48.181.335,61	-5.751.270,47	-23.420,47	1.321.761,19	-267.962,35	0,00	-52.902.227,71	8.896.355,94	8.762.588,36
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.177.040,67	36.785,66
-48.181.335,61	-5.751.270,47	-23.420,47	1.321.761,19	-267.962,35	0,00	-52.902.227,71	10.073.396,61	8.799.374,02
<hr/>								
-1.047.938.986,55	-67.752.385,44	-35.635.481,34	5.987.054,12	8.210,23	0,00	-1.145.331.588,98	1.293.151.711,64	1.261.403.130,97
-2.178.320.629,85	-167.283.814,09	-3.350.707,55	81.506.443,35	1.752.485,64	25.072,14	-2.265.671.150,36	504.424.685,79	486.570.811,58
-644.170.300,50	-72.392.275,11	-257.798,52	20.162.401,63	-1.492.733,52	6.817,73	-698.143.888,29	221.299.639,92	191.762.567,03
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	177.836.892,84	195.224.513,89
-3.870.429.916,90	-307.428.474,64	-39.243.987,41	107.655.899,10	267.962,35	31.889,87	-4.109.146.627,63	2.196.712.930,19	2.134.961.023,47
<hr/>								
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	582.200,00	582.200,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	253.256,37	67.996,37
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	125.022.314,24	123.247.486,01
-1.663.194,25	0,00	0,00	0,00	0,00	126.897,83	-1.536.296,42	2.145.325,73	2.422.611,63
-1.663.194,25	0,00	0,00	0,00	0,00	126.897,83	-1.536.296,42	128.003.096,34	126.320.294,01
<hr/>								
-3.920.274.446,76	-313.179.745,11	-39.267.407,88	108.977.660,29	0,00	158.787,70	-4.163.585.151,76	2.334.789.423,14	2.270.080.691,50

Bestätigungsvermerk des Abschlussprüfers

An den Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V., Berlin

Wir haben den Jahresabschluss – bestehend aus Bilanz, Gewinn- und Verlustrechnung sowie Anhang – unter Einbeziehung der Buchführung und den Lagebericht des Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V., Berlin, für das Geschäftsjahr vom 1. Januar bis 31. Dezember 2016 geprüft. Die Buchführung und die Aufstellung von Jahresabschluss und Lagebericht nach den deutschen handelsrechtlichen Vorschriften und den ergänzenden Bestimmungen der Vereinssatzung liegen in der Verantwortung des Verwaltungsrats des Vereins. Unsere Aufgabe ist es, auf der Grundlage der von uns durchgeföhrten Prüfung eine Beurteilung über den Jahresabschluss unter Einbeziehung der Buchführung und über den Lagebericht abzugeben.

Wir haben unsere Jahresabschlussprüfung nach § 317 HGB unter Beachtung der vom Institut der Wirtschaftsprüfer festgestellten deutschen Grundsätze ordnungsmäßiger Abschlussprüfung vorgenommen. Danach ist die Prüfung so zu planen und durchzuführen, dass Unrichtigkeiten und Verstöße, die sich auf die Darstellung des durch den Jahresabschluss unter Beachtung der Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung und durch den Lagebericht vermittelten Bildes der Vermögens-, Finanz- und Ertragslage wesentlich auswirken, mit hinreichender Sicherheit erkannt werden. Bei der Festlegung der Prüfungshandlungen werden die Kenntnisse über die Geschäftstätigkeit und über das wirtschaftliche und rechtliche Umfeld des Vereins sowie die Erwartungen über mögliche Fehler berücksichtigt. Im Rahmen der Prüfung werden die Wirksamkeit des rechnungslegungsbezogenen internen Kontrollsysteams sowie Nachweise für die Angaben in Buchführung, Jahresabschluss und Lagebericht überwiegend auf der Basis von Stichproben beurteilt. Die Prüfung umfasst die Beurteilung der angewandten Bilanzierungsgrundsätze und der wesentlichen Einschätzungen des Verwaltungsrats sowie die Würdigung der Gesamtdarstellung des Jahresabschlusses und des Lageberichts. Wir sind der Auffassung, dass unsere Prüfung eine hinreichend sichere Grundlage für unsere Beurteilung bildet.

Unsere Prüfung hat zu keinen Einwendungen geführt.

Nach unserer Beurteilung aufgrund der bei der Prüfung gewonnenen Erkenntnisse entspricht der Jahresabschluss des Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V., Berlin, den gesetzlichen Vorschriften und den ergänzenden Bestimmungen der Vereinssatzung und vermittelt unter Beachtung der Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung ein den tatsächlichen Verhältnissen entsprechendes Bild der Vermögens-, Finanz- und Ertragslage des Vereins. Der Lagebericht steht in Einklang mit dem Jahresabschluss, entspricht den gesetzlichen Vorschriften, vermittelt insgesamt ein zutreffendes Bild von der Lage des Vereins und stellt die Chancen und Risiken der zukünftigen Entwicklung zutreffend dar.

München, den 3. Mai 2017

Deloitte GmbH
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft

Höll
Wirtschaftsprüfer

Süß



04

Strukturen der Max-Planck-Gesellschaft

Structures of the Max Planck Society

Seite 138
Organisatorischer Aufbau der MPG

Page 139
Organizational Structure of the MPS

Seite 140
Ausschüsse des Senats der
Max-Planck-Gesellschaft

Page 140
Committees of the Senate of the
Max Planck Society

Seite 142
Fördernde Mitglieder

Page 142
Supporting Members

Seite 144
Forschungsgruppen Inland

Page 144
Research Groups in Germany

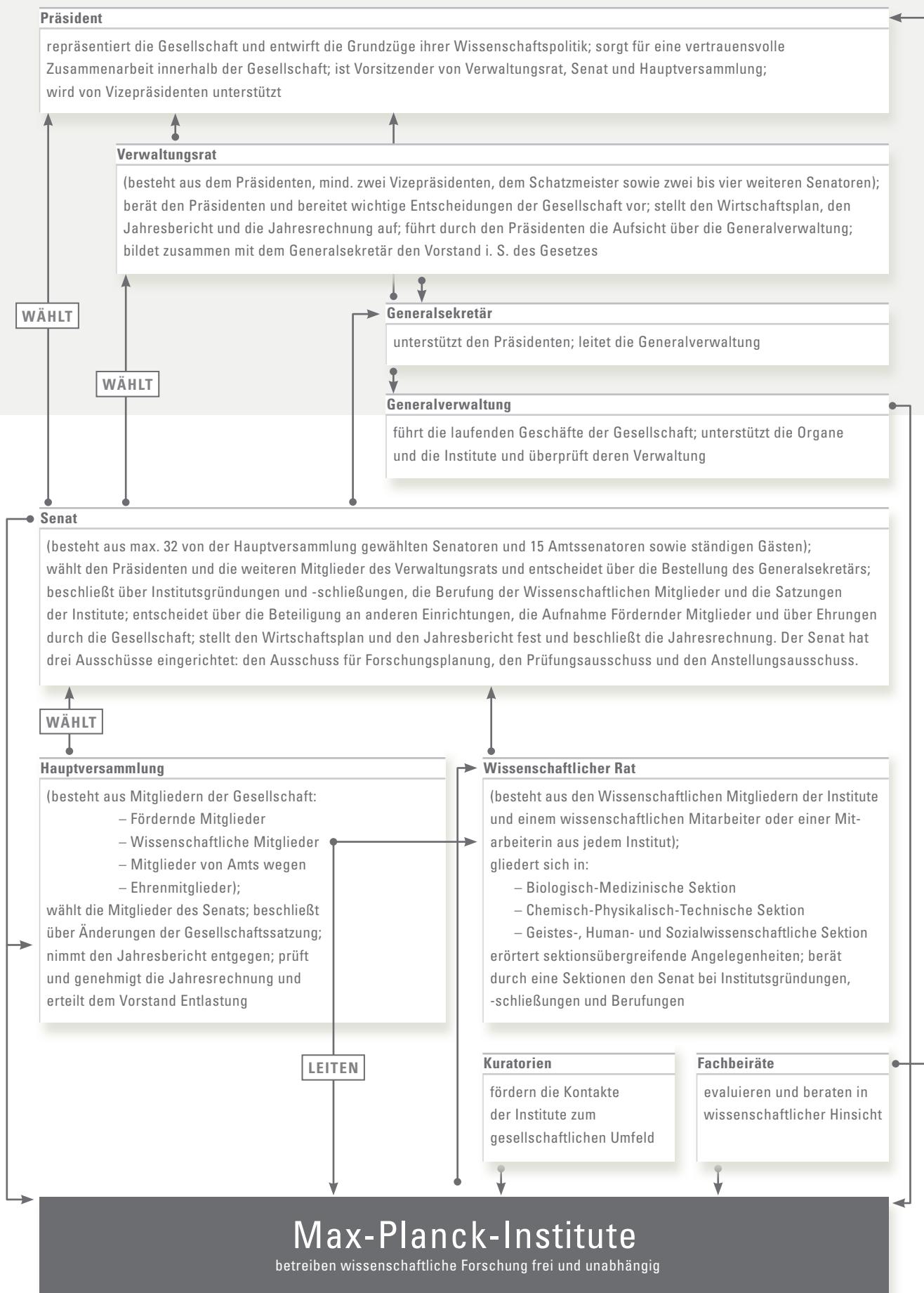
Seite 155
Forschungsgruppen Ausland

Page 155
Research Groups abroad

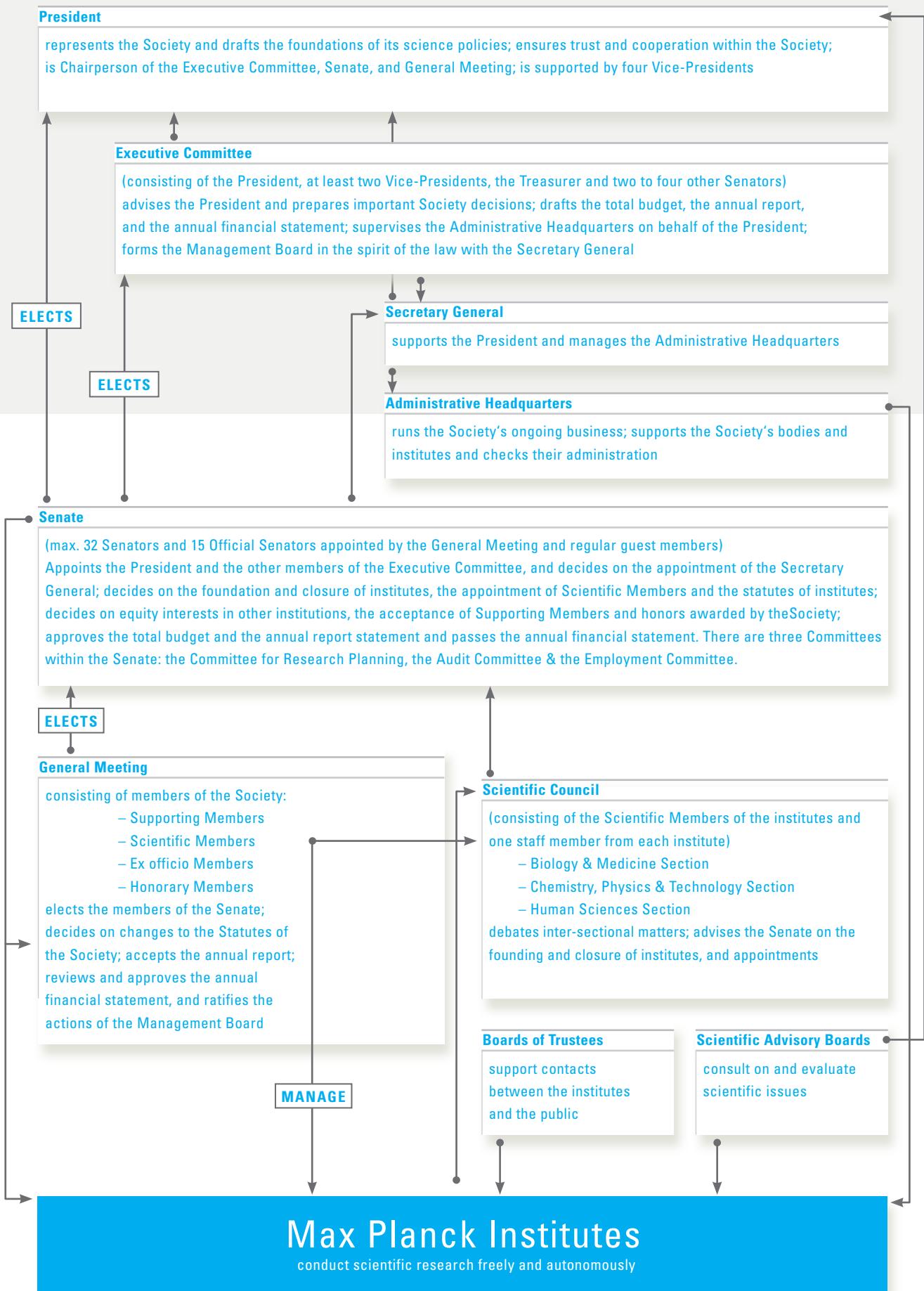
Seite 163
Forschungsstandorte

Page 163
Overview of Research Facilities

Organisatorischer Aufbau der MPG



Organizational Structure of the MPS



Ausschüsse des Senats der Max-Planck-Gesellschaft

Committees of the Senate of the Max Planck Society

Stand: 31. Dezember 2016 | As of: 31. December 2016

SENATSAUSSCHUSS FÜR FORSCHUNGSPLANUNG | SENATE COMMITTEE FOR RESEARCH PLANNING

Vorsitzender | Chairperson

Martin Stratmann, Prof. Dr., Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, München, Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf

Mitglieder von Amts wegen | Ex officio members

Rudolf I. Amann, Prof. Dr., Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie, Bremen, als Vorsitzender der Biologisch-Medizinischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Andreas Barner, Prof. Dr. Dr., Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, Vorsitzender der Unternehmensleitung der C. H. Boehringer Sohn AG & Co. KG, Ingelheim am Rhein, und Präsident des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft e. V., Essen

Eberhard Bodenschatz, Prof. Dr. Dr. h. c., Vorsitzender der Chemisch-Physikalisch-Technischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen

Christoph Engel, Prof. Dr., Vorsitzender der Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaftlichen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern, Bonn

Ute Frevert, Prof. Dr., Vorsitzende des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktorin am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

Angela D. Friederici, Prof. Dr., Vizepräsidentin der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktorin am Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig

Bill S. Hansson, Prof. Dr., Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für chemische Ökologie, Jena

Ludwig Kronthaler, Dr., Generalsekretär der Max-Planck-Gesellschaft, München (seit 1.2.2017 Rüdiger Willem, Generalsekretär (komm.) der Max-Planck-Gesellschaft)

Ariane Leendertz, Dr., Leiterin einer Minerva-Forschungsgruppe am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln, als Vertreterin der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaftlichen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Stefan Marcinowski, Dr., Mannheim, Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, ehemaliges Mitglied des Vorstands der BASF SE

Ferdi Schüth, Prof. Dr., Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft, Wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (rechtsfähige Stiftung), Mülheim an der Ruhr

Udo von Toussaint, Priv.-Doz. Dr., Leiter einer Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, als Vertreter der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Chemisch-Physikalisch-Technischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Carsten T. Wotjak, Dr., Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für Psychiatrie (Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie), München, als Vertreter der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Biologisch-Medizinischen Sektion des Wissenschaftlichen Rates der Max-Planck-Gesellschaft

Vom Senat gewählte Mitglieder | Elected members

Ulrike Beisiegel, Prof. Dr. Dr. h. c., Präsidentin der Universität Göttingen, Göttingen

Henning Kagermann, Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h., Präsident der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Berlin

Anton Losinger, Dr. Dr., Weihbischof des Bistums Augsburg, Augsburg

Andreas Voßkuhle, Prof. Dr., Präsident des Bundesverfassungsgerichts, Karlsruhe

Ulrich Wilhelm, Intendant des Bayerischen Rundfunks, München

Daniel Zajfman, Prof. Dr., Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Kernphysik, Heidelberg, Präsident des Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel

Maciej Zylisz, Prof. Dr. Dr. h. c., President and Executive Director of the Foundation for Polish Science, Warschau, Polen

ANSTELLUNGSAUSSCHUSS DES SENATS | EMPLOYMENT COMMITTEE OF THE SENATE

Franz Fehrenbach, Vorsitzender des Aufsichtsrats der Robert Bosch GmbH, Stuttgart, als Wahlsenator der Max-Planck-Gesellschaft

Berthold Huber, ehem. Erster Vorsitzender der IG Metall, Frankfurt/Main, als Wahlsenator der Max-Planck-Gesellschaft

Reinhard Pöllath, Prof. Dr., Ehrenmitglied des Senats der Max-Planck-Gesellschaft, Rechtsanwalt, Kanzlei P+P Pöllath + Partners, München, als Förderndes Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft

PRÜFUNGSAUSSCHUSS DES SENATS | AUDIT COMMITTEE OF THE SENATE

Clemens Börsig, Prof. Dr., Vorstandsvorsitzender der Deutschen Bank Stiftung, Frankfurt/Main, als Förderndes Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft

Henning Kagermann, Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h., Präsident der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Berlin, als Wahlsenator der Max-Planck-Gesellschaft

Anton Losinger, Dr. Dr., Weihbischof des Bistums Augsburg, Augsburg, als Wahlsenator der Max-Planck-Gesellschaft

Fördernde Mitglieder Supporting Members

Die privatrechtliche Organisationsform der Max-Planck-Gesellschaft als eingetragener Verein ist im Hinblick auf ihren Satzungsauftrag von großer Bedeutung, da sie wesentlich zur wissenschaftlichen Autonomie beiträgt. Die Verankerung in allen Bereichen der Gesellschaft und die Unterstützung durch *Fördernde Mitglieder*, auch als einflussreiche Multiplikatoren und gut vernetzte „Türöffner“, sind deshalb für die Max-Planck-Gesellschaft von großer Bedeutung. Darüber hinaus ermöglichen sie mit ihren privaten Spenden besondere Projekte, für die keine öffentlichen Mittel zur Verfügung stehen.

Am Jahresende 2016 verzeichnete die Max-Planck-Gesellschaft insgesamt 665 *Fördernde Mitglieder*, davon 395 *Personal Fördernde Mitglieder* und 270 *Korporativ Fördernde Mitglieder*. Im Berichtsjahr konnten durch Mitwirkung des Auswahlgremiums unter Vorsitz von Vizepräsidentin Prof. Dr. Angela D. Friederici 18 *Fördernde Mitglieder* neu gewonnen werden:

The fact that the Max Planck Society is a legal entity constituted under private law (an incorporated association) is significant for the objective defined in its Statutes, as this contributes extensively to the scientific autonomy of the Society. Being anchored in all areas of society is therefore vitally important to the Max Planck Society, as is the support from its *Supporting Members* as influential multipliers and well-connected “facilitators”. Moreover, their private donations enable special projects to be realized when there is no public funding available.

At the end of 2016, the Max Planck Society had a total of 665 Supporting Members, of which 395 were *Personal Supporting Members* and 270 *Corporative Supporting Members*. With the support of the selection committee chaired by Vice President Prof. Dr. Angela D. Friederici, 18 Supporting Members were recruited during the reporting year:

PERSÖNLICH FÖRDERNDE MITGLIEDER | PERSONAL SUPPORTING MEMBERS

Prof. Dr. Dr. Ann-Kristin Achleitner	München
Dr. Peter Anton	Krailling
Dr. Klaus Dieterich	Stuttgart
Dipl.-Ing. Andreas Richter	Bornheim
Dipl.-Ing. Boris Schucht	Berlin
Ulrike von Sobbe	Hamburg
Dr. rer. nat. Klaus E. Stinshoff	Dortmund
Dr. Johannes Weidelener LL.M.	Gröbenzell

KORPORATIV FÖRDERNDE MITGLIEDER | CORPORATIVE SUPPORTING MEMBERS

INSTITUTION INSTITUTION	REPRÄSENTANT REPRESENTATIVE	
Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG	Thomas Spangler Technischer Geschäftsführer	Coburg
GFT Technologies SE	Ulrich Dietz CEO	Stuttgart
Gruner + Jahr GmbH & Co. KG	Julia Jäkel CEO	Hamburg
Hauck & Aufhäuser Privatbankiers KGaA	Jochen Lucht Pers. haftender Gesellschafter	Frankfurt/Main
Suhrkamp Verlag AG	Dr. Jonathan Landgrebe Vorstand und Verleger	Berlin
Klaus Tschira Stiftung gGmbH	Beate Spiegel Geschäftsführerin	Heidelberg
Vispiron GmbH	Amir Roughani CEO	München
Wolff & Müller Holding GmbH & Co. KGE	Dr. Alexander Kappes Leiter F & E	Stuttgart
Zurich Gruppe Deutschland	Dr. Alexander Bernert Head of Proposition & Innovation	Bonn
Zwillenberg-Tietz Stiftung	Machla Pistreich Vorsitzende des Vorstands	Berlin

Forschungsgruppen Inland*

Research Groups in Germany*

Seite 144

■ Max-Planck-Forschungsgruppen

Seite 152

■ Forschungsgruppen im Minerva-Programm

Page 144

Max Planck Research Groups

Page 152

Research Groups in the Minerva Program

■ Max-Planck-Forschungsgruppen Max Planck Research Groups

Seit 1969 fördert die Max-Planck-Gesellschaft besonders begabte junge Wissenschaftler im Rahmen von zeitlich befristeten **Max-Planck-Forschungsgruppen**. Die Positionen für Max-Planck-Forschungsgruppenleiter sind begehrte, denn sie bieten jungen, im internationalen Wettbewerb ausgewählten Forscherinnen und Forschern die Möglichkeit, auf der Basis eines begrenzten, aber gesicherten Etats in einer ersten Phase eigenverantwortlicher Forschungstätigkeit die Grundlage für einen erfolgreichen beruflichen Weg als Wissenschaftler zu legen. Mit dem Ziel – unabhängig von bereits etablierten Forschungsfeldern und bestehenden Instituten – junge, innovative Köpfe zu gewinnen, werden seit 2004 Max-Planck-Forschungsgruppen auch themenoffen ausgeschrieben. Die Kandidaten können ihren individuellen Projektvorschlag vorstellen und sollen eine Prioritätsliste mit bis zu drei Max-Planck-Instituten angeben, an denen sie gerne arbeiten würden. Diese Ausschreibungen treffen auf große Resonanz. Um die Attraktivität der bestehenden Modelle und die internationale Sichtbarkeit zu erhöhen, wurde im Jahr 2009 die Möglichkeit des Tenure Tracks auf W2-Ebene geschaffen. Ein Leiter oder eine Leiterin einer Max-Planck-Forschungsgruppe kann mit oder ohne Tenure Track eingestellt werden. Bei hervorragender Qualifikation besteht die Möglichkeit, den mit Tenure Track berufenen Leiter über ein Tenure-Verfahren in eine permanente Position auf W2-Ebene an einem MPI einzuwiesen. Bisher wurden fünf Forschungsgruppenleiter auf eine Tenure-Track-Stelle übernommen.

Stand: 31.12.2016

Since 1969 the Max Planck Society has particularly talented young scientists by means of fixed-term **Max Planck Research Groups**. There is a great deal of competition for the position of head of these groups, as they allow the young researchers selected from the international competition to lay the foundations for a successful scientific career on the basis of a limited but secure budget in the first phase of their independent research activities. Since 2004 the Max Planck Society has advertised Max Planck Research Groups without specifying a specific research focus, with the aim of attracting new innovative researchers from outside established research disciplines and existing institutes. Candidates are allowed to present their own individual project proposal and are asked to list a maximum of three Max Planck Institutes they would like to work at. These advertisements have attracted an overwhelming response. In order to increase the attraction of existing models as well as to enhance the Max Planck Society's international profile, the Society created the option of Tenure Track on a W2 level in 2009. Max Planck Research Group Leaders can be employed on a tenure-track or non-tenure track basis. Scientists with outstanding qualifications who were employed on a tenure-track basis can subsequently be appointed to a permanent position on W2 level via a tenure procedure. To date, five Research Group Leaders have been offered a tenure track position.

As of: 31/12/2016

* im Rahmen zentral finanzierter Programme

* Under centrally financed programmes

INSTITUT INSTITUTE	LEITERIN / LEITER HEAD	FORSCHUNGSTHEMA RESEARCH TOPIC
BIOLOGISCH-MEDIZINISCHE SEKTION BIOLOGY & MEDICINE SECTION		
Biochemie Biochemistry	Christian Bierbaum Karl Duderstadt Carsten Grashoff Stefan Gruber Danna Nedialkova Andreas Pichlmair Frank Schnorrer Thomas Wollert	Molekulare Mechanismen der DNA-Reparatur Molecular mechanisms of DNA repair Struktur und Dynamik molekularer Maschinen Structure and dynamics of molecular machines Molekulare Mechanotransduktion Molecular mechanotransduction Organisation und Dynamik der Chromosomen Chromosome organisation and dynamics Mechanismen der Proteinbiogenese Mechanisms of protein biogenesis Angeborene Immunität Innate immunity Muskelbildung und Muskelfunktion in Drosophila Muscle dynamics and muscle function in drosophila Molekulare Biologie der Membranen und Organellen Molecular membrane and organelle biology
Biologie des Alterns Biology of Aging	Martin Graef Peter Tessarz Dario Riccardo Valenzano Sara Wickström	Effektoren und Regulation der Autophagie während des Alterns Effectors and regulation of autophagy during ageing Chromatin und Altern Chromatin and aging Evolutionäre und Experimentelle Biologie des Alterns Evolutionary and experimental biology of ageing Homeostase und Alterung der Haut Skin homeostasis and ageing
Molekulare Biomedizin Molecular Biomedicine	Kerstin Bartscherer Sebastian Leidel Erik Storkebaum Britta Trappmann Juan M. Vaquerizas	Stammzellen und Regeneration Stem cells and regeneration RNA-Biologie RNA biology Molekulare Neurogenetik Molecular neurogenetic Bioaktive Materialien Bioactive materials Regulatorische Genomik Regulatory genomics
Forschungszentrum Caesar Caesar Research Center	Elmar Behrmann Jakob Macke Marcel Oberländer Johannes Seelig	Strukturelle Dynamik von Proteinen Structural dynamics of proteins Neurale System-Analyse Neural systems analysis „Hirnforschung per Rechner“ In silico brain science Neurale Schaltkreise Neural circuits

INSTITUT INSTITUTE	LEITERIN / LEITER HEAD	FORSCHUNGSTHEMA RESEARCH TOPIC
Biophysikalische Chemie Biophysical Chemistry	Gopalakrishnan Balasubramanian	Ungepaarte Spins in Diamanten und ihre Nutzung für biomedizinische Sensorik Single spins in diamond for novel biomedical sensing and imaging applications
	Henrik Bringmann	Schlaf und Wachsein Sleep and waking
	Thomas P. Burg	Biologische Mikro- und Nanotechnologie Biological micro- and nanotechnology
	Halyna R. Shcherbata	Genexpression und Signalwirkung Gene expression and signaling
Entwicklungsbiologie Developmental Biology	Richard Neher	Biophysik und die Dynamik der Evolution Evolutionary dynamics and biophysics
	Remco Sprangers	NMR-Spektroskopie von großen Molekülkomplexen NMR spectroscopy of large complexes
	Silke Wiesner	Strukturbiologie der Protein-Ubiquitinierung und die Zellpolarität Structural biology of protein ubiquitination and cell polarity
Evolutionsbiologie Evolutional Biology	Duncan Greig	Experimentelle Evolution Experimental evolution
	Tobias Kaiser	Biologische Uhren Biological clocks
	Miriam Liedvogel	Molekulare Grundlagen von Orientierungsmechanismen im Tierreich Molecular mechanisms of animal orientation
Friedrich-Miescher- Laboratorium Friedrich Miescher Laboratory	Yingguang Frank Chan	Adaptive Genomik Adaptive genomics
	Felicity C. Jones	Mechanismen der Divergenz und Artenbildung Adaptive divergence and speciation
	Patrick Müller	Systembiologie der Entwicklung Systems biology of development
Molekulare Genetik Molecular Genetics	Ho-Ryun Chung	Rechnergestützte Epigenomik Computational epigenomics
	Edda Schulz	Regulatorische Netzwerke in Stammzellen Regulatory networks in stem cells
Herz- und Lungenforschung Heart and Lung Research	Michael Potente	Angiogenese und Metabolismus Angiogenesis and metabolism
Hirnforschung Brain Research	Julijana Gjorgjieva	Neuronale Schaltkreise Computation in neural circuits
	Hiroshi Ito	Schaltkreise für Gedächtnis und Navigation Circuits for memory and navigation
	Johannes J. Letzkus	Aktivierung der Zelldifferenzierung Activation to cell fate specification
	Tatjana Tchumatchenko	Theorie der neuronalen Netzwerke Theory of neural dynamics
Immunbiologie und Epigenetik Immunobiology and Epigenetics	Tim Lämmermann	Immunzell-Dynamik und -Kommunikation Dynamics and communication of immune cells
	Valerie Hilgers	RNA-Prozessierung im Nervensystem Alternative RNA processing in the nervous system

INSTITUT INSTITUTE	LEITERIN / LEITER HEAD	FORSCHUNGSTHEMA RESEARCH TOPIC
Max Planck Florida Institute for Neuroscience Max Planck Florida Institute for Neuroscience	Jason M. Christie	Physiologie der Synapsen Synapse physiology
	James Schummers	Molekulare Neurobiologie Molecular neurobiology
	Samuel M. Young, Jr.	Zelluläre Organisation der kortikalen Netzwerke Cellular organization of cortical circuit function
Experimentelle Medizin Experimental Medicine	Robert Güting	Theoretische Neurowissenschaften Theoretical neurosciences
Marine Mikrobiologie Marine Microbiology	Katharina Pahnke	Marine Isotopengeochemie Marine isotope geochemistry
Terrestrische Mikrobiologie Terrestrial Microbiology	Knut Drescher	Bakterielle Biofilme Bacterial biofilms
	Tobias Erb	Biochemie und synthetische Biologie des mikrobiellen Metabolismus Biochemistry and synthetic biology of microbial metabolism
	Lennart Randau	Biologie kleiner, prokaryotischer RNA Prokaryotic small RNA biology
Neurobiologie Neurobiology	Nadine Gogolla	Schaltkreise der Emotionen Circuits for emotion
	Ilona Kadow	Sensorische Neurogenetik Neurogenetics of sensoric perception
	Ruben Portugues	Sensomotorische Kontrolle Sensorimotor control
Ornithologie Ornithology	Maude Baldwin	Evolution sensorischer Systeme Evolution of sensory systems
	Clemens Küpper	Verhaltensgenetik und Evolutionäre Ökologie Behavioural genetics and evolutionary biology
Molekulare Pflanzenphysiologie Molecular Plant Physiology	Arren Bar-Even	Systemischer und synthetischer Stoffwechsel Systems and synthetic metabolism
	Roosa Laitinen	Molekulare Mechanismen der Anpassung bei Pflanzen Molecular mechanisms of adaptation in plants
Pflanzenzüchtungsforschung Plant Breeding Research	Angela Hancock	Molekulare Basis der Adaption Molecular basis of adaption evolution
	Erik Kemen	Biodiversität von Pilzen Biodiversity of fungi
Psychiatrie Psychiatry	Silvia Cappello	Entwicklungsneurobiologie Developmental neurobiology
	Leonhard Schilbach	Soziale Neurowissenschaft Social neuroscience
Stoffwechselforschung Metabolism Research	Sophie M. Steculorum	Neuronale Schaltkreise: Verknüpfung und Funktion Neurocircuit wiring and function
Molekulare Zellbiologie und Genetik Molecular Cell Biology and Genetics	Jochen Rink	Größe und Größenverhältnisse bei der Regeneration von Plattwürmern Scale and proportion during planarian regeneration
	Nadine Vastenhouw	Genregulation über die Entwicklungsspanne Gene regulation during developmental transitions

**INSTITUT
INSTITUTE****LEITERIN / LEITER
HEAD****FORSCHUNGSTHEMA
RESEARCH TOPIC****CHEMISCH-PHYSIKALISCHE SEKTION | CHEMISTRY, PHYSICS & TECHNOLOGY SECTION**

Astronomie Astronomy	Nadine Neumayer	Galaxienzentren Galaxy nuclei
	Annalisa Pillepich	Formation und Evolution von Galaxien – Simulation von Hydrodynamik und Gravitation Understanding the formation and evolution of galaxies with gravity + hydrodynamical cosmological simulations
	Maria Bergemann	Stellare Spektroskopie Stellar spectroscopy
Astrophysik Astrophysics	Sherry Suyu	Kosmologie mit Gravitationslinsen Cosmology and gravitational lensing
	Simona Vegetti	Effekte von Gravitationslinsen Effects of gravitational waves
Biogeochemie Biogeochemistry	Christian Hallmann	Organische Paläobiogeochemie Organic paleobiochemistry
Chemie Chemistry	Kathryn Fitzsimmons	Terrestrische Paläoklimarekonstruktion Terrestrial palaeoclimates
Dynamik und Selbstorganisation Dynamics and Self Organization	Karen Alim	Biologische Physik und Morphogenese Biological physics and morphogenesis
	Viola Priesemann	Theorie neuronaler Systeme Neural systems theory
	Michael Wilczeck	Theorie turbulenter Strömungen Theory of turbulent flows
Festkörperforschung Solid State Research	Andreas Grüneis	Computerorientierte Quantenchemie für Festkörper Computations quantum chemistry for solids
	Philipp Hansmann	Elektronische Struktur korrelierter Materialien Electronic structure of correlated materials
	Sebastian Loth	Dynamik nanoelektronischer Systeme Dynamics of nanoelectrical systems
Fritz-Haber-Institut Fritz Haber Institute	Ralph Ernstorfer	Strukturelle und elektronische Oberflächendynamik Structural and electronic surface dynamics
	Julia Müller-Stähler	Nichtgleichgewichts-Dynamik nach schneller optischer Anregung Nonequilibrium dynamics launched by ultrafast optical excitation
Gravitationsphysik Gravitational Physics	Ulrich Menne	Geometrische Maßtheorie Geometric measure theory
	Frank Ohme	Beobachtung und Simulation von kollidierenden Binärsystemen Binary merger observations and numerical relativity
Intelligente Systeme Intelligent Systems	Andreas Geiger	Autonomes Maschinelles Sehen Autonomous vision
	Philipp Hennig	Probabilistische Numerik Probabilistic numerics
	Alexander Spröwitz	Dynamische Lokomotion Dynamic locomotion

INSTITUT INSTITUTE	LEITERIN / LEITER HEAD	FORSCHUNGSTHEMA RESEARCH TOPIC
Kohlenforschung <i>Kohlenforschung</i>	Bill Morandi	Homogene Katalyse und Reaktionsdesign Homogeneous catalysis and reaction design
Kolloid- und Grenzflächenforschung <i>Colloids and Interfaces</i>	Kerstin Blank	Mechano(bio)chemie Mechano(bio)chemistry
Struktur und Dynamik der Materie <i>Structure and Dynamics of Matter</i>	Melanie Schnell	Manipulation polarer Moleküle durch Mikrowellen Manipulating polar molecules using microwave radiation
Mathematik in den Naturwissenschaften <i>Mathematics in the Natural Sciences</i>	Benjamin Gess	Stochastische partielle Differentialgleichungen Stochastic partial differential equations
Meteorologie <i>Meteorology</i>	Juan Pedro Mellado Gonzalez	Turbulente Mischungsprozesse im Erdsystem Turbulent mixing processes in the earth system
	Dirk Notz	Meereis im Erdsystem Sea ice in the earth system
Mikrostrukturphysik <i>Microstructure Physics</i>	Ingo Barth	Stromtragende Quantendynamik Current-carrying quantum dynamics
Physik <i>Physics</i>	Thomas Grimm	Vereinheitlichung der Partikelphysik und der Geometrie in der String-Theorie Unifying particle physics and geometry in string theory
	Susanne Mertens	Neutrinos und Dunkle Materie mit KATRIN und TRISTAN Neutrinos and dark matter with KATRIN and TRISTAN
Chemische Physik fester Stoffe <i>Chemical Physics of Solids</i>	Elena Hassinger	Magnetismus und Supraleitung in Quantenmaterialien Magnetism and superconductivity in quantum materials
	Philip Moll	Mikrostrukturierte Quanten-Materie Microstructured quantum matter
Physik komplexer Systeme <i>Physics of Complex Systems</i>	Anne Nielsen	Vielkörpersysteme in der Quantenphysik Quantum many-body systems
	Nina Rohringer	Quantenoptik mit Röntgenlicht X-ray quantum optics
Physik des Lichts <i>Science of Light</i>	Frank Vollmer	Biofunktionale Photonik: Lichtfelder zum Studium biologischer Systeme Biofunctional photonics: inventing, constructing and using light fields to study biological systems
Softwaresysteme <i>Software Systems</i>	Björn Brandenburg	Realzeit-Systeme Real-time systems
	Eva Darulová	Automatische Verifikation und Approximation Automated verification and approximation
	Deepak Garg	Grundlagen der Computersicherheit Foundations of computer security
	Manuel Gomez Rodriguez	Maschinelles Lernen und Data Mining Machine learning and data mining
Sonnensystemforschung <i>Solar System Research</i>	Saskia Hekker	Stellare Oszillationen Stellar oscillations
	Maarit Käpylä	Solare und stellare magnetische Aktivität Solar and stellar magnetic activity: observations

**INSTITUT
INSTITUTE****LEITERIN / LEITER
HEAD****FORSCHUNGSTHEMA
RESEARCH TOPIC****GEISTES-, SOZIAL- UND HUMANWISSENSCHAFTLICHE SEKTION | HUMAN SCIENCES SECTION**

Evolutionäre Anthropologie <i>Evolutionary Anthropology</i>	Amanda Henry	Nahrungspflanzen und Ökologie der Ernährung der Homininen <i>Plant foods and hominin dietary ecology</i>
	Kornelius Kupczik	Evolution des Kauapparates und Rolle der Ernährung (MaxPlanck-Weizmann-Zentrum für integrative Archäologie und Anthropologie) <i>Evolution of the human chewing apparatus and role of the diet (Max Planck-Weizmann Center for Anthropology and Archaeology)</i>
	Barbara Treutlein	Genomik an Einzelzellen <i>Single cell genomics</i>
Bildungsforschung <i>Human Development</i>	Azzurra Ruggeri	Informationssuche, ökologisches und aktives Lernen bei Kindern <i>Information search, ecological and active learning research with children</i>
	Sascha Schroeder	Schriftsprachenerwerb und Leseentwicklung <i>Reading education and development</i>
	Annie Wertz	Naturalistische soziale Kognition: Entwicklungs- und evolutionstheoretische Perspektive <i>Naturalistic social cognition: developmental and evolutionary perspectives</i>
Demografische Forschung <i>Demographic Research</i>	Anna Oksuzyan	Geschlechtsunterschiede bei demografischer Gesundheit und Überlebensrate <i>Gender gaps in health and survival</i>
Ethnologische Forschung <i>Social Anthropology</i>	Carolin Görzig	Wie Terroristen lernen <i>How terrorists learn</i>
Erforschung von Gemeinschaftsgütern <i>Research on Collective Goods</i>	Fabian Winter	Mechanismen des normativen Wandels <i>Mechanisms of normative change</i>
Kognitions- und Neurowissenschaften <i>Human Cognitive and Brain Sciences</i>	Roland Benoit	Adaptives Gedächtnis <i>Adaptive Memory</i>
	Stefanie Hoehl	Entwicklung sozialer Kognition <i>Early Social Cognition</i>
	Katharina von Kriegstein	Neuronale Mechanismen zwischenmenschlicher Kommunikation <i>Neuronal mechanisms of human communication</i>
	Daniel S. Margulies	Neuroanatomie und Konnektivität <i>Neuroanatomy & connectivity</i>
Kunsthistorisches Institut Florenz <i>Kunsthistorisches Institut, Florenz</i>	Eva-Maria Troelenberg	Objekte in der Kontaktzone – das Leben der Dinge zwischen Kulturräumen <i>Objects in the contact zone – The cross-cultural life of things</i>
Menschheitsgeschichte <i>Science of Human History</i>	Olivier Morin	Traditionen und Kognition <i>Minds and traditions</i>
Multireligiöse und multiethnische Systeme <i>Study of Religious and Ethnic Diversity</i>	Jeremy Walton	Die kulturelle Politik der Erinnerung in Städten des Habsburger und des osmanischen Reiches <i>Empires of memory: the cultural politics of historicity in former Habsburg and Ottoman cities</i>

INSTITUT INSTITUTE	LEITERIN / LEITER HEAD	FORSCHUNGSTHEMA RESEARCH TOPIC
Europäische Rechtsgeschichte European Legal History	Benedetta Albani	Die Regierung der Universalkirche nach dem Konzil von Trient: päpstliche Verwaltungskonzeptionen und -praktiken am Beispiel der Konzilskongregation The governance of the universal church after the council of Trent: papal administrative principles and practices using the example of the congregation of the council
Psycholinguistik Psycholinguistics	Sonja Vernes	Neurogenetik der Sprache Neurogenetics of language
Wissenschaftsgeschichte History of Science	Viktoria Tkaczyk	Epistemologie der modernen Akustik Epistemes of modern acoustics

■ Forschungsgruppen im Minerva-Programm Research Groups in the Minerva Program

Zur gezielten Förderung ambitionierter Wissenschaftlerinnen gibt es in der Max-Planck-Gesellschaft bereits seit 1996 Sonderprogramme, die sich an besonders qualifizierte Wissenschaftlerinnen richten um erste Führungserfahrung zu sammeln: Im W2-Minerva-Programm der MPG stehen zur Förderung hervorragender Wissenschaftlerinnen zunächst auf fünf Jahre befristete W2-Stellen außerhalb des Stellenplans der Institute zur Verfügung. Die W2-Minerva-Positionen wurden als Karrieresprungbrett für leitende wissenschaftliche Tätigkeiten in Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen konzipiert. Ein Career Tracking im Jahr 2014 bestätigte, dass von 83 Wissenschaftlerinnen, die bis Ende 2013 gefördert wurden, 62 weiterführende Positionen, vielfach hochrangige Leitungspositionen, erlangen konnten.

Um die Veränderungsgeschwindigkeit zur Gewinnung von Frauen in Führungspositionen zu beschleunigen und die Erfahrungswerte der letzten Jahre zu nutzen, ist das Minerva-Programm im Jahr 2014 weiterentwickelt worden. Hinsichtlich der Ausstattung sind die Minerva W2-Gruppen an das Niveau der international renommierten themenoffenen Max-Planck-Forschungsgruppen angeglichen und die Ausschreibungsverfahren zusammengelegt worden. Das Minerva-W2-Programm ist damit in dem Förderprogramm der themenoffenen Max-Planck-Forschungsgruppen aufgegangen.

Since 1996 already, targeted programmes have been established in the Max Planck Society for supporting particularly qualified female scientists in gathering initial management experience: The Max Planck Society's W2 Minerva Programme provides W2 positions for the support of excellent female scientists for an initial duration of 5 years outside the Institutes' plans of established positions. The W2 Minerva positions have been devised as a spring board into scientific managerial positions both in universities and non-university research institutions. In 2014, a career tracking survey confirmed the success of this concept: among 83 female scientists funded up until the end of 2013, 62 had achieved advanced positions, often high-ranking managerial positions.

The Minerva Programme was updated in 2014 with a view to attracting women to managerial positions at a faster pace. Regarding equipment, the Minerva Groups have been adjusted to the level of the internationally renowned open-topic Max Planck Research Groups, and the call for application procedures have been consolidated. Thus, applications at a candidate's own initiative for the Minerva Programme are now possible. The Minerva-W2 program has thus been absorbed in the support program of the open topic Max Planck Research Groups.

**WISSENSCHAFTLERIN
SCIENTIST**

**MAX-PLANCK-INSTITUT
MAX PLANCK INSTITUTE**

**FORSCHUNGSGEBIET
AREA OF RESEARCH**

BIOLOGISCH-MEDIZINISCHE SEKTION | BIOLOGY & MEDICINE SECTION

Fulvia Bono	Entwicklungsbiologie Developmental Biology	Zytoplasmatische Regulation der Genexpression Cytoplasmic regulation of gene expression
Angela Hay	Pflanzenzüchtungsforschung Plant Breeding Research	Die genetische Basis der Evolution des Phänotyps Genetic basis of phenotypic evolution
Manajit Hayer-Hartl	Biochemie Biochemistry	Chaperon-gestützte Proteinfaltung Chaperon-assisted protein-folding
Betty Mohler Tesch	Biologische Kybernetik Biological Cybernetics	Raum- und Körperwahrnehmung Space and body perception
Dagmar Wachten	Forschungszentrum CAESAR (assoziiert) Caesar Research Center (associated)	Signalwege bei der Entwicklung von Spermien Pathways in the development of sperm

CHEMISCH-PHYSIKALISCH-TECHNISCHE SEKTION | CHEMISTRY, PHYSICS & TECHNOLOGY SECTION

Ellen Backus	Polymerforschung Polymer Research	Struktur und Dynamik von Wasser an Grenzflächen Structure and dynamics of water at surfaces
Eva Benckiser	Festkörperforschung Solid State Research	Spektroskopie von Festkörpern Solid state spectroscopy
Yafang Cheng	Chemie Chemistry	Aerosole und regionale Luftqualität Aerosol and regional air quality
Natalie Krivova	Sonnensystemforschung Solar System Research	Solare Variabilität Solar variability
Elisa Manzini	Meteorologie Meteorology	Interaktionen zwischen Stratosphäre und Troposphäre Interactions between stratosphere and troposphere
Anna Mao	Radioastronomie Radioastronomy	Radioastronomische Fundamentalphysik Fundamental physics in radio astronomy
Maria Rodriguez	Gravitationsphysik Gravitational physics	Gravitation und die Theorie Schwarzer Löcher Gravitation and the theory of black holes

**WISSENSCHAFTLERIN
SCIENTIST**

**MAX-PLANCK-INSTITUT
MAX PLANCK INSTITUTE**

**FORSCHUNGSGEBIET
AREA OF RESEARCH**

GEISTES-, SOZIAL- UND HUMANWISSENSCHAFTLICHE SEKTION | HUMAN SCIENCES SECTION

Carolin Behrmann	Kunsthistorisches Institut in Florenz Kunsthistorisches Institut in Florenz	Nomos der Bilder. Manifestation und Ikonologie des Rechts The nomos of images – manifestation and iconology of law
Kirsten Endres	Ethnologische Forschung Social Anthropology	Soziale Transformation, religiöse und rituelle Dynamik, Anthropologie der Emotion, des Geschlechts, der Modernität, der Weltoffenheit in Südostasien, insbesondere Vietnam Social transformation, dynamics of religion and ritual, anthropology of emotions, gender, of modernity in southeast asia, especially in vietnam
Susann Fiedler	Erforschung von Gemeinschaftsgütern Research on Collective Goods	Kognitive Prozesse bei ökonomischer Entscheidungsfindung Cognitive processes in economic decision making
Esther Herrmann	Evolutionäre Anthropologie Evolutionary Anthropology	Vergleich kognitiver Fähigkeiten bei Menschen und anderen Primaten Comparison of cognition and temperament in children and nonhuman great apes
Bettina Hitzer	Bildungsforschung Human Development	Krebs fühlen. Emotionshistorische Perspektiven auf die Krebskrankheit im 20. Jahrhundert Feeling cancer – perspectives of the history of emotions of cancer in 20th Century
Ariane Leendertz	Gesellschaftsforschung Study of Societies	Ökonomisierung des Sozialen und gesellschaftliche Komplexität Economization of the social and the complexity of societies
Elaine Leong	Wissenschaftsgeschichte History of Science	Medizingeschichte in der Frühen Neuzeit History of medicine in the early modern period
Julia Sacher	Kognitions- und Neurowissenschaften Human Cognitive and Brain Sciences	Menstruationszyklus und Gehirn Menstrual rhythm of the brain
Myriam C. Sander	Bildungsforschung Human Development	Entwicklung von Perzeptions- und Gedächtnisprozessen über die Lebensspanne Evolution of perception and memory of the life span
Janet Visagie (geb. Kelso)	Evolutionäre Anthropologie Evolutionary Anthropology	Bioinformatik Bioinformatics

Forschungsgruppen Ausland

Research Groups abroad

■ Seite 155 ■ Partnergruppen	Page 155 Partner Groups
■ Seite 159 ■ Max-Planck-Forschungsgruppen im Ausland	Page 159 Max Planck Research Groups abroad
■ Seite 161 ■ Unabhängige Tandemforschungsgruppen von Max-Planck-Instituten	Page 161 Independent Tandem Research Groups of Max Planck Institutes

■ Partnergruppen

Partner Groups

Partnergruppen sind ein Instrument zur gemeinsamen Förderung von Nachwuchswissenschaftlern mit Ländern, die an einer Stärkung ihrer Forschung durch internationale Kooperationen interessiert sind. Sie können mit einem Institut im Ausland eingerichtet werden, wenn ein exzellerter Nachwuchswissenschaftler oder eine exzellente Nachwuchswissenschaftlerin (Postdoc) im Anschluss an einen Forschungsaufenthalt an einem Max-Planck-Institut wieder an ein leistungsfähiges und angemessen ausgestattetes Labor seines/ihrer Herkunftslandes zurückkehrt und an einem Forschungsthema weiter forscht, welches auch im Interesse des vorher gastgebenden Max-Planck-Instituts steht.

Stand: 31. Dezember 2016

Partner Groups can be established in cooperation with an institute abroad. Following a research visit to a Max Planck Institute, an outstanding junior scientist (postdoc) returns to a well-equipped high-capacity laboratory in his home country and continues his research on a research topic that is also of interest to the previous host Max Planck Institute.

As of 31st December 2016

INSTITUT | INSTITUTE

PARTNERGRUPPE | PARTNERGROUP

ARGENTINIEN | ARGENTINA

MPI für Entwicklungsbiologie
Prof. Dr. Detlef Weigel

Instituto de Agrobiotecnología del Litoral, Santa Fe
Dr. Pablo A. Manavella

MPI für molekulare Pflanzenphysiologie
Prof. Dr. Philippe Bastiaens

Universidad de Buenos Aires
Dr. Hernán Grecco

MPI für Pflanzenzüchtungsforschung
Prof. Dr. George Coupland

Fundación Instituto Leloir, Buenos Aires
Dr. Julieta Mateos

INSTITUT | INSTITUTE**BHUTAN | BHUTAN**

MPI für Ornithologie
Prof. Dr. Martin Wikelski

PARTNERGRUPPE | PARTNERGROUP

Ugyen Wangchuck Institute for Conservation & Environment
Dr. Nawang Norbu

BRASILIEN | BRAZIL

Fritz-Haber-Institut
Prof. Dr. Hans-Joachim Freund
MPI für molekulare Pflanzenphysiologie
Prof. Dr. Lothar Willmitzer
MPI für molekulare Pflanzenphysiologie
Prof. Dr. Lothar Willmitzer

Brazilian Center for Physics Research, Rio de Janeiro
Dr. Fernando Stavale
Departamento de Biologia Vegetal,
Universidade Federal de Viçosa
Dr. Araújo L. Wagner
Brazilian Center for Research in Energy and Materials, Campinas
Dr. Camila Caldana

CHILE | CHILE

MPI für chemische Ökologie
Prof. Dr. Wilhelm Boland
MPI für extraterrestrische Physik
Prof. Dr. Reinhard Genzel

Universidad de la Serena, La Serena
Dr. Marcia Fernanda González-Teuber
Pontificio Universidad Católica de Chile, Santiago
Prof. Jorge Cuadra

CHINA | CHINA

MPI für Astronomie
Hans-Walter Rix
Fritz-Haber-Institut
Prof. Dr. Hans-Joachim Freund
Fritz-Haber-Institut
Prof. Dr. Matthias Scheffler
MPI für Gravitationsphysik
Prof. Dr. Hermann Nicolai
MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung
Prof. Dr. Markus Antonietti
MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung
Prof. Dr. Reinhard Lipowsky
MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung
Prof. Dr. Peter Seeberger
MPI für biologische Kybernetik
Prof. Dr. Nikos Logothetis
MPI für chemische Ökologie
Prof. Ian Baldwin
MPI für Polymerforschung
Prof. Dr. Klaus Müllen
MPI für molekulare Zellbiologie und Genetik
Prof. Dr. Elisabeth Knust

Purple Mountain Observatory, CAS, Nanjing
Prof. Kang Xi
University of Science and Technology, CAS, Hefei
Prof. Lu Junling
University of Science and Technology, CAS, Hefei
Prof. Dr. Ren Xinguo
Institute of Theoretical Physics, CAS, Beijing
Dr. Li Wei
Shao Tong University, Shanghai
Prof. Dr. Li Xin-Hao
State Key Laboratory of Polymer Physics and Chemistry, Changchun
Institute of Applied Chemistry
Dr. Liu Yonggang
Jiangnan University, Wuxi
Dr. Yin Jian
Dalian Institute of Chemical Physics, CAS
Dr. Zhang Xiaozhe
Institute of Botany, CAS, Kunming
Dr. Wu Jianqiang
Jiao Tong University, Shanghai
Prof. Wu Dongqing
Tsinghua University, Beijing
Prof. Liang Xin

INSTITUT | INSTITUTE**INDIEN | INDIA**

MPI für Astrophysik Prof. Rashid Sunyaev	Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai Dr. Rishi Khatri
MPI für Biochemie Prof. Dr. Franz-Ulrich Hartl	Centre for Cellular and Molecular Biology, Hyderabad Dr. Swasti Raychaudhuri
MPI für Biochemie Dr. Elena Conti	Indian Institute of Science Education & Research, Mohali, Chandigarh Dr. Shravan Kumar Mishra
MPI für Chemie Prof. Dr. Ulrich Pöschl	Indian Institute of Technology Madras, Chennai Dr. Sachin Gunthe
MPI für Gravitationsphysik Prof. Dr. Bruce Allen	Tata Institute of Fundamental Research, Bangalore Dr. Parameswaran Ajith
MPI für Gravitationsphysik Prof. Dr. Hermann Nicolai	Institute of Physics, Bhubaneswar Dr. Amitabh Virmani
MPI für Gravitationsphysik Prof. Dr. Bernard Schutz	Indian Institute of Science Education & Research, Trivandrum Dr. Archana Pai
MPI für Herz- und Lungenforschung Dr. Didier Y.R. Stainier	Agharkar Research Institute, Pune Dr. Chinmoy Patra
MPI für Kernphysik Dr. Thomas Pfeifer	Indian Institute of Science Education and Research, Mohali Dr. K.P. Singh
MPI für Kernphysik Dr. Thomas Pfeifer	Indian Institute of Technology Madras, Chennai Prof. Sivarama Krishnan
MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung Prof. Dr. Peter Seeberger	Indian Institute of Technology, Varanasi Dr. Jaykumar Kandasamy
MPI für chemische Ökologie Prof. Dr. Wilhelm Boland	National Centre for Biological Sciences (NCBS), Bangalore Dr. Radhika Venkatesan
MPI für chemische Ökologie Prof. Dr. Wilhelm Boland	National Institute for Plant Genome Research, New Delhi Dr. Jyothilakshmi Vadassery
MPI für Physik Prof. Allen Caldwell	Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai Dr. Basudeb Dasgupta
MPI für Physik komplexer technischer Systeme Prof. Dr. Frank Jülicher	Tata Institute of Fundamental Research, Bangalore Dr. Vijay Kumar Krishnamurthy
MPI für Physik komplexer Systeme Prof. Dr. Roderich Moessner	Indian Association for the Cultivation of Sciences, Kolkata Dr. Arnab Sen
MPI für Polymerforschung Prof. Dr. Katharina Landfester	Indian Institute of Technology, Kharagpur Dr. Amreesh Chandra
MPI für Polymerforschung Prof. Dr. Klaus Müllen	Indian Institute of Technology, Guwahati Dr. K. Parameswar Iyer
MPI für Softwaresysteme Prof. Dr. Rupak Majumdar	Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai Dr. Ashutosh Gupta
MPI für Sonnensystemforschung Prof. Dr. Laurent Gizon	Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai Dr. Shravan Hanasoge
MPI für Sonnensystemforschung Prof. Dr. Sami K. Solanki	Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics, Pune Dr. Durgesh Tripathi
MPI für molekulare Zellbiologie und Genetik Prof. Marino Zerial	Indian Institute of Science Education & Research, Bhopal Dr. Sunando Datta
MPI für molekulare Zellbiologie und Genetik Prof. Marino Zerial	National Center for Biological Sciences, Bangalore Dr. Varadharajan Sundaramurthy

PARTNERGRUPPE | PARTNERGROUP

INSTITUT | INSTITUTE**KOREA | KOREA**

MPI für molekulare Biomedizin
Prof. Dr. Hans Schöler

MPI für molekulare Biomedizin
Prof. Dr. Hans Schöler

MPI für Kognitions- und Neurowissenschaften
Prof. Dr. Angela Friederici

PARTNERGRUPPE | PARTNERGROUP

Ulsan National Institute of Science and Technology, Ulsan
Prof. Dr. Jeong Beom Kim

Konkuk University, Seoul
Prof. Dong Wook Han

Daegu-Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST), Seoul
Hyeon-Ae Jeon, Ph.D.

KROATIEN | CROATIA

MPI für ausländisches und internationales Strafrecht
Prof. Dr. Hans-Jörg Albrecht

The Faculty of Law, University of Zagreb
Prof. Dr. jur. Anna-Maria Getoš Kalac

OSTEUROPA | EASTERN EUROPE

MPI für Chemische Physik fester Stoffe
Prof. Juri Grin / Prof. Dr. Liu Hao Tjeng

Dept. of Chemistry, Moscow State University
Dr. Anastasia Alekseeva

SPANIEN | SPAIN

MPI für molekulare Physiologie
Prof. Dr. Herbert Waldmann

Institute of Advanced Chemistry of Catalonia, Barcelona
Dr. Gemma Triola

SÜDAFRIKA | SOUTH AFRICA

MPI für chemische Ökologie
Prof. Dr. Jonathan Gershenzon

University of Pretoria
Dr. Almuth Hammerbacher

TÜRKEI | TURKEY

MPI für Kernphysik
Prof. Dr. Klaus Blaum

University of Istanbul
Dr. Rabia Burcu Çakırlı

MPI für Polymerforschung
Prof. Dr. Hans-Jürgen Butt

TOBB University of Economics and Technology, Ankara
Prof. Dr. Hatice Duran

UNGARN | HUNGARY

MPI für Quantenoptik
Prof. Dr. Ferenc Krausz

Wigner Research Centre for Physics, Hungarian Academy of Sciences, Budapest
Dr. Péter Dombi

■ Max-Planck-Forschungsgruppen Ausland Max Planck Research Groups abroad

LEITERIN / LEITER HEAD	INSTITUT INSTITUTE	FORSCHUNGSTHEMA RESEARCH TOPIC
FORSCHUNGSGRUPPEN ARGENTINIEN RESEARCH GROUPS ARGENTINA		
Damián Refojo	MPG-CONICET Partnerinstitute for Biomedicine (IBioBA)	Molekulare Neurobiologie Molecular Neurobiology
FORSCHUNGSGRUPPEN CHINA RESEARCH GROUPS CHINA		
WANG Sijia	CAS-MPG Partner Institute for Computational Biology, Shanghai (Max Planck-CAS Paul Gerson Unna Research Group)	Dermatogenomik Dermatogenomics
XU Shuhua	CAS-MPG Partner Institute for Computational Biology, Shanghai (Max Planck-CAS Research Group)	Populationsgenomik Population genomics
FORSCHUNGSGRUPPEN POLEN RESEARCH GROUPS POLAND		
Sebastian Glatt	Małopolska Centre of Biochemistry (MCB) Jagiellonian University (JUK)	Molekulare Mechanismen der transnationalen Kontrolle Molecular mechanism of transnational control

**LEITERIN / LEITER
HEAD**

**INSTITUT
INSTITUTE**

**FORSCHUNGSTHEMA
RESEARCH TOPIC**

FORSCHUNGSGRUPPEN SÜDAFRIKA | SOUTH AFRICA

Alex Sigal

Africa Health Research Institute
(AHRI), Durban

Reservoir der Infektion bei HIV und Tuberkulose
Reservoirs of infection in HIV and tuberculosis

Thunbi Ndung'u

[Africa Health Research Institute,
\(AHRI\) Durban](#)

Antivirale Immunmechanismen und virale
Adaptation bei der HIV-Infektion
*Antiviral immune mechanisms and viral
adaptation in HIV infection*

JUNIOR RESEARCH GROUP, SÜDKOREA | JUNIOR RESEARCH GROUP, SOUTH KOREA

Alexandra Landsman

Pohang University of Science and Technology
Max Planck-POSTECH Center for Attosecond
Science, Pohang
[Pohang University of Science and Technology
Max Planck-POSTECH Center for Attosecond
Science, Pohang](#)

Etheorie der Attosekundenspektroskopie
Theory of attosecond science

**UNABHÄNGIGE FORSCHUNGSGRUPPEN VON MAX-PLANCK-INSTITUTEN: ARGENTINIEN |
INDEPENDENT RESEARCH GROUPS OF MAX PLANCK INSTUTES: ARGENTINA**

Luis Morelli

MPI für molekulare Physiologie
MPI of Molecular Physiology
(Prof. Dr. Phillippe Bastiaens)

MPG-CONICET,
Partner Institute for
Biomedicine (IBioBA)

Informationsverarbeitung in Zellen und Geweben
Information Processing in Cells and Tissues

Lucas Pontel

MPI für Stoffwechselforschung
MPI for Metabolism Research
(Prof. Dr. Jens Brüning)

MPG-CONICET,
Partner Institute for
Biomedicine (IBioBA)

Stoffwechsel von Krebszellen
Cancer Metabolism

■ *Unabhängige Tandem-Forschungsgruppen von Max-Planck-Instituten* *Independent Tandem Research Groups of Max Planck Institutes*

Mit *unabhängigen Tandem-Forschungsgruppen* verstärken und erweitern Max-Planck-Institute ihre bereits bestehenden Kooperationen mit Forschungspartnern in den Ländern Lateinamerikas. Diese Gruppen orientieren sich bezüglich Auswahlverfahren, Struktur und Begutachtung an den Max-Planck-Forschungsgruppen (*Max Planck Research Groups*). Auf der Grundlage eines Kooperationsvertrages erhalten die *Tandem-Gruppen* aus Mitteln der jeweiligen lateinamerikanischen Universität/Förderagentur ein kompetitives Budget für Personal und Forschung sowie entsprechende Labor- und Büroräume, um ein eigenes, unabhängiges Forschungsprogramm umzusetzen. Die Tandem-Gruppenleiter erhalten Zugang zu Infrastruktur, wissenschaftlicher Betreuung und Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlern an den jeweiligen korrespondierenden Max-Planck-Institut. Die Auswahl der Gruppenleiterinnen und -leiter erfolgt über internationale Ausschreibungen in einem zweistufigen Verfahren. Die Laufzeit der Tandem-Gruppen ist auf 5+2 Jahre angelegt, verbunden mit einer abschließenden Qualitätsbewertung und einer tenure track-Option zur Integration des Gruppenleiters in die jeweilige Universität.

With independent Tandem Research Groups, Max Planck Institutes are expanding and reinforcing their existing collaborations with research partners in Latin American countries. These Groups are guided by the Max Planck Research Groups in terms of their selection process, structure and evaluation. With a cooperation contract as their foundation, the Tandem Groups receive a competitive budget for personnel and research, as well as for the requisite laboratories and office spaces. These budgets are financed by the respective Latin American partner university/funding agency, and enable the Groups to implement their own independent research programme. The Tandem Group Leaders are granted access to infrastructure, scientific supervision and training of junior scientists at the respective corresponding Max Planck Institute. Group Leaders are selected through international calls for applications in a two-stage recruitment process. The duration of Tandem Groups is set at 5+2 years, including a final quality evaluation and a tenure track option to integrate the Group Leader at the partner University on a permanent basis.

LEITERIN / LEITER
HEADINSTITUT
INSTITUTEFORSCHUNGSTHEMA
RESEARCH TOPIC

KOLUMBIEN | COLOMBIA

Maria del Pilar Lemos Ortega	MPI für Infektionsbiologie MPI for Infection Biology (Prof. Dr. h.c. h.c. Stefan H.E. Kaufmann)	Mukosale Immunologie Mucosal Immunology
Frank Avila	MPI für Infektionsbiologie MPI for Infection Biology (Prof. Dr. Elena A. Levashina)	Reproduktionsbiologie von Moskitos Mosquito Reproductive Biology
Pilar Cossio Tejada	MPI für Biophysik MPI of Biophysics (Prof. Dr. Gerhard Hummer)	Biophysik von Tropenkrankheiten Biophysics of tropical diseases
Jahir Orozco Holguín	MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung MPI of Colloids and Interfaces (Prof. Dr. Peter Seeberger)	Nanobioengineering Nanobioengineering
Camilo Aponte Santamaría	MPI für medizinische Forschung MPI for Medical Research (Prof. Dr. Joachim Spatz)	Computergestützte Biophysik Computational Biophysics
Alejandro Reyes Munoz	MPI für Entwicklungsbiologie MPI for Developmental Biology (Honorarprof. Dr. Ruth Ley)	Computergestützte Biologie und mikrobielle Ökologie Computational Biology and Microbial Ecology
Miguel Rábago Dorbecker	MPI für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht MPI for Comparative Public Law and International Law (Prof. Dr. Armin von Bogdandy)	Transformation des öffentlichen Rechts in Lateinamerika Transformation of the Public Law in Latin America

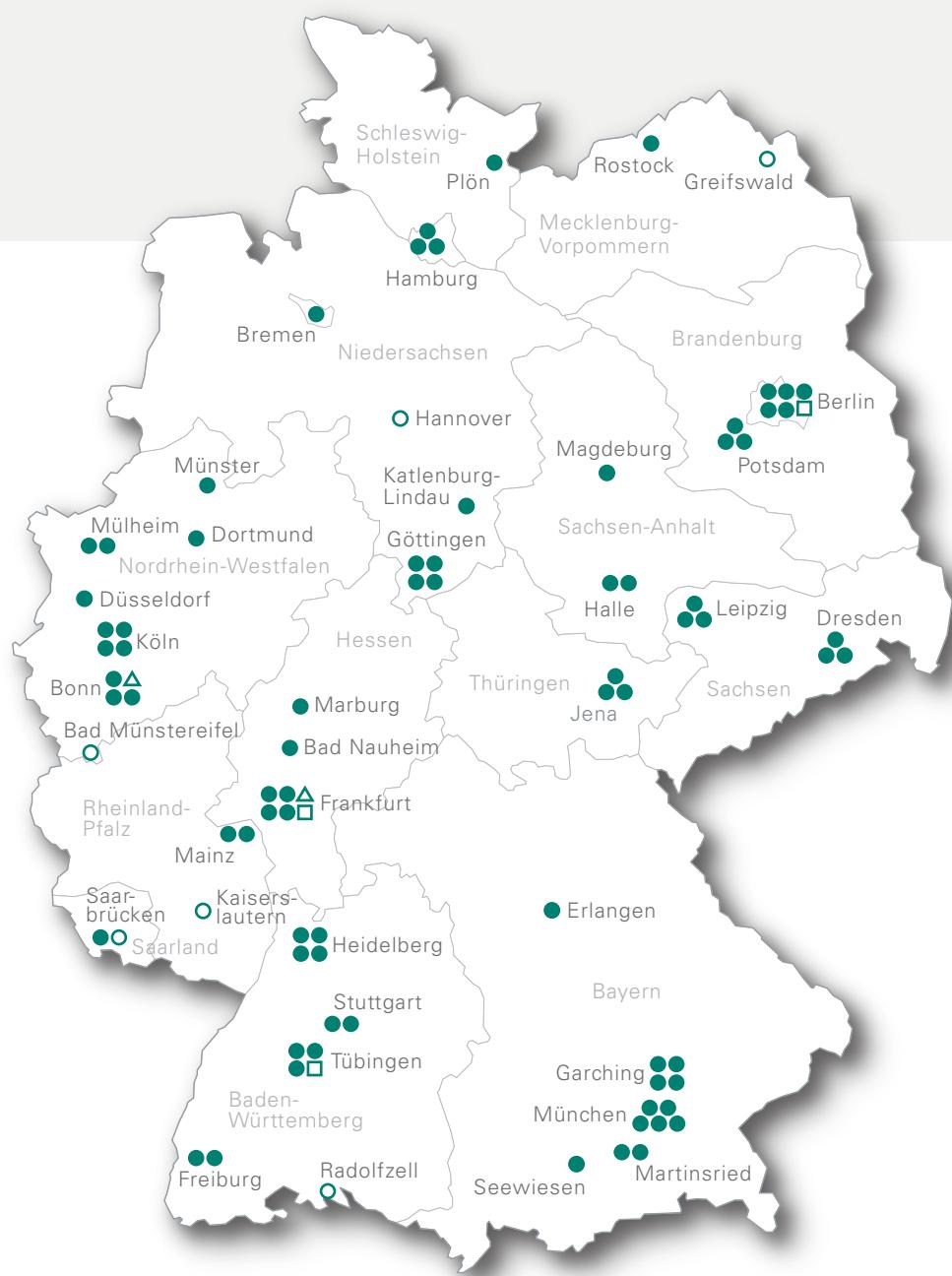
CHILE | CHILE

Johan Olofsson	MPI für Astronomie MPI for Astronomy (Prof. Dr. Thomas Henning)	Evolution zirkumstellarer Scheiben Evolution of circumstellar discs
Chiayu Chiu (Ms)	Max Planck Florida Institute for Neuroscience (Prof. Dr. David Fitzpatrick)	Experimentelle und Computergestützte Neurowissenschaften Experimental and Computational Neuroscience
Rodrigo Suárez	MPI für Hirnforschung MPI for Brain Research (Dr. Moritz Helmstaedter)	Evolution des Gehirns und Entwicklung Brain evolution and development

Standorte der Forschungseinrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft

Sites of the Research Institutions within the Max Planck Society

Stand: 1. März 2017 | As of 1st March 2017



- Institut / Forschungsstelle | [Institute / Research center](#)
 - Teilinstitut / Außenstelle | [Subinstitute / Branch](#)
 - Sonstige Forschungseinrichtung | [Other research institution](#)
 - △ Assoziierte Forschungseinrichtung | [Associated Research Institute](#)

- Bad Münstereifel**
- Radio-Observatorium Effelsberg
(Außenstelle des MPI für Radioastronomie, Bonn)
 - Effelsberg Radio Observatory (branch of the MPI for Radio Astronomy, Bonn)**
- Bad Nauheim**
- MPI für Herz- und Lungenforschung
MPI for Heart and Lung Research
- Berlin**
- MPI für Bildungsforschung
 - Fritz-Haber-Institut der MPG
 - MPI für molekulare Genetik
 - MPI für Infektionsbiologie
 - MPI für Wissenschaftsgeschichte
 - MPF für die Wissenschaft der Pathogene
MPI for Human Development
Fritz Haber Institute of the MPS
MPI for Molecular Genetics
MPI for Infection Biology
MPI for the History of Science
MPU for the Science of Pathogens
- Bonn**
- MPI zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern
 - MPI für Mathematik
 - MPI für Radioastronomie
(Außenstelle s. Bad Münstereifel)
 - △ Forschungszentrum caesar
MPI for Research on Collective Goods
MPI for Mathematics
MPI for Radio Astronomy (for branch see Bad Münstereifel)
Caesar research center
- Bremen**
- MPI für marine Mikrobiologie
MPI for Marine Microbiology
- Dortmund**
- MPI für molekulare Physiologie
MPI for Molecular Physiology
- Dresden**
- MPI für Physik komplexer Systeme
 - MPI für Chemische Physik fester Stoffe
 - MPI für molekulare Zellbiologie und Genetik
MPI for the Physics of Complex Systems
MPI for the Chemical Physics of Solids
MPI of Molecular Cell Biology and Genetics
- Düsseldorf**
- MPI für Eisenforschung GmbH
MPI for Iron Research GmbH
- Erlangen**
- MPI für die Physik des Lichts
MPI for the Science of Light
- Frankfurt am Main**
- MPI für Biophysik
 - MPI für Hirnforschung
 - MPI für empirische Ästhetik
(im Aufbau)
 - MPI für europäische Rechtsgeschichte
 - △ Ernst Strüngmann Institut
 - MPF für Neurogenetik
MPI of Biophysics
MPI for Brain Research
MPI for empirical Aesthetics (under construction)
MPI for European Legal History
Ernst Strüngmann Institute
MPRU for Neurogenetics
- Freiburg**
- MPI für Immunbiologie und Epigenetik
 - MPI für ausländisches und internationales Strafrecht
MPI for Immunobiology and Epigenetics
MPI for Foreign and International Criminal Law
- Garching**
- MPI für Astrophysik
 - MPI für extraterrestrische Physik
 - MPI für Plasmaphysik
(s. auch Greifswald)
 - MPI für Quantenoptik
MPI for Astrophysics
MPI for Extraterrestrial Physics
MPI for Plasma Physics
(see also Greifswald)
MPI for Quantum Optics
- Göttingen**
- MPI für biophysikalische Chemie
 - MPI für Dynamik und Selbstorganisation
 - MPI zur Erforschung multireligiöser und multiethnischer Gesellschaften
 - MPI für experimentelle Medizin
 - MPI für Sonnensystemforschung
MPI for Biophysical Chemistry
MPI for Dynamics and Self-Organization
MPI for the Study of Religious and Ethnic Diversity
MPI for Experimental Medicine
MPI for Solar System Research
- Greifswald**
- Teilinstitut Greifswald des MPI für Plasmaphysik, Garching
Greifswald sub-institute of the MPI for Plasma Physics, Garching
- Halle an der Saale**
- MPI für ethnologische Forschung
 - MPI für Mikrostrukturphysik
MPI for Social Anthropology
MPI for Microstructure Physics

Hamburg	Köln Cologne	Martinsried b. München
<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Meteorologie ● MPI für ausländisches und internationales Privatrecht ● MPI für Struktur und Dynamik der Materie <p>MPI for Meteorology MPI for Comparative and International Private Law MPI for the Structure and Dynamics of Matter</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Biologie des Alterns ● MPI für Gesellschaftsforschung ● MPI für Stoffwechselforschung ● MPI für Pflanzenzüchtungsforschung <p>MPI for Biology of Ageing MPI for the Study of Societies MPI for Metabolism Research MPI for Plant Breeding Research</p>	<p>Martinsried nr. Munich</p> <ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Biochemie ● MPI für Neurobiologie <p>MPI of Biochemistry MPI of Neurobiology</p>
Hannover Hanover	Leipzig	Mülheim an der Ruhr
<ul style="list-style-type: none"> ○ Teilinstitut Hannover des MPI für Gravitationsphysik, Potsdam <p>Hanover sub-institute of the MPI for Gravitational Physics, Potsdam</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für evolutionäre Anthropologie ● MPI für Kognitions- und Neurowissenschaften ● MPI für Mathematik in den Naturwissenschaften <p>MPI for Evolutionary Anthropology MPI for Human Cognitive and Brain Sciences MPI for Mathematics in the Sciences</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion ● MPI für Kohlenforschung (rechtsfähige Stiftung) <p>Max Planck Institute for Chemical Energy Conversion MPI of Coal Research (independent foundation)</p>
Heidelberg	Magdeburg	München Munich
<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Astronomie ● MPI für Kernphysik ● MPI für medizinische Forschung ● MPI für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht <p>MPI for Astronomy MPI for Nuclear Physics MPI for Medical Research MPI for Comparative Public Law and International Law</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Dynamik komplexer technischer Systeme <p>MPI for the Dynamics of Complex Technical Systems</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Innovation und Wettbewerb ● MPI für Physik ● MPI für Psychiatrie ● MPI für Sozialrecht und Sozialpolitik ● MPI für Steuerrecht und Öffentliche Finanzen <p>MPI for Innovation and Competition MPI for Physics MPI of Psychiatry MPI for Social Law and Social Policy MPI for Tax Law and Public Finance</p>
Jena	Mainz	Münster
<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Biogeochemie ● MPI für chemische Ökologie ● MPI für Menschheitsgeschichte <p>MPI for Biogeochemistry MPI for Chemical Ecology MPI for the Science of Human History</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Chemie (Außenstelle Manaus, Brasilien) ● MPI für Polymerforschung <p>MPI for Chemistry (for branch see Manaus) MPI for Polymer Research</p>	<p>Münster</p> <ul style="list-style-type: none"> ● MPI für molekulare Biomedizin <p>MPI for Molecular Biomedicine</p>
Kaiserslautern	Marburg	Plön
<ul style="list-style-type: none"> ○ Teilinstitut des MPI für Software-systeme (s.a. Saarbrücken) <p>Sub-institute of the MPI for Software Systems (see Saarbrücken)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für terrestrische Mikrobiologie <p>MPI for Terrestrial Microbiology</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Evolutionsbiologie <p>MPI of Evolutionary Biology</p>
		Potsdam
		<ul style="list-style-type: none"> ● MPI für Gravitationsphysik (Teilinstitut s. Hannover) ● MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung ● MPI für molekulare Pflanzenphysiologie <p>MPI for Gravitational Physics (for sub-institute see Hanover) MPI of Colloids and Interfaces MPI for Molecular Plant Physiology</p>

Radolfzell

- MPI für Ornithologie, Seewiesen,
Teilinstitut Radolfzell
- [MPI for Ornithology, Radolfzell](#)

Rostock

- MPI für demografische Forschung
- [MPI for Demographic Research](#)

Saarbrücken

- MPI für Informatik
 - Teilinstitut des MPI für Software-
systeme (s.a. Kaiserslautern)
- [MPI for Computer Science](#)
[Sub-institute of the MPI for Software
Systems \(see Kaiserslautern\)](#)

Seewiesen

- MPI für Ornithologie
(Teilinstitut s. Radolfzell)
- [MPI for Ornithology](#)
[\(for sub-institute see Radolfzell\)](#)

Stuttgart

- MPI für Festkörperforschung
 - MPI für Intelligente Systeme
- [MPI for Solid State Research](#)
[MPI for Intelligent Systems](#)

Tübingen

- MPI für Entwicklungsbiologie
 - MPI für Intelligente Systeme
 - MPI für biologische Kybernetik
 - Friedrich-Miescher-Laboratorium für
biologische Arbeitsgruppen in der MPG
- [MPI for Developmental Biology](#)
[MPI for Intelligent Systems](#)
[MPI for Biological Cybernetics](#)
[Friedrich Miescher Laboratory of
the Max Planck Society](#)

STANDORTE IM AUSLAND**SITES ABROAD****Jupiter, Florida / USA**

- Max Planck Florida Institute
for Neuroscience
- [Max Planck Florida Institute
for Neuroscience](#)

Florenz, Italien

- Kunsthistorisches Institut
in Florenz – MPI
- [Kunsthistorisches Institut
in Florenz – MPI](#)

Luxemburg-Stadt, Luxemburg

- Max Planck Institute Luxembourg for
International, European and Regulatory
Procedural Law
- [Max Planck Institute Luxembourg for
International, European and Regulatory
Procedural Law](#)

Nijmegen, Niederlande

- MPI für Psycholinguistik
- [MPI for Psycholinguistics](#)

Rom, Italien

- Biblioteca Hertziana –
- [MPI für Kunstgeschichte](#)
[Biblioteca Hertziana –](#)
[MPI for Art History](#)

Manaus, Brasilien

- Außenstelle Manaus / Amazonas
des MPI für Chemie, Mainz
- [Branch of the MPI for Chemistry, Mainz](#)

