

A close-up portrait of a middle-aged man with short, graying hair, wearing black-rimmed glasses and a blue patterned shirt. He has a goatee and is looking directly at the camera with a slight smile. The background is blurred, showing what appears to be a laboratory setting with shelves and equipment.

Condensates – Cell Droplets as Biochemical Minilaboratories

Kondensate – Zelltröpfchen als biochemische Mini-Labore



Körper European Science Prize 2022

Körper-Preis für die Europäische Wissenschaft 2022

4 Preface
Vorwort

12 The Project
Das Projekt

32 The Prize Winner
Der Preisträger

34 Tatjana König About the Körper Prize
Tatjana König über den Körper-Preis

36 The Committees
Die Gremien

38 Körper Prizes Since 1985
Körper-Preise seit 1985

Opening Borders

Grenzen öffnen

Science opens borders—that is a conviction that is currently being put to a serious test. It is not only the maxim “change through trade” that today is being subject to a type of disillusionment by “realpolitik,” but also its parallel in the realm of science—namely the firm belief in “change through exchange”—is experiencing a rough landing on the hard ground of new foreign policy realities. The widespread optimism that exchange and cooperation in science and research would contribute to an improved togetherness of people and cultures and thus ultimately generate a unifying force is being replaced by the insight that wishes and reality may have been all too naively confused. Even our benefactor Kurt A. Körber was pervaded by the desire for international understanding in the realm of science when he first announced the creation of the Körber European Science Prize in the middle of the 1980s. This was not the least important reason for the stipulation that the distinguished teams of researchers—both men and women—must consist of members from both Western and Eastern Europe: rapprochement through the rules for awarding a science prize, so to speak.

Is a pessimism molded by realpolitik, however, really the order of the day and our only sensible alternative? It is certain that Russia's attack on Ukraine demands a clear and unequivocal answer, which can only consist in the freezing of all scientific relations, at least at the institutional level. Yet it is just as clear that there will now not be any way back behind the internationalization of science and research—the crises caused by the pandemic and climate change, to name just two, draw this unmistakably to our attention. Our next steps must very pragmatically be to strengthen a European science area that stands up for the freedom of science, and on the other hand to forgo cooperation where this freedom is being restricted. Such pragmatism will also have to dispassionately consider where—despite any competition in the realms of power and values—exchange in the interest of global well-being is the lesser evil. This is no attractive perspective for science, but one where it can learn from foreign policy, which has always been in this predicament.

Science opens borders—this is true, beyond all political complications, first and above all with regard to the limits to our knowledge. Research is the unremitting attempt to overcome these borders and then to extend them. It is precisely

Wissenschaft öffnet Grenzen – das ist eine Überzeugung, die aktuell ernsthaft auf die Probe gestellt wird. Nicht nur die Maxime ‚Wandel durch Handel‘ erfährt gerade eine Art realpolitische Ernüchterung, sondern auch ihre Schwester im Reich der Wissenschaft, der feste Glaube an ‚Wandel durch Austausch‘, landet unsanft auf dem Boden neuer außenpolitischer Realitäten. Der verbreitete Optimismus, Austausch und Kooperation in Wissenschaft und Forschung würden zum besseren Miteinander von Menschen und Kulturen beitragen und so letztlich eine völkerverbindende Kraft entfalten, weicht der Einsicht, hier möglicherweise Wunsch und Wirklichkeit allzu blauäugig verwechselt zu haben. Auch unser Stifter Kurt A. Körber war von dem Wunsch nach Völkerverständigung im Medium der Wissenschaft durchdrungen, als er Mitte der 80er Jahre den Körber-Preis für die Europäische Wissenschaft ins Leben rief. Nicht zuletzt deshalb war es eine Bedingung, dass den damals ausgezeichneten Teams Forscherinnen und Forscher aus West- und aus Osteuropa gemeinsam angehören mussten – Annäherung durch Vergabebedingungen eines Wissenschaftspreises sozusagen.

Aber ist ein realpolitisch gewendeter Pessimismus nun tatsächlich das Gebot der Stunde und die einzig sinnvolle Alternative? Sicherlich erfordert der Angriff Russlands auf die Ukraine eine klare und unmissverständliche Antwort, die nur im Einfrieren aller Wissenschaftsbeziehungen zumindest auf institutioneller Ebene bestehen kann. Aber ebenso klar ist auch, dass es keinen Weg zurück hinter die Internationalisierung von Wissenschaft und Forschung geben wird – allein Pandemie und Klimawandel, um nur zwei der großen Krisen zu nennen, führen uns das unmissverständlich vor Augen. Es wird also zunächst darauf ankommen, ganz pragmatisch einen europäischen Wissenschaftsraum zu stärken, der für die Freiheit der Wissenschaft eintritt, und umgekehrt dort auf Kooperation zu verzichten, wo diese Freiheit eingeschränkt wird. Ein solcher Pragmatismus wird auch ganz nüchtern in Betracht ziehen müssen, wo Austausch trotz Macht- und Wertekonkurrenz im Interesse des globalen Wohls das kleinere Übel ist. Keine schöne Perspektive für die Wissenschaft, aber eine, die man von der Außenpolitik lernen kann, die schon immer in diesem Dilemma steckt.

Wissenschaft öffnet Grenzen – das gilt, ganz jenseits aller politischen Verwicklungen, zunächst und vor allem für die Grenzen unserer Erkenntnis.



Matthias Mayer

this overcoming of borders in science that the Körber Prize honours year after year. For selection of the recipient of the honour, it is indifferent whether the research sees itself as applied or basic. At issue is its pioneering character or, as Körber himself once formulated it, its “contribution to improving our living conditions.”

This year we are honouring Anthony Hyman, a researcher who has truly extended our understanding of the processes in cells by a completely new dimension. His discovery that molecules within cells can organize themselves into condensates, as he has named them, describes not only a previously unknown state of biological matter. It also promises to enlighten us about the causes of neurodegenerative diseases such as Alzheimer's and ALS and, in consequence, about new paths to therapy. A striking example of pioneering research that overcomes the borders of basic and applied science in a sovereign manner: for this Anthony Hyman deserves our sincere congratulations!

Our thanks go to the committees behind the Prize and to the Chairman of the Trustee Committee, Professor Martin Stratmann. Together they not only make a decisive contribution to the success and reputation of the Prize, but succeed every year once again in identifying Prize winners of the format of Anthony Hyman. And they ensure that Körber's hopes are being satisfied in noticeable fashion, namely that the “‘Prize Promoting European Science’ finds its most difficult yet most gratifying task precisely in the rediscovery of a common European solidarity of science.”

“Science opens borders—this is true, beyond all political complications, first and above all with regard to the limits to our knowledge.”

„Wissenschaft öffnet Grenzen – das gilt, ganz jenseits aller politischen Verwicklungen, zunächst und vor allem für die Grenzen unserer Erkenntnis.“

Forschung ist der unaufhörliche Versuch, diese Grenzen zu überschreiten und dann auch zu verschieben. Genau diese ‚grenzüberschreitende‘ Wissenschaft ist es, die der Körber-Preis Jahr für Jahr auszeichnet, und dabei ist es dann auch gleichgültig, ob sie sich als angewandte oder als Grundlagenforschung versteht, es geht um ihren Pioniercharakter oder, wie es Körber selbst formulierte, um „Wissenschaft, die einen Beitrag zur Verbesserung unserer Lebensbedingungen leistet“.

Mit Anthony Hyman ehren wir in diesem Jahr einen Forscher, der unser Verständnis der Vorgänge in Zellen tatsächlich um eine völlig neue Dimension erweitert hat. Seine Entdeckung, dass sich Moleküle innerhalb der Zelle zu von ihm so genannten Kondensaten organisieren können, beschreibt nicht nur einen bis dato unbekanntem Zustand biologischer Materie, sondern verspricht auch Aufklärung über die Ursachen neurodegenerativer Erkrankungen wie Alzheimer und ALS und in der Konsequenz dann auch neue Wege zu deren Therapie. Ein schlagendes Beispiel für die Grenzen von Grundlagen und Anwendung souverän überschreitende Pionierforschung – dafür gilt Anthony Hyman unser ganz herzlicher Glückwunsch!

Unser Dank gilt den Gremien des Preises und dem Vorsitzenden unseres Kuratoriums, Professor Martin Stratmann, denn sie tragen nicht nur maßgeblich zum Erfolg und Renommee des Preises bei, sondern schaffen es jährlich aufs Neue, Preisträgerinnen und Preisträger vom Format Anthony Hymans zu identifizieren. Und sie sorgen dafür, dass sich Körbers Hoffnung zusehends erfüllt, dass nämlich „gerade in der Wiederentdeckung einer gemeinsamen europäischen Wissenschafts-Solidarität der ‚Förderpreis für die europäische Wissenschaft‘ seine schwerste, aber lohnendste Aufgabe findet“.

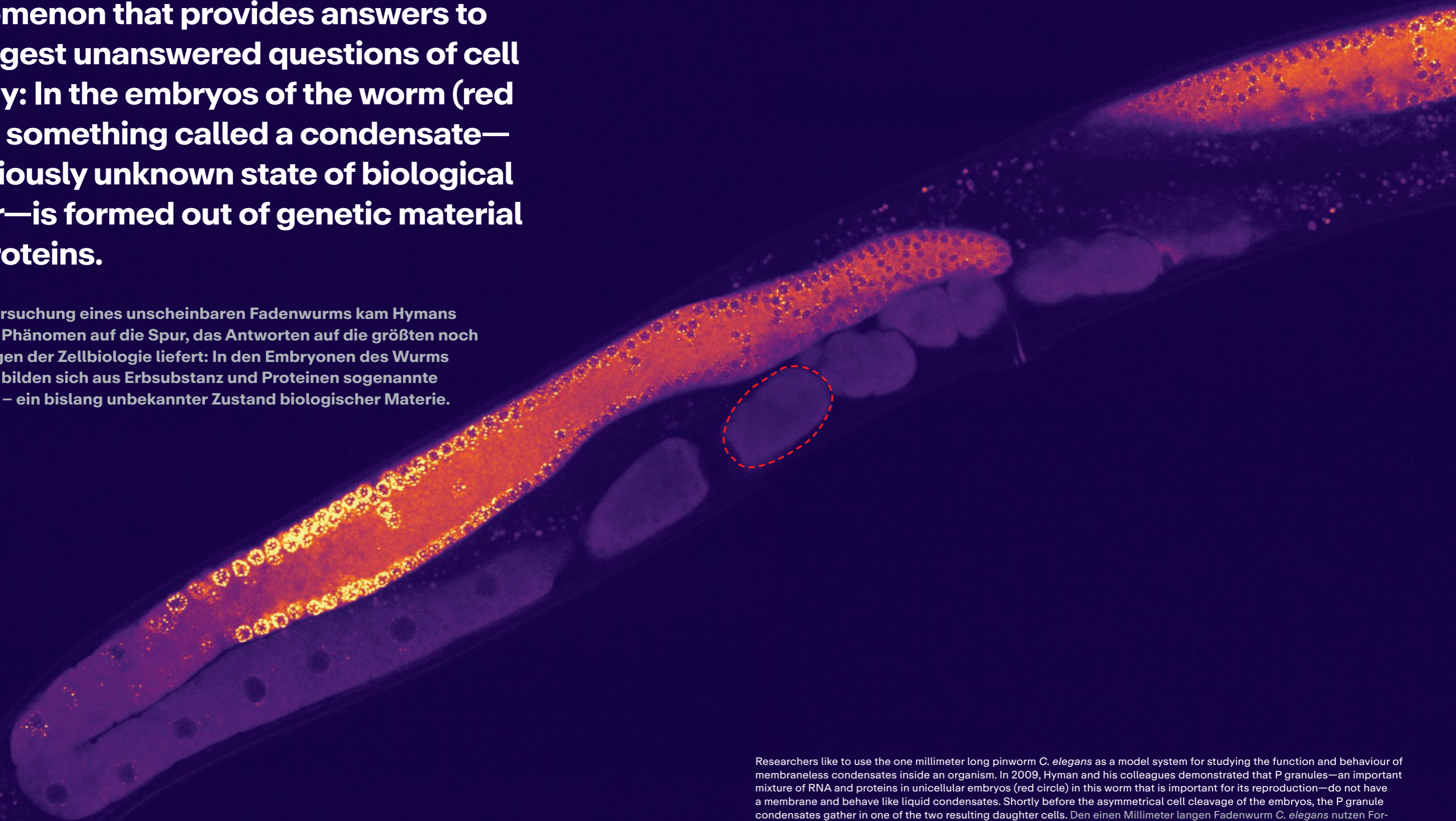
Matthias Mayer

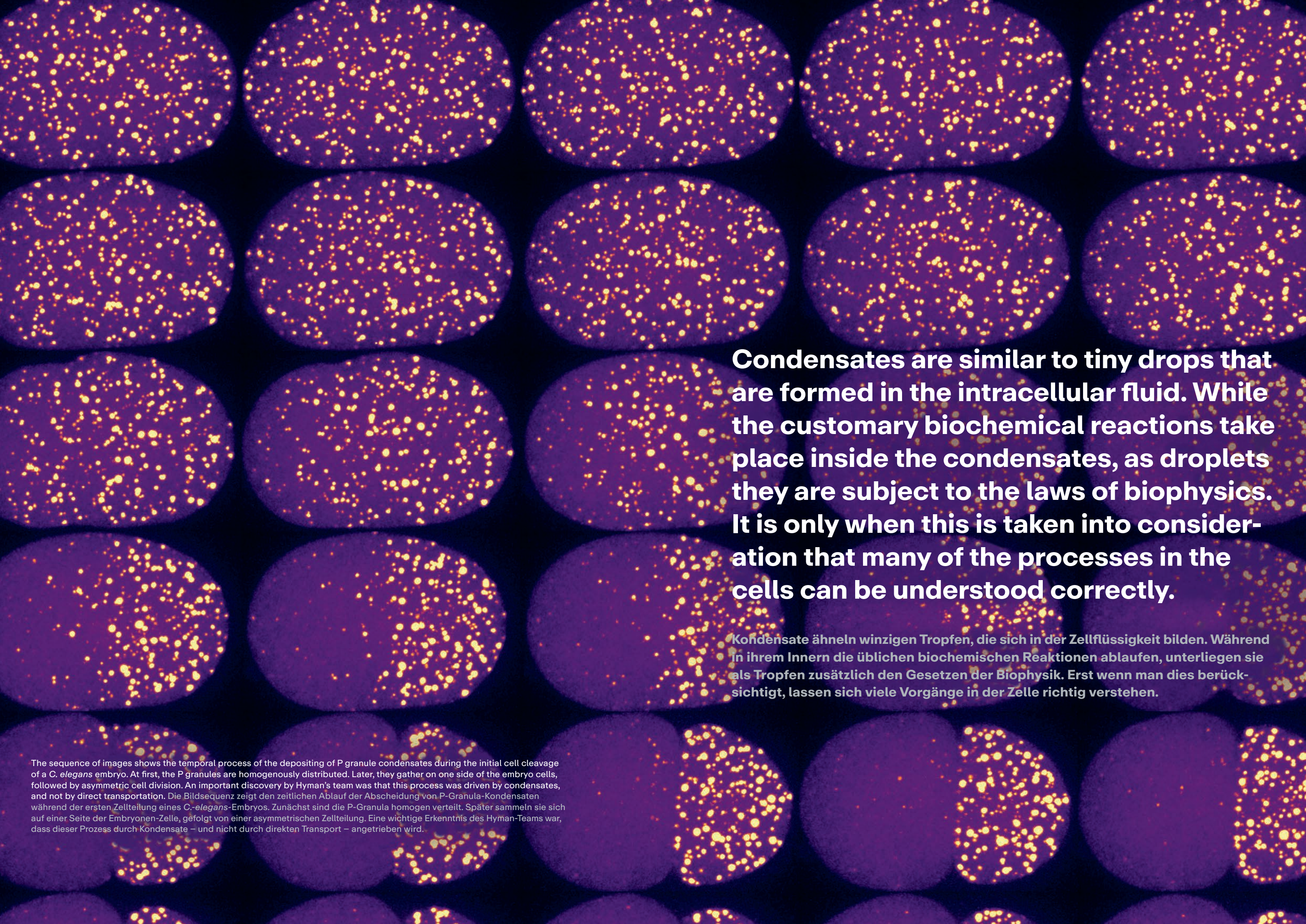
Head of Department Science | Leiter des Bereichs Wissenschaft der Körber-Stiftung

While studying an inconspicuous pinworm, Hyman's team came across signs of a phenomenon that provides answers to the largest unanswered questions of cell biology: In the embryos of the worm (red circle) something called a condensate—a previously unknown state of biological matter—is formed out of genetic material and proteins.

Bei der Untersuchung eines unscheinbaren Fadenwurms kam Hyman's Team einem Phänomen auf die Spur, das Antworten auf die größten noch offenen Fragen der Zellbiologie liefert: In den Embryonen des Wurms (roter Kreis) bilden sich aus Erbsubstanz und Proteinen sogenannte Kondensate – ein bislang unbekannter Zustand biologischer Materie.

Researchers like to use the one millimeter long pinworm *C. elegans* as a model system for studying the function and behaviour of membraneless condensates inside an organism. In 2009, Hyman and his colleagues demonstrated that P granules—an important mixture of RNA and proteins in unicellular embryos (red circle) in this worm that is important for its reproduction—do not have a membrane and behave like liquid condensates. Shortly before the asymmetrical cell cleavage of the embryos, the P granule condensates gather in one of the two resulting daughter cells. Den einen Millimeter langen Fadenwurm *C. elegans* nutzen Forschende gern als Modellsystem, um die Funktion und das Verhalten von membranlosen Kondensaten innerhalb eines Organismus zu untersuchen. 2009 hatten Hyman und Kolleg:innen nachgewiesen, dass P-Granula – ein für die Fortpflanzung wichtiges Gemisch aus RNA und Proteinen in einzelligen Embryonen (roter Kreis) dieses Wurms – keine Membran besitzen und sich wie flüssige Kondensate verhalten. Kurz vor der asymmetrischen Zellteilung der Embryonen sammeln sich die P-Granula-Kondensate in einer der beiden entstehenden Tochterzellen.






Condensates are similar to tiny drops that are formed in the intracellular fluid. While the customary biochemical reactions take place inside the condensates, as droplets they are subject to the laws of biophysics. It is only when this is taken into consideration that many of the processes in the cells can be understood correctly.

Kondensate ähneln winzigen Tropfen, die sich in der Zellflüssigkeit bilden. Während in ihrem Innern die üblichen biochemischen Reaktionen ablaufen, unterliegen sie als Tropfen zusätzlich den Gesetzen der Biophysik. Erst wenn man dies berücksichtigt, lassen sich viele Vorgänge in der Zelle richtig verstehen.

The sequence of images shows the temporal process of the depositing of P granule condensates during the initial cell cleavage of a *C. elegans* embryo. At first, the P granules are homogenously distributed. Later, they gather on one side of the embryo cells, followed by asymmetric cell division. An important discovery by Hyman's team was that this process was driven by condensates, and not by direct transportation. Die Bildsequenz zeigt den zeitlichen Ablauf der Abscheidung von P-Granula-Kondensaten während der ersten Zellteilung eines *C.-elegans*-Embryos. Zunächst sind die P-Granula homogen verteilt. Später sammeln sie sich auf einer Seite der Embryonen-Zelle, gefolgt von einer asymmetrischen Zellteilung. Eine wichtige Erkenntnis des Hyman-Teams war, dass dieser Prozess durch Kondensate – und nicht durch direkten Transport – angetrieben wird.



The discoveries made in condensate research hold promise for the development of novel therapies for neurodegenerative diseases such as Alzheimer's and ALS. Condensate research also throws new light on the origin of life on our planet.

Die Erkenntnisse aus der Kondensatforschung versprechen neuartige Therapien für neurodegenerative Krankheiten wie Alzheimer und ALS. Auch auf die Entstehung des Lebens auf unserem Planeten wirft die Kondensatforschung neues Licht.

The Hyman team was also able to study condensate formation in a test tube, as shown here in a purified solution of protein in which phase separation was completed. The composite image shows an emulsion of water and oil, which contains fluorescently marked condensates of a P granule protein. Such *in vitro* studies make it possible for the team to examine phase separation behaviour in a more controlled environment than in unicellular worm embryos. Das Hyman-Team konnte die Kondensatbildung auch im Reagenzglas studieren – hier bei einer gereinigten Proteinlösung, in der sich die Phasentrennung vollzog. Das Kompositbild zeigt eine Wasser-Öl-Emulsion, die fluoreszierend markierte Kondensate eines P-Granula-Proteins enthält. Solche *In-vitro*-Studien ermöglichen es dem Team, das Phasentrennungsverhalten in einer kontrollierteren Umgebung zu untersuchen als in einzelligen Wurm-Embryonen.

Condensates – Cell Droplets as Biochemical Minilaboratories

Kondensate – Zelltröpfchen als biochemische Mini-Labore

In 2009, the British cell biologist Anthony Hyman and his team discovered—while studying unicellular embryos of a pin- or threadworm—a completely new state of biological matter: proteins can gather in high concentration locally in the intracellular fluid. These “condensates” resemble tiny drops that are subject to, among other things, the laws of biophysics. In contrast to other organelles, condensates are not surrounded by an isolating membrane. The strongly elevated concentration of protein inside them provides the stimulus for biochemical reactions that would not be possible outside them. Condensates are formed dynamically, sometimes within seconds, and they usually also dissolve rapidly. During disturbances of their dissolution, which are often age dependent, toxic materials can be deposited in the affected cells, which can trigger degenerative diseases such as ALS or Alzheimer’s. Hyman is searching for new medications that could heal these diseases.

Der britische Zellbiologe Anthony Hyman und sein Team entdeckten 2009 – bei Studien an einzelligen Embryonen eines Fadenwurms – einen völlig neuen Zustand biologischer Materie: In der Zellflüssigkeit können sich örtlich Proteine in hoher Konzentration ansammeln. Diese „Kondensate“ ähneln winzigen Tropfen, die unter anderem den Gesetzen der Biophysik unterliegen. Im Gegensatz zu anderen Zell-Organellen sind Kondensate nicht von einer begrenzenden Membran umgeben. Die stark erhöhte Proteinkonzentration in ihrem Innern regt biochemische Reaktionen an, die außerhalb nicht möglich wären. Kondensate bilden sich dynamisch, teils in Sekundenschnelle, und werden meist auch schnell wieder abgebaut. Bei – oft altersbedingten – Störungen des Abbaus können sich in betroffenen Zellen toxische Stoffe ablagern, die degenerative Krankheiten wie ALS oder Alzheimer auslösen. Hyman sucht nach neuen Medikamenten, die diese Krankheiten heilen könnten.





Although research into condensates—kicked off by Hyman’s ground-breaking discovery in 2009—is still in its infancy, it is now the fastest growing pioneering field in cell biology. Condensates hold the key to some of the biggest unanswered questions in this field. Researchers in hundreds of laboratories around the world are trying to find leads to understanding the secrets of the complex molecular interactions in the droplets. Pharmaceutical research is also heavily involved—in the hope of being able to use drugs to influence condensate formation and to cure diseases such as Alzheimer’s or ALS (amyotrophic lateral sclerosis). The cause of disease in each case is condensates that have congealed into toxic deposits.

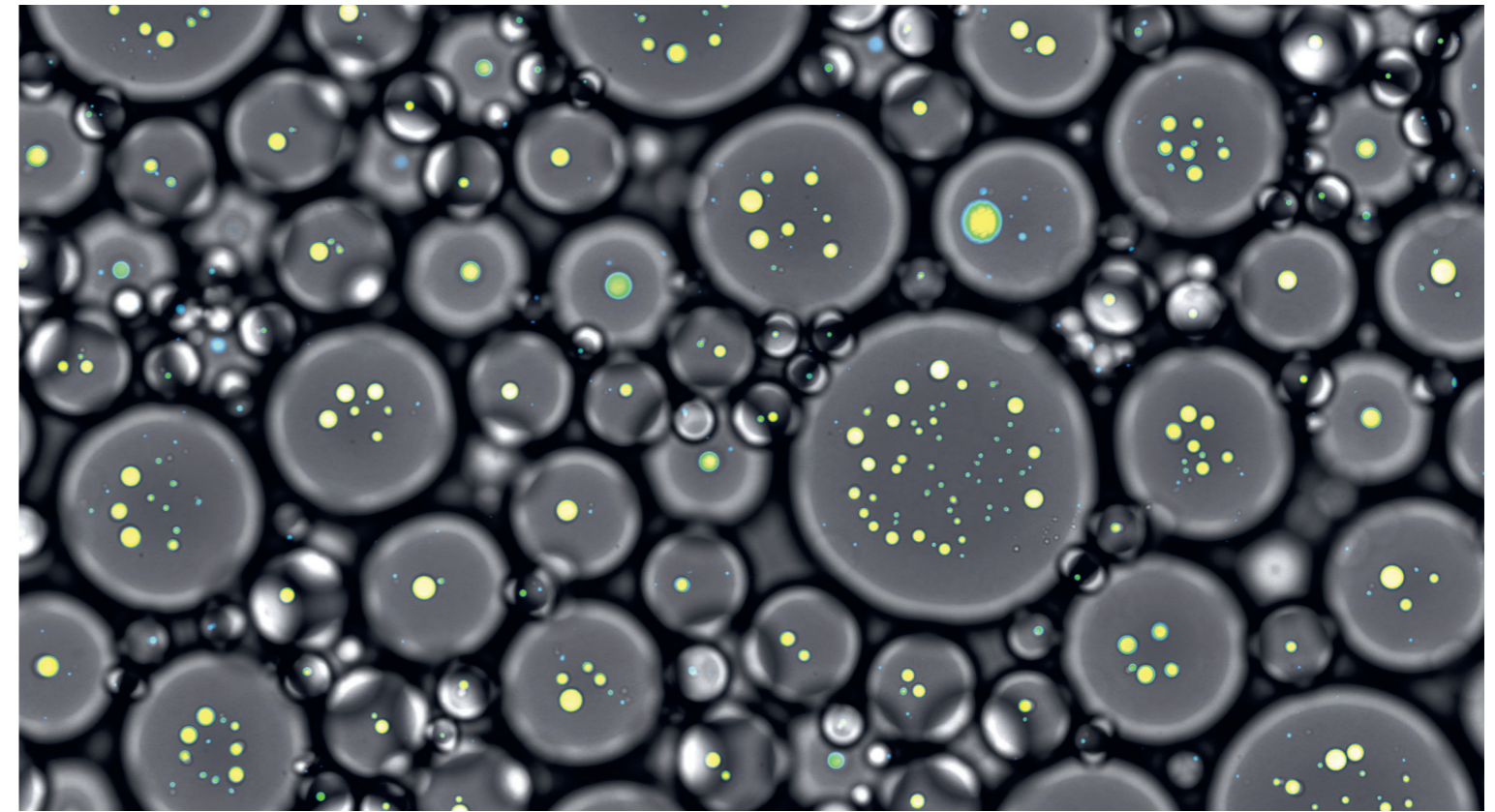
Anthony Hyman, 60, was born in the Israeli city of Haifa. After studying zoology in Britain at the University of Cambridge, he was awarded his doctorate at King’s College in 1988 for his work on embryonic cell division in the pinworm *Caenorhabditis elegans*. He then went to the University of California in San Francisco as a postdoctoral researcher. In 1993, Hyman became a group leader at the European Molecular Biology Laboratory in Heidelberg. In 1999, he was one of the founding members of the Max Planck Institute of Molecular Cell Biology and Genetics (MPI-CBG) in Dresden, which he continues to head together with a team of directors. He has been a Fellow of the British Royal Society since 2007, an international member of the American National Academy of Sciences since 2020, and a member of the National Academy of Sciences Leopoldina since 2021.

Die Erforschung der Kondensate – angestoßen durch Hyman’s bahnbrechende Entdeckung im Jahr 2009 – steckt noch in den Anfängen, ist aber inzwischen das am schnellsten wachsende Pioniergebiet der Zellbiologie. Kondensate bergen den Schlüssel zu einigen der größten offenen Fragen dieses Fachgebiets. In weltweit Hunderten Laboren versuchen Forschende, den Geheimnissen der komplexen Molekülinteraktionen in den Tröpfchen auf die Spur zu kommen. Auch die Pharmaforschung ist stark engagiert – in der Hoffnung, Kondensatbildung mittels Arzneien beeinflussen und Krankheiten wie Alzheimer oder Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) kurieren zu können. Krankheitsursache sind in beiden Fällen zu toxischen Abscheidungen erstarrte Kondensate.

Anthony Hyman, 60, wurde in der israelischen Stadt Haifa geboren. Nach dem Studium der Zoologie an der britischen University of Cambridge promovierte er 1988 am King’s College über embryonale Zellteilungen des Fadenwurms *Caenorhabditis elegans*. Als Postdoc ging er an die University of California in San Francisco. 1993 wurde Hyman Gruppenleiter am Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie in Heidelberg. 1999 war er eines der Gründungsmitglieder des Max-Planck-Instituts für molekulare Zellbiologie und Genetik (MPI-CBG) in Dresden, das er bis heute gemeinsam mit einem Direktor:innenteam leitet. Seit 2007 ist er Fellow der britischen Royal Society, seit 2020 internationales Mitglied der amerikanischen National Academy of Sciences sowie seit 2021 Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina.

Hyman likes to compare condensates with the residents of a village. Like villagers who may work as a baker or a farmer, the former have different functions and work at different locations.

Kondensate vergleicht Hyman gerne mit den Bewohner:innen eines Dorfes: wie diese arbeiten sie als Bäcker oder Landwirtin an unterschiedlichen Orten mit unterschiedlichen Funktionen.



P granule proteins in a water-oil emulsion. *In vitro* studies such as these make it possible to conduct particularly well controlled experiments. P-Granula-Proteine in einer Wasser-Öl-Emulsion: *In-vitro*-Studien wie diese ermöglichen besonders gut kontrollierbare Experimente.

Hyman likes to use the example of a village to explain the scientific significance of condensate research. The villagers work in different places, such as in a bakery or a produce shop. Cells are organized in a similar way. The proteins and RNA of a cell work together in certain areas of a cell, such as the condensates, where they carry out different functions.

Interdependence of Biochemistry and Physics

Correspondingly, Hyman's approach to research is more complicated than a traditional one. While the molecules in condensates interact biochemically, as is customary, the droplets are also subject to the laws of physics. They are formed during what is called a phase change, similar to when water turns into ice in the cold. The increased protein concentration in the condensates—up to one hundred times as high—means that the density of the condensates is also increased. Their behaviour is then similar to that of droplets of oil in vinaigrette. Oil and vinegar cannot be completely mixed together. If you let such a dressing stand, the oil droplets that were separated by the energy from stirring then combine bit by bit to form larger drops, until after a couple of hours all of the oil is at the top. The cause of the formation of oil droplets is that oil

Die wissenschaftliche Bedeutung der Kondensatforschung erklärt Hyman gern am Beispiel eines Dorfes: Die Dorfbewohner:innen arbeiten an unterschiedlichen Orten, etwa in der Bäckerei oder im Gemüseladen. In ähnlicher Weise sind Zellen organisiert. Proteine und RNA einer Zelle arbeiten in bestimmten Zellbereichen zusammen, darunter den Kondensaten, und erfüllen dort unterschiedliche Funktionen.

Wechselwirkung von Biochemie und Physik

Hymans Forschungsansatz ist dementsprechend komplizierter als der traditionelle: Während die Moleküle in den Kondensaten wie üblich biochemisch wechselwirken, unterliegen die Tröpfchen zusätzlich den Gesetzen der Physik. Sie bilden sich durch einen sogenannten Phasenübergang – ähnlich wie Wasser bei Kälte zu Eis wird. Die bis zu hundertfach höhere Proteinkonzentration in den Kondensaten bewirkt, dass deren Dichte zunimmt. Sie verhalten sich dann ähnlich wie Öltröpfchen in einer Vinaigrette. Öl und Essig lassen sich nicht perfekt vermischen. Lässt man das Dressing stehen, fügen sich die durch die Energie des Rührens getrennten Öltröpfchen nach und nach zu größeren Tropfen zusammen, bis nach ein paar Stunden das gesamte Öl oben schwimmt. Ursache der

molecules feel particularly attracted by others like themselves. Their affinity to one another is stronger than that between molecules of vinegar. The difference in affinity drives the phase separation.

A similar observation led to the discovery of condensates in 2009. The physicist Clifford Brangwynne, who was then in Hyman's team at the Dresden Max Planck Institute, was examining single cell embryos of the pinworm *Caenorhabditis elegans*. Prior to an embryo's first division, P granules form in the intracellular fluid, and according to the academic opinion of the time P granules consisted of thick clumps of protein and RNA. Brangwynne however determined that these P granules behaved more like runny honey. They joined together and then partially separated again, similar to the swirling wax in lava lamps in the 1970s. Just shortly prior to the asymmetric division of the ovum, the P granules localize as a denser mass to one side. Brangwynne and Hyman concluded from this that P granules are liquid and, as condensate, represent a fundamental new state of biological matter. In fact, they soon also identified such condensates in many other organisms.

Hyman and his interdisciplinary team subsequently developed an entire arsenal of methods for observing condensates and for better understanding their function. "We combine concepts from molecular biology, physical chemistry, and soft

Öltröpfchenbildung ist, dass Ölmoleküle sich von ihresgleichen besonders stark „angezogen fühlen“. Sie haben eine höhere Affinität zueinander als zu Essigmolekülen. Der Unterschied in den Affinitäten treibt die Phasentrennung voran.

Eine ähnliche Beobachtung führte 2009 zur Entdeckung der Kondensate. Der Physiker Clifford Brangwynne, damals in Hymans Team am Dresdner Max-Planck-Institut, untersuchte einzellige Embryonen des Fadenwurms *Caenorhabditis elegans*. In deren Zellflüssigkeit bilden sich vor der ersten Teilung sogenannte P-Granula – nach damaliger Lehrmeinung dichte Klumpen aus Proteinen und RNA. Brangwynne stellte jedoch fest, dass sich diese P-Granula eher wie dünnflüssiger Honig verhielten. Sie fügten sich zusammen und trennten sich teils auch wieder – ähnlich wie waberndes Wachs in den Lava-Lampen der 1970er Jahre. Erst kurz vor der asymmetrischen Teilung der Eizelle schieden sich die P-Granula an einer Seite als dichtere Masse ab. Brangwynne und Hyman schlossen daraus, dass P-Granula Flüssigkeiten sind – und als Kondensate einen grundlegend neuen Zustand biologischer Materie repräsentieren. Tatsächlich fanden sie solche Kondensate bald auch in vielen anderen Organismen.

Hyman und sein interdisziplinäres Team entwickelten in der Folgezeit ein ganzes Arsenal an Methoden, um Kondensate zu beobachten und ihre



Buffer solutions for the purification of proteins for biochemical experiments
Pufferlösungen zur Aufreinigung von Proteinen für biochemische Experimente

matter physics,” the Prize winner explains. Even the terminology of this multidisciplinary approach presents a challenge. Each of the different areas of science has its own language. Sometimes they employ different expressions to say the same thing, and sometimes they employ the same expression for different things. “It is a difficult but fascinating problem,” says Hyman. “Our goal is to identify the connection between the collective properties of liquids—such as viscosity and surface tension—and the interaction between individual molecules.”

Hyman also refers to condensates as complex liquids: “It begins with the fact that proteins diffuse freely in the intracellular fluid. Then there is a signal that stimulates the phase separation. This is when proteins separate out of the aqueous medium and form a liquid of their own.” Furthermore, the chemical-physical conditions have to be right: Whether condensates are formed depends, among other factors, on the pH values (degree of acidity), the salinity, and the temperature.

Cellular Division of Labour: A Driver of Evolution

Why are condensates formed at all in cells, how do they arise, and which functions do they serve? To understand this, it is necessary to make a digression into the early history of evolution. The first living beings arose in the primordial ocean some 3.7 billion years ago; according to the conventional understanding, these were unicellular organisms similar to bacteria. These “prokaryotes” already had an external cell membrane but not a cell nucleus of its own. It was only later in the course of evolution—presumably by the symbiotic merger of two (or more) of

Funktion besser zu verstehen. „Wir kombinieren Konzepte der Molekularbiologie, der physikalischen Chemie und der Physik der weichen Materie“, erklärt der Preisträger. Der fachübergreifende Ansatz ist schon von der Terminologie her eine Herausforderung. Die Wissenschaftsbereiche haben jeweils eigene Sprachen. Manchmal verwenden sie unterschiedliche Formulierungen, um das Gleiche auszudrücken, und manchmal verwenden sie gleiche Formulierungen für Unterschiedliches. „Es ist ein schwieriges, aber faszinierendes Problem“, sagt Hyman. „Unser Ziel ist, kollektive Eigenschaften von Flüssigkeiten – wie Viskosität und Oberflächenspannung – mit der Interaktion individueller Moleküle in Verbindung zu bringen.“

Hyman bezeichnet die Kondensate auch als komplexe Flüssigkeiten: „Es beginnt damit, dass Proteine in der Zellflüssigkeit frei herumdiffundieren. Dann gibt es ein Signal, das die Phasentrennung anregt. Nun separieren sich die Proteine aus dem wässrigen Medium und bilden eine eigene Flüssigkeit.“ Zudem müssen die chemisch-physikalischen Bedingungen stimmen: Ob sich Kondensate bilden, hängt unter anderem vom pH-Wert (Säuregrad), dem Salzgehalt und der Temperatur ab.

Arbeitsteilung in der Zelle trieb die Evolution voran

Warum bilden sich in Zellen überhaupt Kondensate, wie entstehen sie, und welche Aufgaben erfüllen sie? Um dies zu verstehen, ist ein Exkurs in die Frühgeschichte der Evolution erforderlich: Im Urmeer entstanden vor etwa 3,7 Milliarden Jahren die ersten Lebewesen – gemäß klassischem Verständnis einzellige Organismen, die Bakterien ähneln. Diese



Anthony Hyman speaking with Anatol Fritsch, a postdoc of his research group
Anthony Hyman im Gespräch mit Anatol Fritsch, einem Postdoktoranden seiner Forschungsgruppe



Lab utensils to pipette small amounts for experimental studies
Laborutensilien zum Pipettieren kleiner Volumina für experimentelle Arbeit

these primordial cells—that complex cells arose with their own cell nucleus, the eukaryotes. Eukaryotic cells can be found in all plants and animals.

The cell nucleus that arose in eukaryotes forms a new subdivision (a compartment) in a cell. It is enclosed in its own membrane, so that the processes inside it, such as the reading of DNA, are protected against disturbances from other processes in the cytoplasm. Many other organelles also possess their own external membranes, such as mitochondria, called the power plants of the cells.

It was in this way that a spatial division of labour arose in cells, similar to in Hyman's village model in which the residents pursue their different respective activities. Without this division of labour it would have been impossible for complex organisms (multicellular organisms such as animals and humans) to even develop during evolution. Eukaryotic cells accomplish more, can handle more tasks at one time, and metabolic reactions are accelerated.

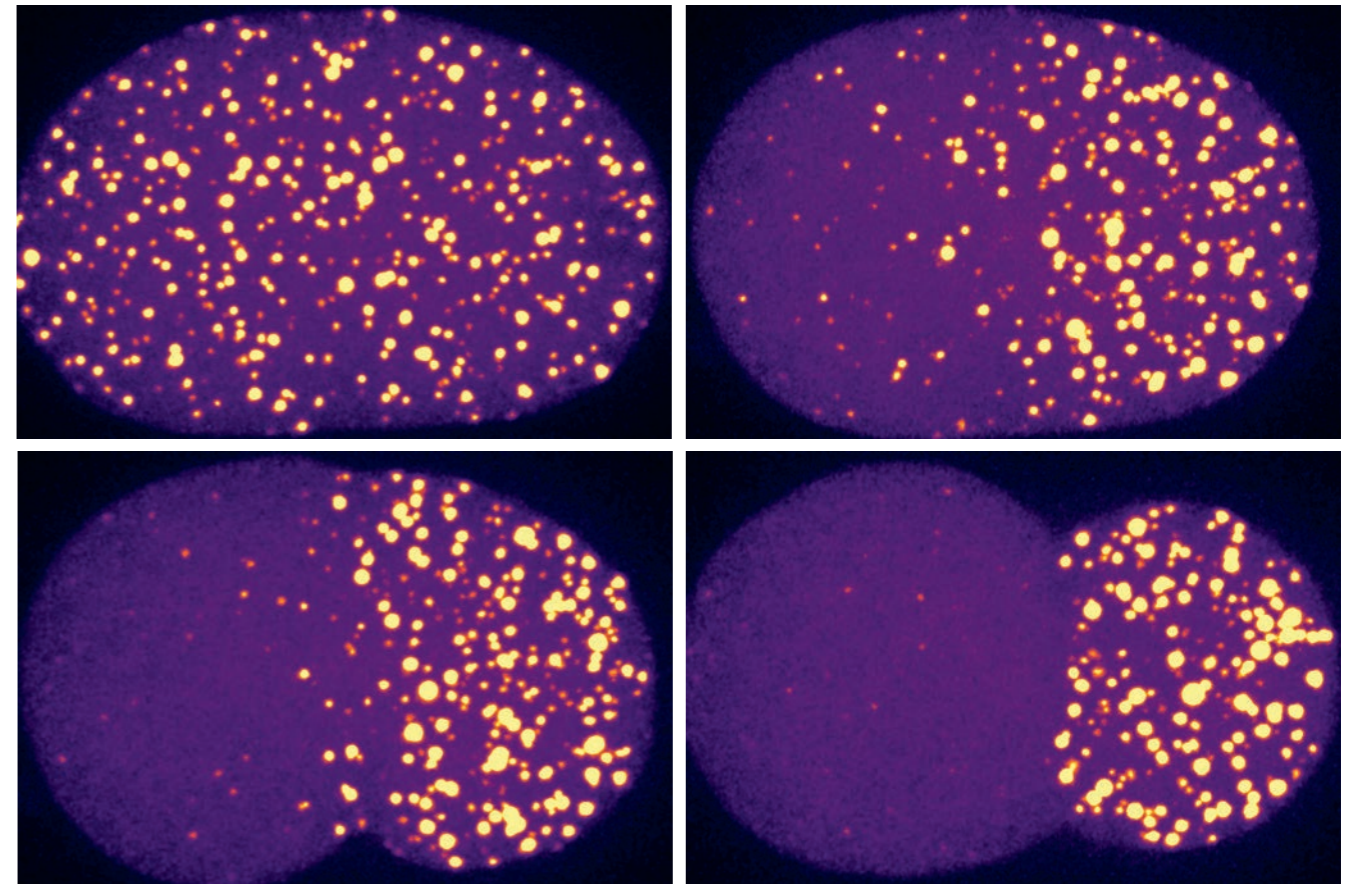
Condensates' Most Important Feature: Rapid Reactions

Condensates augment this diversity by adding a vital express service. While organelles such as

„Prokaryoten“ besaßen bereits eine äußere Zellhülle, aber noch keinen eigenen Zellkern. Erst später entstand im Zuge der Evolution – vermutlich durch symbiotische Verschmelzung zweier (oder mehr) dieser Urzellen – komplexere Zellen mit eigenem Zellkern, die Eukaryoten. Eukaryotische Zellen finden sich in allen Pflanzen und Tieren.

Der in Eukaryoten entstandene Zellkern bildet eine neue „Unterabteilung“ (Kompartiment) in der Zelle. Er ist mit einer eigenen Membran umschlossen, so dass die Vorgänge in seinem Innern, etwa die Ablesung von DNA, geschützt ablaufen und nicht von anderen Prozessen im Zytoplasma gestört werden. Auch viele Zellorganellen verfügen über eigene äußere Membranen, beispielsweise die Mitochondrien – die „Kraftwerke“ der Zelle.

Auf diese Weise entstand in den Zellen eine räumliche Arbeitsteilung ähnlich wie in Hyman's Dorfmodell, in dem die Bewohner:innen jeweils unterschiedlichen Tätigkeiten nachgehen. Ohne diese Arbeitsteilung hätten sich komplexere Organismen („Vielzeller“ wie Tier und Mensch) in der Evolution überhaupt nicht entwickeln können. Eukaryotische Zellen leisten mehr, können mehr Aufgaben gleichzeitig erledigen, und Stoffwechselreaktionen beschleunigen sich.



The initially uniformly distributed P granules in a unicellular *C. elegans* embryo gather—driven by the condensate formation—on one side of the embryo shortly before the asymmetric cell division. Zunächst gleichmäßig verteilte P-Granula in einem einzelligen *C.-elegans*-Embryo sammeln sich – angetrieben durch Kondensatbildung – kurz vor der asymmetrischen Teilung auf einer Seite der Eizelle.

mitochondria are present permanently and work, condensates are formed as a rule spontaneously as needed. This sometimes happens during shock in a matter of seconds. And when they have finished their immediate task, they are usually rapidly dissolved once again. Condensates do not have their own external membrane to isolate themselves from the cell environment. They use phase separation instead.

The most important tool for such a separation is the surface tension that is created between the condensates and the intracellular fluid. The effect can be explained by referring to a pond of water. The surface tension of the water ensures that water fleas can run over the surface of the pond without sinking. It is as if there is skin on the pond. Similarly, the “skin” of the condensate works as a kind of provisional membrane.

Condensates thus function as biochemical mini-laboratories that appear spontaneously. Because of the spatial separation of condensates from their environment, it is possible for high concentrations of proteins to gather very rapidly, which either are the prerequisite for some biochemical reactions or accelerate them. Furthermore, condensates can slow down reactions in their vicinity precisely because

Die wichtigste Fähigkeit der Kondensate: hohe Reaktionsgeschwindigkeit

Kondensate ergänzen diese Vielfalt – um einen lebenswichtigen „Express-Service“. Während Organellen wie die Mitochondrien permanent vorhanden sind und arbeiten, bilden sich Kondensate in der Regel „spontan“ bei Bedarf. Dies geschieht bei Schocks teils in Sekundenschnelle. Und wenn sie ihre jeweilige Aufgabe erledigt haben, werden sie meist auch schnell wieder abgebaut. Kondensate haben keine eigene äußere Membran, um sich von der Zellumgebung zu isolieren. Sie nutzen stattdessen die Phasentrennung.

Wichtigstes „Trennwerkzeug“ ist dabei die Oberflächenspannung, die sich zwischen den Kondensaten und der Zellflüssigkeit einstellt. Die Wirkung lässt sich anhand eines Wasserteiches erklären: Die Oberflächenspannung des Wassers sorgt dafür, dass Wasserflöhe über die Oberfläche des Teiches laufen können, ohne zu versinken. Es scheint, als hätte der Teich eine Haut. In ähnlicher Weise wirkt die „Haut“ der Kondensate als eine Art provisorische Membran.

Kondensate fungieren somit als spontan entstehende biochemische „Mini-Labore“. Wegen der räumlichen Abgrenzung von der Umgebung kön-

A very rapid reaction is important, for example, if cells are to be protected against environmental stress such as the sudden deprivation of nutrients or falling temperatures. The formation of condensates can then lead to a shutdown of the entire cell activity. This is a survival mechanism for the cells; they survive the stress in a solidified state.

Ein hohes Reaktionstempo ist beispielsweise wichtig, wenn Zellen vor Umweltstress wie plötzlichem Entzug von Nährstoffen oder fallenden Temperaturen geschützt werden sollen. Die Kondensatbildungen können dann zu einem „Herunterfahren“ der gesamten Zellaktivität führen. Für die Zellen ist das ein Überlebensmechanismus, sie überleben den Stress in verfestigtem Zustand.

they deprive the reactions of reactive proteins. The concentration gradient is maintained by the phase separation.

Hibernating Cells

A very rapid reaction is important, for example, if cells are to be protected against environmental stress such as the sudden deprivation of nutrients or falling temperatures. The formation of condensates can then lead to a shutdown of the entire cell activity. This is a survival mechanism for the cells; they survive the stress in a solidified state. “The cells then go into a different material state and become rigid,” according to Simon Alberti, a team leader at the Max Planck Institute until 2018 and since then a professor of cellular biochemistry at the Technical University of Dresden. “This keeps the cells from being damaged. As a rule, this is a temporary deactivation for a subsequent reuse. Similar mechanisms may also play a role in hibernating mammals such as bears.” This has not yet been tested however. Yeast cells and ameba that Alberti’s Max Planck team deprived of nutrition formed a gelatinous mass, and the surroundings acidified. The team also succeeded in solidifying

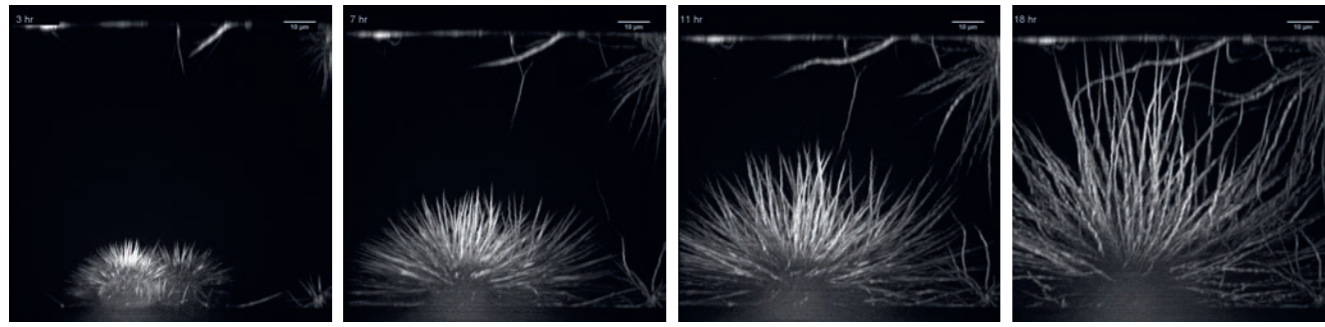
nen sich in ihnen sehr schnell hohe Proteinkonzentrationen ansammeln, die manche biochemischen Reaktionen überhaupt erst möglich machen oder beschleunigen. Darüber hinaus können Kondensatreaktionen in ihrer Zellumgebung verlangsamen, eben weil sie dieser die reaktiven Proteine entziehen. Das Konzentrationsgefälle bleibt wegen der Phasentrennung erhalten.

Zellen im Winterschlaf

Ein hohes Reaktionstempo ist beispielsweise wichtig, wenn Zellen vor Umweltstress wie plötzlichem Entzug von Nährstoffen oder fallenden Temperaturen geschützt werden sollen. Die Kondensatbildungen können dann zu einem „Herunterfahren“ der gesamten Zellaktivität führen. Für die Zellen ist das ein Überlebensmechanismus, sie überleben den Stress in verfestigtem Zustand. „Die Zellen gehen dann in einen anderen Materialzustand über und werden starr“, sagt Simon Alberti, bis 2018 Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut und seitdem Professor für Zelluläre Biochemie an der Technischen Universität Dresden. „Dies bewahrt die Zellen vor Schäden. In der Regel ist es ein temporäres Abschalten für die spätere Wiederverwendung.“



Hiroyuki Uechi, a postdoc from Hyman’s research group, working in the laboratory
Hiroyuki Uechi, ein Postdoktorand aus Hymans Forschungsgruppe, bei der Arbeit im Labor



Time series of a protein condensate during the transition from liquid to solid. The protein FUS (*fused in sarcoma*) is connected to neurodegenerative diseases. Zeitreihe eines Proteinkondensates beim Übergang von flüssig zu fest. Das Protein FUS (*Fused in Sarcoma*) steht im Zusammenhang mit neurodegenerativen Krankheiten.

these cells artificially (without a deprivation of nutrition) by lowering the solution's pH value.

Normally there are many control mechanisms active in cells at the genetic level—by means of what are called regulative proteins. These proteins often have to be especially produced when needed. Signals are then sent to the cell nucleus, where a DNA reading is set in motion. The mRNA that is created has to be transported back into the cytoplasm, where finally the necessary protein is produced in one of the ribosomes (the cell's protein factory). This takes a relatively long time, in many cases taking too long for spontaneous reactions. Condensates in contrast form within seconds.

Deposits from Condensates Make One Sick

The greatest breakthroughs from condensate research are anticipated in the field of medicine. Many degenerative diseases are caused by proteins that have assumed a wrong structure and consequently are irreversibly solidified. In Alzheimer's this leads to the deposits typical for the illness. As a consequence, nerve cells in the brain die, and the brain can shrink by up to 20 percent. Alzheimer's is the most common form of dementia. Every fifth person over 80 years of age is afflicted by it, and a cure is not in sight. Another example is amyotrophic lateral sclerosis (ALS), also incurable and a chronically progressing degenerative disease of the nervous system. ALS is triggered by deposits that form above all in motor nerve cells. This leads to progressive loss of muscle in the arms and legs, an impaired ability to speak and swallow, and respiratory problems. A prominent ALS patient was Stephen Hawking, the British astrophysicist who died in 2018.

Such toxic deposits often occur because proteins have undergone pathological changes in old age. Hyman and his team have studied the FUS protein extensively, whose mutated forms very probably trigger ALS. "We do not yet know the precise function of FUS," says Hyman. "FUS is localized in the cell nucleus and has something to do with DNA

Ähnliche Mechanismen spielen womöglich auch bei winterschlafenden Säugetieren wie Bären eine Rolle." Getestet sei das aber noch nicht. Hefezellen und Amöben, denen Albertis Max-Planck-Team Nährstoffe entzog, bildeten eine Gel-artige Masse, und das Milieu versauerte. Eine Verfestigung dieser Zellen konnte das Team auch künstlich (ohne Nahrungsentzug) herbeiführen, indem es den pH-Wert der Lösung absenkte.

Normalerweise laufen viele Steuerungsmechanismen in Zellen auf genetischer Ebene ab – mittels sogenannter regulativer Proteine. Oft müssen diese Eiweiße bei Bedarf eigens erzeugt werden. Dazu werden Signale in den Zellkern gesandt, die dort eine DNA-Ablesung in die Wege leiten. Die entstehende mRNA muss zurück ins Zytoplasma transportiert werden, wo dann endlich in einem der Ribosomen (den „Proteinfabriken“ der Zellen) das benötigte Eiweiß erzeugt wird. Das kostet relativ viel Zeit – und dauert für spontane Reaktionen in vielen Fällen zu lange. Kondensate hingegen bilden sich binnen Sekunden.

Abscheidungen aus Kondensaten machen krank

Die größten Durchbrüche verspricht die Kondensatforschung im Bereich der Medizin. Viele degenerative Krankheiten werden verursacht, weil Proteine eine falsche Struktur annehmen und sich dadurch irreversibel verfestigen. Bei Alzheimer führt dies zu den für die Krankheit typischen Ablagerungen. In der Folge sterben Hirnnervenzellen ab, und das Gehirn kann um bis zu 20 Prozent schrumpfen. Alzheimer ist die häufigste Form von Demenz; jede:r fünfte über 80-Jährige ist von Alzheimer betroffen, und eine Heilung ist bislang nicht in Sicht. Ein weiteres Beispiel ist die ebenfalls unheilbare Amyotrophe Lateralsklerose (ALS), eine chronisch fortschreitende degenerative Erkrankung des Nervensystems. Ausgelöst wird ALS von Ablagerungen, die sich vor allem in motorischen Nervenzellen bilden. Dies führt zu fortschreitendem Muskelschwund in Armen und Beinen, Sprech- und Schluckstörungen sowie Atemproblemen. Ein prominenter



Anthony Hyman in discussion with Martine Ruer-Gruß, a postdoc in his research group. Anthony Hyman diskutiert mit Martine Ruer-Gruß, einer Postdoktorandin seiner Forschungsgruppe.

repair." In healthy cells FUS normally forms liquid phases, but in ALS patients it takes on more rigid or rigid forms. If proteins stiffen to a gel or crystal, the chemical reactions in them come to a standstill. The chances then sink that they might revert to a liquid phase. If the FUS proteins are pathologically modified, then the deposits are often permanent.

In Alzheimer's disease, the TAU protein—which primarily appears in nerve cells—is involved in the disease's origin. It forms the amyloid deposits typical for Alzheimer's. "We have studied TAU proteins in a test tube and seen that the liquid phase has been transformed into a solid form after a few

ALS-Patient war der 2018 verstorbene britische Astrophysiker Stephen Hawking.

Oft treten solche toxischen Ablagerungen auf, weil sich Proteine im Alter krankhaft verändert haben. Hyman und sein Team haben eingehend das Protein FUS untersucht, dessen mutierte Formen höchstwahrscheinlich ALS auslösen. „Die genaue Funktion von FUS kennen wir noch nicht“, sagt Hyman. „FUS ist im Zellkern lokalisiert und hat etwas mit DNA-Reparatur zu tun.“ FUS bildet in gesunden Zellen normalerweise flüssige Phasen, nimmt aber bei ALS-Erkrankten festere bis feste Formen an. Wenn Proteine zu Gelen oder Kristallen erstarren,



The Prize winner in the auditorium of the Max Planck Institute of Molecular Cell Biology and Genetics
Der Preisträger im Auditorium des Max-Planck-Instituts für molekulare Zellbiologie und Genetik

Hyman may have discovered a key molecule that is capable of dissolving condensates that are already formed.

Hyman hat möglicherweise ein Schlüsselmolekül entdeckt, das gebildete Kondensate wieder aufzulösen vermag.

hours,” Hyman reports. “We have also looked at a variant with a pathologically modified amino acid sequence, and in it the phase transition went faster than in the normal variant. It could thus be that many neurodegenerative diseases are triggered by proteins that actually do not play a very large role in the normal physiology of cells, but do cause problems when they are organized incorrectly.”

Novel Therapies for Neurodegenerative Diseases

Hyman may have discovered a key molecule that is capable of dissolving condensates that are already formed. This is adenosine triphosphate (ATP). This molecule is released by mitochondria and provides living cells with the largest portion of the energy they require. Members of Hyman’s team at the Dresden Max Planck Institute gave ATP to protein condensates and determined that the condensates then disappeared. This even occurred when the protein concentrations in the condensates were very high. This discovery is interesting especially because “the ATP production in old age can decline due to malfunctioning of mitochondria,” according to Hyman. “It is possible that modulation of the ATP level can be used in order to alleviate degenerative diseases of aging that accompany toxic condensates.”

“In most cases we still do not know precisely what drives the formation of condensates and

kommen die chemischen Reaktionen in ihnen zum Erliegen. Dann sinken die Chancen, dass sie sich erneut in die flüssige Phase zurückformen. Bei krankhaft veränderten FUS-Proteinen bleiben die Ablagerungen dann oft permanent erhalten.

Bei Alzheimer ist das hauptsächlich in Nervenzellen vorkommende TAU-Protein an der Krankheitsentstehung beteiligt; es bildet die für Alzheimer typischen Amyloid-Abscheidungen. „Wir haben TAU-Proteine im Reagenzglas untersucht und gesehen, dass sich die flüssige Phase nach einigen Stunden in eine feste Form umwandelt“, berichtet Hyman. „Wir haben uns auch eine Variante mit krankhaft veränderter Aminosäure-Sequenz angesehen, und bei der ging dieser Phasenübergang schneller als bei der normalen Variante. Es könnte also sein, dass viele neurodegenerative Erkrankungen durch Proteine ausgelöst werden, die in der normalen Physiologie der Zelle gar nicht so eine große Rolle spielen, aber Probleme bereiten, wenn sie sich falsch organisieren.“

Neuartige Therapien für neurodegenerative Erkrankungen

Hyman hat möglicherweise ein Schlüsselmolekül entdeckt, das gebildete Kondensate wieder aufzulösen vermag. Es handelt sich um Adenosintri-phosphat (ATP). Dieses Molekül wird von den Mitochondrien ausgeschüttet und liefert lebenden Zellen den

which function they have,” Hyman says. “The problem is that the dynamics of protein formation and interactions must also be taken into consideration in structural studies.” Hyman expects “great advances in our understanding” within the next five years. One goal he has set himself is to decode the “molecular grammar” of condensates—which means identifying the amino acid codes that influence the biophysical behaviour of proteins. “Today we already know that the amino acid glycine ensures that condensates remain fluid, while the amino acids glutamine and serine expedite solidifying.”

Hyman wants to utilize the funds that accompany the Körber Prize to refine his study methods even further. One of the largest challenges is to track the formation of condensates in real time. The Prize winner is convinced “that our cell biological understanding of condensate formation will exert an important influence on the future development of medication.” For this reason, Hyman was also a cofounder of the company Dewpoint Therapeutics, located in Boston and Dresden. One objective of its work is to study the effect of medication on condensates. As its top priority, the firm is working on identifying the appropriate medicines to block the formation of the deposits that lead to diseases. Also to be studied is the extent to which a large number of condensates in a cell impairs the effectiveness of existing medicines. “There is basic agreement in

größten Teil der von ihnen benötigten Energie. Mitarbeiter:innen aus Hymans Dresdner Max-Planck-Team hatten ATP zu Proteinkondensaten gegeben und festgestellt, dass die Kondensate daraufhin verschwanden. Dies gelang selbst dann, wenn die Proteinkonzentrationen in den Kondensaten sehr hoch waren. Interessant ist diese Entdeckung vor allem deshalb, weil „die ATP-Produktion im Alter aufgrund von Fehlfunktionen der Mitochondrien abnehmen kann“, so Hyman. „Womöglich lässt sich die Modulation des ATP-Spiegels nutzen, um degenerative Alterskrankheiten, die mit toxischen Kondensaten einhergehen, zu lindern.“

„In den meisten Fällen wissen wir noch immer nicht genau, was die Bildung der Kondensate antreibt und welche Funktion sie haben“, sagt Hyman. „Das Problem ist, dass bei strukturellen Studien auch die Dynamik der Proteinbildung und Wechselwirkungen betrachtet werden müssen.“ In den nächsten fünf Jahren erwartet Hyman jedoch „große Fortschritte im Verständnis“. Er hat sich unter anderem zum Ziel gesetzt, die „molekulare Grammatik“ der Kondensate zu entschlüsseln – das heißt die Aminosäure-Codes aufzuspüren, die biophysikalisches Verhalten von Proteinen beeinflussen: „Bereits heute wissen wir, dass die Aminosäure Glycin dafür sorgt, Kondensate flüssig zu halten, während die Aminosäuren Glutamin und Serin eine Verfestigung vorantreiben.“

medical research,” according to Hyman, “that a fundamental understanding of the causes of diseases is often missing.”

Condensates – The Primordial Form of All Life on Earth?

Condensate research is also throwing new light on the origin of life on our planet. Researchers at the Max Planck Institute of Molecular Cell Biology and Genetics and at the Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems have come to the result that the very first living organisms in the primordial ocean could have taken the form of condensates, not cells. According to this understanding, condensates were the precursors of the prokaryotic primordial cells. The Max Planck teams have determined experimentally that condensates are capable of dividing like cells. In the process, condensates have apparently also acquired the property of being able to pass on genetic information. It was only later that the droplets formed external membranes and thus taken on the form of the first primordial cells.

Macromolecules have probably been constantly created in the primordial ocean. As they became able to conduct phase separations, they acquired the form of condensate droplets that attracted one another and merged. “Biochemical reactions could have taken place in these droplets that would not have been possible outside them because the concentrations in the primordial ocean were not high enough,” said Hyman. “If this is correct, then condensates are relics from a primordial time that have managed to survive in cells until today, similar to flies in amber.”

Mit den Mitteln des Körber-Preises will Hyman seine Untersuchungsmethoden künftig noch weiter verfeinern. Eine der großen Herausforderungen ist, die Bildung von Kondensaten in Echtzeit zu verfolgen. Der Preisträger ist überzeugt, „dass das zellbiologische Verständnis der Kondensatbildung einen wichtigen Einfluss auf die zukünftige Medikamentenentwicklung haben wird“. Deshalb ist Hyman auch Mitgründer der Bostoner/Dresdener Firma Dewpoint Therapeutics, die unter anderem die Wirkung von Medikamenten auf Kondensate erforscht. Vordringlich arbeitet die Firma daran, die Bildung krankheitsauslösender Ablagerungen mit geeigneten Arzneien zu verhindern. Untersucht werden soll auch, inwieweit eine große Zahl an Kondensaten in einer Zelle die Wirkung existierender Medikamente beeinträchtigt. „Die medizinische Forschung ist sich weitgehend einig“, so Hyman, „dass es oft an fundamentalem Verständnis für die Ursachen von Krankheiten fehlt.“

Kondensate – die Urform allen Lebens auf der Erde?

Auch auf die Entstehung des Lebens auf unserem Planeten wirft die Kondensatforschung neues Licht. Forschende am Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik und am Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme sind zu dem Ergebnis gekommen, dass sich die allerersten lebenden Organismen im Urmeer nicht in Form von Zellen, sondern in Form von Kondensaten gebildet haben könnten. Kondensate waren demnach Vorläufer der prokaryotischen Urzellen. Die Max-Planck-Teams haben experimentell herausgefunden, dass Kondensate in der Lage sind, sich wie Zellen zu teilen. Dabei haben sie offenbar auch die Eigenschaft erlangt, Erbinformation weiterzugeben. Erst später hätten die Tröpfchen äußere Membranen gebildet und damit die Gestalt der ersten Urzellen angenommen.

Makromoleküle sind im Urmeer vermutlich ständig entstanden. Als sie in der Lage waren, Phasentrennungen durchzuführen, nahmen sie die Gestalt von Kondensat-Tröpfchen an, die sich gegenseitig anzogen und vereinigten. „In diesen Tröpfchen könnten biochemische Reaktionen abgelaufen sein, die außerhalb nicht möglich waren, weil im Urmeer die Konzentrationen nicht hoch genug waren“, sagt Hyman. „Wenn dies zutrifft, sind Kondensate Relikte aus der Urzeit, die sich bis heute in den Zellen erhalten haben – ähnlich wie Fliegen in Bernstein.“

Short Film

Learn more about Anthony Hyman in this short film.

Erfahren Sie mehr über Anthony Hyman in diesem Kurzfilm.



On the occasion of Anthony Hyman's sixtieth birthday, students and colleagues put this group photo on the board. It shows a team-building outing in 2007. Anlässlich Anthony Hymans sechzigsten Geburtstags haben Studenten und Mitarbeiter dieses Gruppenfoto an der Tafel angebracht. Es zeigt einen Teambuilding-Ausflug aus dem Jahr 2007.



A workplace in Hyman's lab, at which experiments are conducted with living cells and *in vitro* (in a test tube). Ein Arbeitsplatz in Hymans Labor, an dem Experimente mit lebenden Zellen und *in vitro* (im Reagenzglas) durchgeführt werden.

Prof. Dr. Anthony A. Hyman

Anthony A. Hyman was born in Haifa in 1962. His father, a British computer engineer, was employed in Israel. His mother was a painter. Anthony was still a small child when the family returned to England. “I was a very dreamy child and never thought about a career, except as a bicycle mechanic.”

Even while he attended school nothing pointed to Hyman’s genius. “I had bad grades and my results on tests were never good.” After completing school, Hyman took a position as a laboratory assistant at the University College London (UCL), where among other tasks he prepared cell cultures for scientific studies. The work fascinated him, and following a recommendation by the biologist Terry Preston he soon undertook his own small experiments. Sometimes he sat in the lab until midnight. Preston advised him to study biology.

Hyman studied biology at the UCL, which belongs to Cambridge University, and specialized in cell biology. In 1988 he was awarded a Ph.D. for work on embryonic cell division in the pinworm *Caenorhabditis elegans*. After completing his graduate studies, Hyman went to the University of California in San Francisco, USA, for five years, where he worked on internal cell structures (microtubules). In 1993 Hyman started as a group leader at the European Molecular Biology Laboratory in Heidelberg. A big influence on him there was the French cell and molecular biologist Eric Karsenti: “Karsenti was convinced that it was only possible with the help of physics to understand the dynamic processes in a cell.” In 1999 Hyman was one of the founding members of the Max Planck Institute of Molecular Cell Biology and Genetics in Dresden, which he heads together with a team of directors. Since 2007 he has been a Fellow of the British Royal Society, since 2020 an international member of the American National Academy of Sciences, and since 2021 a member of the National Academy of Sciences Leopoldina.

In 2009 Hyman and his team discovered condensates—tiny droplets in the intracellular fluid, which function as minilaboratories which make spontaneous biochemical reactions possible. Condensates constitute a completely new material state of living matter and are subject to, for example, the laws of biophysics. Hyman was married to the American microbiologist Suzanne Eaton (1959-2019), who have two sons. In his free time, he enjoys cycling as well as playing “the flute whenever I have time, mostly classical music and preferably Bach.”

Anthony A. Hyman wurde 1962 in Haifa geboren. Sein Vater, ein britischer Computeringenieur, war beruflich in Israel tätig. Seine Mutter arbeitete als Kunstmalerin. Die Familie zog nach England zurück, als Anthony noch im Kleinkindalter war. „Ich war ein sehr verträumtes Kind und hatte nie über eine Karriere nachgedacht, außer einer als Fahrradmechaniker.“

Auch in seiner Schulzeit deutete noch nichts auf Hymans Genie hin: „Ich hatte schlechte Noten und schnitt in Prüfungen nie gut ab.“ Nach dem Schulabschluss trat Hyman eine Stelle als Laborgehilfe am University College London (UCL) an, wo er unter anderem Zellkulturen für wissenschaftliche Untersuchungen vorbereitete. Die Arbeit faszinierte ihn, und bald nahm er auf Empfehlung des Biologen Terry Preston eigene kleine Experimente vor. Zuweilen saß er bis Mitternacht im Labor. Preston riet ihm, Biologie zu studieren.

Hyman studierte am UCL, das zur Universität Cambridge gehört, Zoologie und spezialisierte sich auf Zellbiologie. 1988 promovierte er am King’s College über embryonale Zellteilungen des Fadenwurms *Caenorhabditis elegans*. Nach seiner Promotion ging Hyman für fünf Jahre an die University of California in San Francisco, USA, wo er sich mit inneren Zellstrukturen (Mikrotubuli) befasste. 1993 wurde Hyman Gruppenleiter am Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie in Heidelberg. Großen Einfluss übte dort der französische Zell- und Molekularbiologe Eric Karsenti auf ihn aus: „Karsenti war überzeugt, dass man die dynamischen Vorgänge in einer Zelle nur mit Hilfe der Physik verstehen kann.“ 1999 war Hyman eines der Gründungsmitglieder des Max-Planck-Instituts für molekulare Zellbiologie und Genetik in Dresden, das er bis heute gemeinsam mit einem Direktor:innenteam leitet. Seit 2007 ist er Fellow der britischen Royal Society, seit 2020 internationales Mitglied der amerikanischen National Academy of Sciences sowie seit 2021 Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina.

2009 entdeckten Hyman und sein Team die Kondensate – winzige Tröpfchen in der Zellflüssigkeit, die als „Mini-Labore“ spontane biochemische Reaktionen ermöglichen. Kondensate sind ein völlig neuer Materialzustand belebter Materie und unterliegen unter anderem den Gesetzen der Biophysik. Hyman war verheiratet mit der amerikanischen Mikrobiologin Suzanne Eaton (1959–2019), mit der er zwei Söhne hat. In seiner Freizeit fährt er gerne Fahrrad und spielt „wann immer ich Zeit habe Querflöte, meist klassische Musik und am liebsten Bach“.



Tatjana König About the Körber Prize

Tatjana König über den Körber-Preis



Tatjana König, Member of the Executive Board
Vorständin der Körber-Stiftung

“On the other hand, it is important precisely now to strengthen a European science that stands on the foundation provided by freedom and democracy.”

„Andererseits ist es nun gerade wichtig, eine europäische Wissenschaft zu stärken, die auf dem Fundament der Freiheit und Demokratie steht.“

Why does the Körber Foundation award a European prize instead of a national or an international one?

Even in 1985, when he endowed the Prize, European rapprochement and agreement were Kurt A. Körber's core concern. It was clear to him that a prize for all of Europe, west and east, would have a special symbolic meaning in a world of international conflicts and national egoisms—at the time the iron curtain still seemed practically insurmountable. The political developments of the past years and, above all, the events since the beginning of 2022 demonstrate clearly to us that we must unconditionally hold on to the mission of unifying Europe, which is underscored by a science prize for Europe.

Have recent events not put a massive dampener on the idea that science can serve as an element for improving international understanding?

On the one hand, yes, because it makes clear that even science does not operate in politically neutral space and that we in the future have to examine much closer which scientific collaboration we want to enter into, for which purpose, and with whom, as well as whether it is acceptable. On the other hand, it is important precisely now to strengthen a European science that stands on the foundation provided by freedom and democracy. It is only on the basis of this self-understanding that we will be able to achieve genuine innovation. Above all, it is only in this way that we will be able to defend our values.

Which role can the Körber Prize play in this situation?

Collaboration is essential in science. Scientists—female and male—from all of Europe and the world

Warum vergibt die Körber-Stiftung einen europäischen Preis statt einer nationalen oder weltweiten Auszeichnung?

Die europäische Verständigung und Einigung war schon 1985 das zentrale Anliegen Kurt A. Körbers bei der Stiftung des Preises. Ihm war klar, dass in einer Welt internationaler Konflikte – der Eisenerne Vorhang schien damals noch schier unüberwindbar – und nationaler Egoismen ein Preis für ganz Europa, West und Ost, eine besondere symbolische Bedeutung hätte. Die politischen Entwicklungen der vergangenen Jahre und vor allem die Ereignisse seit Anfang des Jahres 2022 zeigen uns deutlich, dass wir an der Mission eines vereinten Europa unbedingt festhalten müssen, und ein Wissenschaftspreis für Europa unterstreicht das.

Bekommt die Idee von der Wissenschaft als völkerverständigendes Element nicht gerade einen massiven Dämpfer versetzt?

Einerseits ja, denn es wird deutlich, auch Wissenschaft operiert nicht in einem politisch neutralen Raum, und wir werden in Zukunft noch genauer hinschauen müssen, welche Wissenschaftskooperationen wir zu welchem Zweck mit wem eingehen wollen und dürfen. Andererseits ist es nun gerade wichtig, eine europäische Wissenschaft zu stärken, die auf dem Fundament der Freiheit und Demokratie steht. Denn nur mit diesem Selbstverständnis wird echte Innovation auf Dauer möglich sein, und vor allem: Nur so werden wir unsere Werte verteidigen können.

Welche Rolle kann der Körber-Preis dabei spielen?

In der Wissenschaft sind Kooperationen unerlässlich. An den europäischen Forschungsinstitutionen

are working at Europe's research institutes, and the research groups are diverse and international. Without this cross-border exchange of knowledge, Europe would one day be left behind as a site for innovation and pioneering scientific knowledge. For these reasons, the Körber Prize very intentionally promotes basic research in Europe, in order for it to be able to keep up in the competition for the best ideas in the future. Our goal is to bring together the European scientific community on the occasion of the presentation of the Körber Prize in order to identify the parameters and challenges for European science to be successful.

A word about this year's Prize winner?

For all of our Prize winners, we can hopefully demonstrate what an important contribution science can make towards coping with great challenges, even and especially when this science is taking place at the stage of basic research. Anthony Hyman is another wonderful example of this. As a British citizen, he has lived and worked for many years in Dresden, where he heads an international team. His discovery of cell condensates, a fundamentally new state of biological matter, is basically like stepping onto a new planet. While we still do not know what we will encounter there, we can be sure that, for example, our understanding of neurodegenerative diseases will be raised to a new level and will ideally open entirely new pathways to healing them.

arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus ganz Europa und der Welt, die Forschungsgruppen sind vielfältig und international. Ohne diesen grenzübergreifenden Wissensaustausch würde Europa als Standort für Innovationen und wegweisende wissenschaftliche Erkenntnisse irgendwann abgehängt. Der Körber-Preis fördert daher ganz gezielt die Grundlagenforschung in Europa, um auch in Zukunft im Wettbewerb um die besten Ideen mithalten zu können. Unser Ziel ist, die europäische Wissenschaftscommunity anlässlich der Körber-Preis-Verleihung zusammenzubringen, um die Rahmenbedingungen und Herausforderungen für eine erfolgreiche europäische Wissenschaft auszuloten.

Ein Wort zum diesjährigen Preisträger?

Mit all unseren Preisträgerinnen und Preisträgern können wir hoffentlich zeigen, welchen wichtigen Beitrag Wissenschaft zur Bewältigung der großen Herausforderungen leisten kann, auch und gerade, wenn sie überwiegend noch im Stadium der Grundlagenforschung ist. Anthony Hyman ist wieder ein wunderbares Beispiel dafür. Als britischer Staatsbürger lebt und arbeitet er seit vielen Jahren in Dresden und führt dort ein internationales Team. Seine Entdeckung der Zellkondensate, ein grundlegend neuer Zustand biologischer Materie, ist im Grunde wie das Betreten eines neuen Planeten. Noch wissen wir nicht genau, was wir dort finden werden, aber wir können sicher sein, dass beispielsweise unser Verständnis neurodegenerativer Erkrankungen auf eine neue Basis gestellt werden wird und sich im Idealfall auch gänzlich neue Wege zu ihrer Heilung öffnen.

Selection and Decision

Auswahl und Entscheidung



The Körber European Science Prize is presented annually, honouring outstanding single scientists working in Europe. The Prize is awarded to excellent and innovative research projects that show great potential for possible application and international impact. A personal application is not allowed. But how are the most pioneering minds of Europe identified each year?

To begin with, renowned scientists from all over Europe, grouped into two Search Committees, select promising candidates. In alternate years, suitable individuals are sought from the field of life sciences and physical sciences respectively. Those who are shortlisted are then asked to submit a detailed proposal for a research project which is then judged in two rounds of assessment by the Search Committee. The work of the Search Committee is supported by international experts who give their independent opinions on the candidates and their projects. A maximum of five candidates are subsequently recommended to the Trustee Committee which, based on a summary of expert assessments, previous publications and scientific career history, decides on the new prize winner.

Der Körber-Preis für die Europäische Wissenschaft zeichnet jährlich herausragende und in Europa tätige einzelne Wissenschaftler aus. Prämiert werden exzellente und innovative Forschungsansätze mit hohem Anwendungspotenzial auf dem Weg zur Weltgeltung. Eine Bewerbung ist nicht möglich. Wie aber werden jedes Jahr die in Europa richtungweisenden Köpfe identifiziert?

Zunächst wählen renommierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus ganz Europa, zusammengefasst in zwei Search Committees, vielversprechende Kandidaten aus. Gesucht werden im jährlichen Wechsel geeignete Personen aus den Life oder Physical Sciences. Wer in die engere Wahl kommt, wird aufgefordert, einen detaillierten Vorschlag zu einem Forschungsprojekt einzureichen, das dann in zwei Bewertungsrounds vom Search Committee beurteilt wird. Unterstützt wird die Arbeit der Search Committees durch internationale Gutachter, die unabhängige Urteile über die Kandidaten und deren Projekte abgeben. Bis zu fünf Kandidaten werden abschließend dem Kuratorium vorgelegt, das in einer Gesamtschau von gutachterlicher Bewertung, bisher erbrachter Publikationsleistung und wissenschaftlichem Werdegang über die neue Preisträgerin oder den neuen Preisträger entscheidet.

Search Committee Life Sciences

Prof. Dr. Rüdiger Wehner, Chairman
University of Zurich, Institute for Brain Research, Zurich, Switzerland

Prof. Dr. Wolfgang Baumeister
Max Planck Institute of Biochemistry, Martinsried, Germany

Prof. Dr. Pascale Cossart
Institute Pasteur, Department of Cell Biology and Infection, Paris, France

Prof. Dr. Daniel Louvard
Institut Curie, Centre de Recherche, Paris, France

Prof. Dr. Edvard Moser
Kavli Institute for Systems, Neuroscience, Trondheim, Norway

Prof. Dr. Nadia Rosenthal
Imperial College London, United Kingdom;
The Jackson Laboratory, Bar Harbor, USA

Trustee Committee Kuratorium

Prof. Dr. Martin Stratmann, Chairman
Max Planck Society, Munich, Germany

Prof. Dr. Sir Anthony Kevin Cheetham
University of Cambridge, United Kingdom

Prof. Dr. Sir Richard Friend
Cavendish Laboratory, Cambridge, United Kingdom

Prof. Dr. Alain Fuchs
Université PSL, Paris, France

Prof. Dr. Gerald Haug
German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale), Germany

Prof. Dr. Edith Heard
EMBL Heidelberg, Germany

Prof. Dr. Urban Lendahl
Karolinska Institute, Stockholm, Sweden

Prof. Dr. Bert Meijer
Institute for Complex Molecular Systems, Eindhoven, Netherlands

Prof. Dr. Felicitas Pauss
Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH Zurich), Switzerland

Prof. Dr. Maciej Żylicz
Polish Foundation of Science, Warsaw, Poland

Prize Winners and Research Projects Since 1985

Preisträger und Forschungsprojekte seit 1985

- 1985** Applications of Shock Waves in Medicine
Stoßwellen-Anwendungen in der Medizin
Walter Brendel, Michael Delius, Georg Enders,
Joseph Holl, Gustav Paumgartner,
Tilman Sauerbruch
- 1985** Back Pressure Casting Technology
Gegendruck-Gieß-Technologie
Teodor Balevski, Rumen Batschvarov,
Emil Momtschilov, Dragan Nenov, Rangel Zvetkov
- 1986** Retrovirus Research (AIDS)
Retrovirus-Forschung (AIDS)
Jean-Claude Gluckman, Sven Haahr,
George Janossy, David Klatzmann,
Luc Montagnier (Nobel Prize 2008), Paul Rác
- 1987** Further Development of Electron Holography
Weiterentwicklung der Elektronenholographie
Karl-Heinz Herrmann, Friedrich Lenz,
Hannes Lichte, Gottfried Möllenstedt
- 1987** Creating Ultralow Temperatures
Erzeugung von Ultratiefemperaturen
Riitta Hari, Matti Krusius, Olli V. Lounasmaa,
Martti Salomaa
- 1988** Extending the Hamburg Pyrolytic Technique to
Destroy Toxic Wastes
Erweiterung des Hamburger Pyrolyseverfahrens
zur Vernichtung auch toxischer Abfallstoffe
Alfons Buekens, Vasilij Dragalov, Walter Kaminsky,
Hansjörg Sinn
- 1989** Active Substances from Plant Cell Cultures
Wirkstoffe pflanzlicher Zellkulturen
Christian Brunold, Yury Y. Gleba, Lutz Nover,
J. David Phillipson, Elmar W. Weiler,
Meinhart H. Zenk
- 1990** Forecasting Short-Term Changes in Climate
Vorhersage kurzfristiger Klimaveränderungen
Lennart Bengtsson, Bert Bolin, Klaus Hasselmann
(Nobel Prize 2021)
- 1991** Recognizing and Preventing Cancer Caused by
Environmental Chemicals
Erkennung und Verhütung von Krebserkrankungen
durch Umweltchemikalien
Lars Ehrenberg, Dietrich Henschler, Werner Lutz,
Hans-Günter Neumann
- 1992** The Spread and Transformation of Contaminants
in Ground Water
Ausbreitung und Wandlung von Verunreinigungen
im Grundwasser
Philippe Behra, Wolfgang Kinzelbach,
Ludwig Luckner, René P. Schwarzenbach,
Laura Sigg
- 1993** Bionics of Walking: The Technical Application of
Biological Knowledge
Bionik des Laufens – Technische Umsetzung
biologischen Wissens
Felix Chernousko, François Clarac, Holk Cruse,
Friedrich Pfeiffer
- 1994** Modern Plant Breeding: From the Cell to the Plant
Moderne Pflanzenzüchtung – Von der Zelle
zur Pflanze
Dénes Dudits, Dirk Inzé, Anne Marie Lambert,
Horst Lörz
- 1995** Genetic Probes in Environmental Research
and Medicine
Gensonden in Umweltforschung und Medizin
Rudolf Amann, Erik C. Böttger, Ulf B. Göbel,
Bo Barker Jørgensen, Niels Peter Revsbech,
Karl-Heinz Schleifer, Jiri Wanner
- 1996** The Habitat of Treetops in the Tropics
Lebensraum tropische Baumkronen
Pierre Charles-Dominique, Antoine Cleef,
Gerhard Gottsberger, Bert Hölldobler,
Karl E. Linsenmair, Ulrich Lüttge
- 1996** Computer-Assisted Design of Materials
Computergesteuerte Gestaltung von Werkstoffen
Michael Ashby, Yves Bréchet, Michel Rappaz
- 1997** Mutant Mouse Models in Clinical Research
Mausmutanten als Modelle für die klinische
Forschung
Pawel Kisielow, Klaus Rajewsky,
Harald von Boehmer
- 1998** Magnetic Resonance Tomography with Helium-3
Kernspintomographie mit Helium-3 – Neue Wege
in der Lungendiagnostik
Werner Heil, Michèle Leduc, Ernst W. Otten,
Manfred Thelen
- 1998** Electronic Micronoses to Enhance Safety at the
Workplace
Elektronische Mikronasen für mehr Sicherheit
am Arbeitsplatz
Henry Baltes, Wolfgang Göpel, Massimo Rudan
- 1999** High-Altitude Platforms for Telecommunications
Hoch fliegende Plattformen für
Telekommunikation
Bernd Kröplin, Per Lindstrand, John Adrian Pyle,
Michael André Rehmet
- 2000** Perception of Shape in Technology with Insights
from Nature
Gestaltwahrnehmung in der Technik mit
Erkenntnissen aus der Natur
Rodney Douglas, Amiram Grinvald,
Randolf Menzel, Wolf Singer,
Christoph von der Malsburg
- 2001** Optimised Crops Through Genetic Engineering
Optimierte Nutzpflanzen dank Gentechnik
Wolf-Bernd Frommer, Rainer Hedrich,
Enrico Martinoia, Dale Sanders, Norbert Sauer
- 2002** Scarfree Wound Healing Using Tissue Engineering
Narbenlose Wundheilung durch Tissue
Engineering
Mark W. J. Ferguson, Jeffrey A. Hubbell,
Cay M. Kielty, G. Björn Stark, Michael G. Walker
- 2003** Light-driven Molecular Walkers
Ein mit Licht betriebener molekülgroßer Motor
Ben L. Feringa (Nobel Prize 2016), Martin Möller,
Justin E. Molloy, Niek F. van Hulst
- 2004** Therapies for a New Group of Hereditary Diseases
Therapien für eine neue Gruppe von Erbliden
Markus Aebi, Thierry Hennet, Jaak Jaeken,
Ludwig Lehle, Gert Matthijs, Kurt von Figura
- 2005** Taking Light onto New Paths
Mit Licht auf neuen Wegen
Philip St. John Russell
- 2006** Chaperones of the Protein Folding in Biotechnology
and Medicine
Chaperone der Proteinfaltung in Biotechnologie
und Medizin
F. Ulrich Hartl
- 2007** Automated Synthesis of Carbohydrate Vaccinations
Against Tropical Diseases
Automatische Synthese von Kohlenhydrat-
impfstoffen gegen Tropenkrankheiten
Peter H. Seeberger
- 2008** Drugs to Fight Cancer and Aging
Medikamente gegen Krebs und das Altern
Maria Blasco
- 2009** Graphene, the Thinnest Material in the Universe
Graphen, das dünnste Material im Universum
Andre K. Geim (Nobel Prize 2010)
- 2010** Auxin – Understanding Plant Growth
Auxin – Einsicht ins Pflanzenwachstum
Jiří Friml
- 2011** Bright Spots in the Nano World
Lichtblicke in die Nano-Welt
Stefan W. Hell (Nobel Prize 2014)
- 2012** Dragnet Investigation of Protein
Rasterfahndung nach Proteinen
Matthias Mann
- 2013** Quantum Gas in the Laser Cage
Quantengas im Laserkäfig
Immanuel F. Bloch
- 2014** The Brain's Navigation System
Das Navigationssystem des Gehirns
May-Britt Moser and Edvard I. Moser
(Nobel Prize 2014)
- 2015** The Dawn of the Oxide Age
Aufbruch ins Oxid-Zeitalter
Nicola Spaldin
- 2016** Replacement Organs from a Petri Dish
Ersatzorgane aus der Petrischale
Hans Clevers
- 2017** Gravity Signals from the Depths of the Universe
Schwerkraftsignale aus den Tiefen des Alls
Karsten Danzmann
- 2018** The Genes of the Neanderthals
Die Gene der Neandertaler
Svante Pääbo
- 2019** The Computing Tricks of Artificial Intelligence
Die Rechenricks der Künstlichen Intelligenz
Bernhard Schölkopf
- 2020** New Vision for the Blind
Neues Sehen für Erblindete
Botond Roska
- 2021** New Batteries for More Climate Protection
Neue Batterien für mehr Klimaschutz
Clare Grey

For more information visit
www.koerber-stiftung.de/en/koerber-prizewinners/

About the Foundation:

Social development needs dialogue and understanding. Through our operational projects, in our networks and in conjunction with cooperation partners, the **Körper-Stiftung** takes on current social challenges in areas of activities comprising "Innovation", "International Dialogue" and "Vibrant Civil Society", as well as with "Cultural Impulses for Hamburg".

Inaugurated in 1959 by the entrepreneur Kurt A. Körper, Körper-Stiftung is now actively involved in its own national and international projects and events.

www.koerber-stiftung.de

About the Prize:

The **Körper European Science Prize** is presented annually, honouring outstanding scientists working in Europe for their promising research projects. The prize, endowed with one million euros, is awarded to excellent and innovative research projects that show great potential for possible application and international impact.

www.koerber-prize.org

Körper-Stiftung
Kehrwieder 12
20457 Hamburg
www.koerber-stiftung.de

Körper European Science Prize

Matthias Mayer
Head of Department Science
mayer@koerber-stiftung.de
Phone +49 40 80 81 92 142
Twitter @KoerberScience

Legal Note

Publisher Körper-Stiftung, Hamburg
Responsible according to German press law Dr. Lothar Dittmer
Editors Matthias Mayer, Charlotte Worbes
Author Claus-Peter Sesín
Translator Dr. Michael Wilson
Photos Friedrun Reinhold, David Ausserhofer (p. 5), Lea Pietzcker (p. 35)
Design and Composition Klötzner Company Werbeagentur GmbH
Lab Photos Max Planck Institute of Molecular Cell Biology and Genetics (pp. 6, 8, 10, 17, 21, 24)
Lithography AlsterWerk MedienService GmbH
Printed by MPW Media-Print Witt GmbH

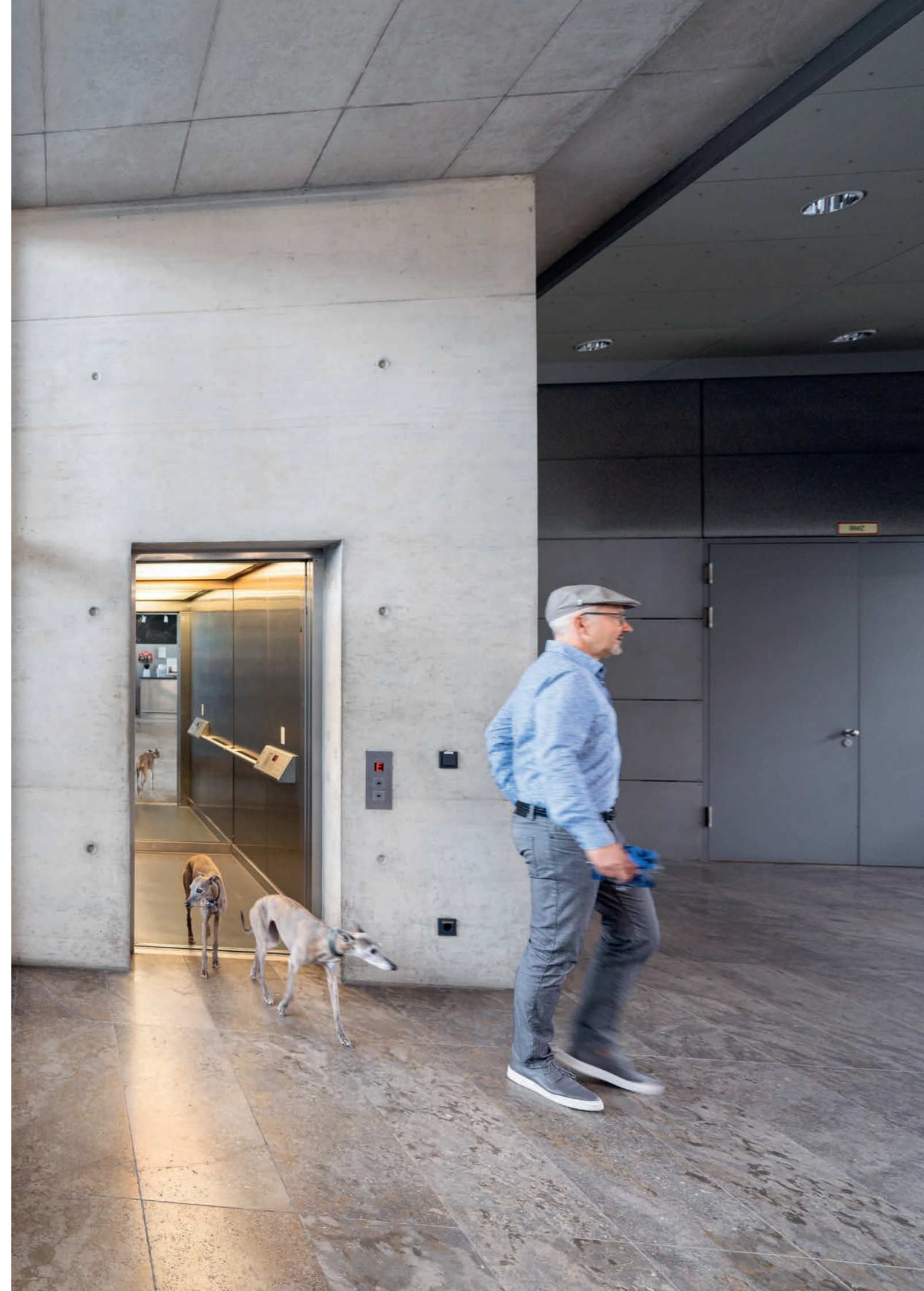
Gesellschaftliche Entwicklung braucht Dialog und Verständigung. Mit operativen Projekten, in Netzwerken und gemeinsam mit Partner:innen stellt die **Körper-Stiftung** sich aktuellen Herausforderungen. In den Handlungsfeldern „Innovation“, „Internationale Verständigung“ und „Lebendige Bürgergesellschaft“ sowie mit den „Kulturimpulsen für Hamburg“ möchte die Stiftung Debatten anregen, Lösungen erproben und Menschen in ihrem Umfeld motivieren mitzumachen.

1959 vom Unternehmer und Anstifter Kurt A. Körper ins Leben gerufen, ist die Körper-Stiftung heute mit eigenen Projekten, Kooperationen und Veranstaltungen national und international aktiv.

www.koerber-stiftung.de

Der **Körper-Preis für die Europäische Wissenschaft** zeichnet jährlich herausragende und in Europa tätige einzelne Wissenschaftler:innen für deren innovative und vielversprechende Forschungsarbeiten aus. Mit dem Preisgeld in Höhe von einer Million Euro prämiieren wir anwendungsbezogene Forschung in den Life und Physical Sciences.

www.koerber-preis.de



**European Science.
Worldwide Knowledge.**
Forschung aus Europa. Wissen für die Welt.