

Monika Rößiger

# Forscherfragen

Berichte aus der Wissenschaft  
von morgen





Monika Rößiger

# Forscherfragen

Berichte aus der Wissenschaft  
von morgen

© edition Körber-Stiftung, Hamburg 2013

Umschlag: Groothuis. [www.groothuis.de](http://www.groothuis.de)

Coverfoto: Eva-Maria Pasieka/Corbis

Herstellung: Das Herstellungsbüro, Hamburg |

[buch-herstellungsbuero.de](http://buch-herstellungsbuero.de)

ISBN 978-3-89684-449-1

Alle Rechte vorbehalten

[www.edition-koerber-stiftung.de](http://www.edition-koerber-stiftung.de)

# Inhalt

## **Zurück zu den Fragen**

Ein Vorwort von *Martin Meister* 7

## **Der ganz große Knall**

*Rolf Landua* produziert am Europäischen Kernforschungszentrum CERN Antimaterie 18

## **Botschaften aus der Tiefe des Meeres**

*Juliane Müller* erforscht anhand fossiler Sedimente, wie die Zukunft des »ewigen Eises« aussehen könnte 34

## **Vom Mauerblümchen zum Malariamedikament**

*Peter Seeberger* revolutioniert die Artemisinin-Synthese aus Beifuß 59

## **Strom aus der Wüste**

*Gerhard Knies* kämpft mit dem Projekt Desertec für eine weltweite Energiewende 77

## **Gesünder altern**

Die Molekularbiologin *María Blasco* erforscht die zellulären Grundlagen von altersbedingten Krankheiten und Krebs 96

<b>Stroh zu Gold spinnen</b>	
<i>Ferdi Schüth</i> verwandelt Holzreste in Biokraftstoff	112
<b>Von Potsdam bis zum Mittelpunkt der Erde</b>	
<i>Hauke Marquardt</i> forscht über die Entstehung von Erdbeben	126
<b>Atomare Alchemie</b>	
<i>Joachim Knebel</i> arbeitet an der Umwandlung von hochradioaktivem Abfall	142
<b>Sind wir allein im Universum?</b>	163
<i>Markus Kissler-Patig</i> leitet die Planung für den Bau des Riesenteleskops E-ELT	
<b>Die Autorin</b>	181
Bildnachweis	182

## Zurück zu den Fragen

Ein Vorwort von Martin Meister

Es steckt ein Hauch von Ungewissheit in dem Titel dieses Buches. »Forscherfragen« – das ist doppeldeutig: Sind dies die Fragen der Forscher? Oder sind es jene Fragen, die wir an die Forscher richten. Wer fragt hier wen? So drängt sich an den Anfang dieses Fragen-Buches schon gleich eine Frage.

Doch ist es gar nicht nötig, sie zu entscheiden. Denn tatsächlich soll es um beides gehen, so wie es auch in der Veranstaltungsreihe der Fall ist, die dem Buch zugrunde liegt und die – noch ein wenig irritierender – »Forscher fragen« heißt.

Angesehene Naturwissenschaftler verschiedenster Disziplinen erzählen im KörperForum – Kehr wieder 12, vom Moderator ermuntert, von den aktuellen Fachfragen, die sie sich selber vorlegen. Es sind Fragen nach Details, die man als Laie fürchtet, weil sie oft in sehr technischer Sprache formuliert sind. Darum wird im Bühnengespräch nachgeholfen und möglichst vieles übersetzt.

Und es hilft die Frageform selbst, denn die lenkt aufs Grundsätzliche. Indem die Experten über offene Punkte reden statt über fertiges Wissen; indem sie berichten von den Problemen, die sich ihnen in den Weg stellen und zu denen sie nun nach Lösungen suchen; indem sie die Einwürfe der Saalgäste beantworten, von denen viele Oberstufenschüler sind, geschieht immer wieder das Erstaunliche: Sie verlieren den Jargon, sie werden verständlich.

Gerade für Menschen, die ihr Weltverständnis entwickeln, ist dieser von der Frage herkommende Weg der bessere. Denn er motiviert zum Mitdenken. Zum Mitfiebern sogar. Der Forscher, die Forscherin erscheinen wie der Held in der TV-Serie, der in eine aussichtslose Lage geraten ist und nach einem Kniff sucht, sich daraus zu befreien. Wie bekommt man das Experiment zum Laufen? Wie wird man bloß die unerwünschten Nebeneffekte los? Wo ist der Hebel, mit dem man so viel Energie sparen kann, dass sich das neue Verfahren auch außerhalb der Labors anwenden lässt? Ist der Dreh gefunden, das Problem gelöst, tauchen sofort neue Hürden auf. Doch natürlich wird, wie im Actionfilm, weitergekämpft. Von Frage zu Frage. Und manchmal hilft bei der Antwort auch Kommissar Zufall.

Der Weg, der beim Fragen einsetzt, ist spannend – und er ist der eigentlich erkenntnisleitende, zumal beim Lernen. »Niemand wird bestreiten«, schrieb der Kulturanalytiker

Neil Postman, »dass alle Antworten, die einem Schüler gegeben werden, Endprodukte von Fragen sind. Alles was wir wissen, hat seinen Ursprung in Fragen. Man könnte sagen, dass Fragen die eigentlichen intellektuellen Werkzeuge des Menschen sind.«

Zu erleben, wie Forscher diese Werkzeuge gebrauchen, mal mit dem großen Mausschlüssel an Grundsatzfragen herangehen, mal mit der Pinzette an ein Spezialproblem, ist ein Vergnügen, bei dem sich tatsächlich gut lernen lässt. Ein derartiges Erlebnis bereiten auch Monika Rößigers kunstvolle Texte in diesem Buch. Und das, obwohl es um schwere Wissenskaliber geht: um Ungelöstes aus Astronomie, Atomphysik, Biochemie, Energietechnik, Genetik, Geologie oder Pharmazie ... In diesen Gebieten wenden sich Wissenschaftler oftmals Fragen zu, die dringlich sind, weil sie große Menschheitsprobleme betreffen. Deswegen staunt man nicht nur über die Raffinesse der Grundlagenforscher, man achtet die Professionalität der Problemlöser, verfolgt die spannenden Aktionen der Agenten mit der Lizenz zum Forschen.

»Wie lässt sich günstig ein Medikament für Malariakranke gewinnen?«, fragt Peter Seeberger, einer der Protagonisten dieses Buches. Seeberger arbeitet als Chemieprofessor an der Freien Universität Berlin und als Direktor an einem Max-Planck-Institut in Potsdam, und seine Frage ist wahr-

haftig ernst: Noch immer infizieren sich mehr als 200 Millionen Menschen jährlich mit dem Erreger des Wechselfiebers, geschätzte eine Million Menschen sterben jedes Jahr in den tropischen Ländern der Erde, vor allem in Afrika und Asien, die meisten davon sind Kinder. Dass es keine Rettung für sie gibt, hat zwei wesentliche Gründe: Ehemals häufig eingesetzte, in westlichen Pharmalabors entwickelte Medikamente sind durch Resistenzen der Erreger unwirksam geworden. Vor allem aber: Die wenigen, noch wirksamen Pharmazeutika sind ausgesprochen teuer und in Armutsländern unbezahlbar.

Das zurzeit am besten wirksame Kombinationspräparat enthält den Wirkstoff Artemisinin aus der Pflanze *Artemisia annua*. In Deutschland ist diese Spezies aus der Gattung der Beifußkräuter selten. In China dagegen gedeiht sie auf großen Feldern für die Gewinnung des pharmazeutischen Wirkstoffs. Dazu werden allein die winzigen Blüten geerntet und der Stoff extrahiert – er macht ein Prozent der Blütenmasse aus.

Seeberger ist nicht der einzige Forscher, der nach einem günstigen Syntheseverfahren für ein Malariamedikament sucht – und nach einem Unternehmen oder einer Stiftung, die bereit wären, diese Suche zu finanzieren. Was seine Arbeit und die seines jungen Kollegen Lévesque so bemerkenswert macht: Sie setzt bei einem Abfallprodukt der Extraktion an – der Artemisininsäure. Diese besitzt einen zehnfach höheren Anteil an der Pflanze als das pure Arte-

misinin. Wie lässt sich die Säure in den Wirkstoff umwandeln und die Ausbeute an Artemisinin so verbessern? Das ist, genauer betrachtet, Seebergers Forscherfrage.

Artemisinin ist ein reaktionsfreudiges Molekül, eben darauf beruht seine heilsame Wirkung. In größeren Mengen umgesetzt, ist der Stoff explosionsgefährlich. Wie kann man also dafür sorgen, dass immer nur kleine Mengen Artemisinin synthetisiert werden, dafür aber in einem kontinuierlichen und beliebig verlängerbaren Prozess? So lautet die nächste Verfeinerung der Forscherfrage. Die Antwort Seebergers und seines Kollegen fällt bereits sehr technisch aus: in einem Durchflussreaktor mit Hilfe von ultraviolettem Licht.

Das lässt sich noch leicht übersetzen: Der »Reaktor« ist ein fingerdicker, transparenter Kunststoffschlauch, der von dem Reaktionsgemisch durchflossen und von UV-Licht durchstrahlt wird. So kommt, photochemisch angestoßen, die erwünschte Umwandlungsreaktion in Gang – freilich nur in Gegenwart einer Chemikalie, die den Ausgangsstoff empfänglich für Lichtenergie, die ihn »photosensitiv« macht. Welche Chemikalie eignet sich am besten? Und mit welchem Druck soll der molekulare Sauerstoff zugesteuert werden, der sich in das Ringmolekül der gewandelten Säure integriert und sie reaktionsfreudig macht? Wie groß sollte die Durchflussgeschwindigkeit im Reaktor sein? Auch wird ein Lösungsmittel benötigt, das wegen des zugesetzten Sauerstoffs nicht leicht entflammbar sein darf.

Welches eignet sich? So löst sich die Forscherfrage in viele Einzelfragen nach Material und Methoden auf.

Zu erleben, wie Experimentatoren virtuos mit ihren Möglichkeiten spielen, kann faszinierend sein. Für jedes Problem, jede Frage gibt es einen Ansatz, einen Lösungsversuch – und man kann, bei einiger Konzentration, sogar verstehen, wie der funktioniert. Unbegreiflich erscheinen Forscher dagegen, wenn beim Erklären alles ganz schnell gehen muss, wenn etwa Peter Seeberger in der »Großen Show der Naturwunder« im ARD-Fernsehen gedrängt wird, in Sekundenschnelle sein Syntheseverfahren am aufgebauten Experiment zu erläutern. In solchen Situationen erscheinen Forscher wie Zauberkünstler, die mal dieses Wundermittel zücken, mal jenes und allen Problemen mit Methoden entkommen, von denen nur eines klar zu sein scheint: dass man sie niemals durchschauen wird.

Es macht nun einmal das Wesen der Naturwissenschaft aus, dass viele ihrer Durchbrüche auf Verfahrenstechniken und Ingenieurleistungen beruhen. Wer das außer Acht lässt, trägt eher zu Mystifizierung und Zerstreung bei als zu Aufklärung – zu einer Show eben. Der Gedanke, Artemisininsäure in Artemisinin auf photochemischem Wege umzuwandeln, ist schnell gefasst, Seeberger kam er bei zwei Wissenschaftlertreffen in den Sinn. Doch wie genau mussten die Parameter eingestellt werden? Das war die Wissenschaftlerfrage für die nächsten Monate.

Zu zeigen wie die Fragen der Wissenschaftler sich ausdifferenzieren, ist das Anliegen dieses Buches. Es erschließt die Arbeitsgebiete von neun führenden oder preisgekrönten Forscherinnen und Forschern unserer Zeit und setzt jeweils mit ihrer spannenden Ausgangsfrage ein:

*Wie lässt sich Antimaterie herstellen – und wie gefährlich ist sie?* Dieser Frage ist Rolf Landua nachgegangen. Landua ist Physiker am Europäischen Kernforschungszentrum CERN im Kanton Genf und war dort Mitinitiator der »Antimaterie-Fabrik« sowie Leiter des bekannten Athena-Experiments, bei dem erstmals Millionen von Antimaterie-Atomen erzeugt wurden.

*Wie kann man Stroh und Holzschnitzel in Treibstoff umwandeln?* Es klingt ein bisschen wie Alchemie: Der Chemiker Ferdi Schüth hat tatsächlich eine Methode gefunden, um aus solchen Abfällen gasförmiges Dimethylether zu gewinnen, das auch in den Treibstoff Ethanol umgewandelt werden kann. Und dies ist nur eines von mehreren Verfahren einer »grünen Chemie«, die Schüth und sein Team am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim entwickeln.

*Wie gelingt es, Atommüll zu entschärfen?* Dazu koordiniert Joachim Knebel, Leitender Wissenschaftler am Karlsruher Institut für Technologie, ein internationales Projekt, das auf *Partitioning* und *Transmutation* setzt: Hochradioaktive Bestandteile der Brennelemente aus Atomkraftwerken sollen abgetrennt und dann in viel kürzer strahlende Stoffe

umgewandelt werden. Nach erfolgreichen Tests scheint die Zeit reif für einen Großversuch.

*Wie lässt sich das Altern hinauszögern?* Welche Rolle die Telomere dabei spielen, bestimmte Strukturen an den Chromosomen aller Lebewesen mit Zellkern, hat die Molekularbiologin María Blasco gezeigt. Ihre Erkenntnisse versprechen neuartige Krebstherapien und könnten helfen, das Lebensalter von Zellen – und damit womöglich auch das des Menschen – zu verlängern. Blasco ist Direktorin am Nationalen Krebsforschungszentrum in Madrid.

*Wie ist es möglich, den ungeheuren Druck in den Tiefen des Erdmantels zu simulieren?* Das fragte sich der Geowissenschaftler Hauke Marquardt vom Deutschen Geoforschungszentrum in Potsdam und optimierte eine Methode, bei der zwei winzige Diamanten aufeinandergepresst werden. Der Druck, den er erzeugte, war Weltrekord – und erlaubt neue Berechnungen über die Fortsetzung von Erdbebenwellen.

*Wie kann man einen Teil des europäischen Strombedarfs aus Sonnenwärme gewinnen?* Mit Solarthermie-Anlagen in der Wüste! Dass dies nicht nur eine schöne Idee, sondern funktionierende Technik ist, zeigt der Physiker Gerhard Knies, Ideengeber und Mitgründer der Desertec Foundation, die den Bau von Kraftwerken unterstützt, in denen Sonnenstrahlung durch Spiegel fokussiert und letztlich in Dampfturbinen zur Elektrizitätserzeugung genutzt wird.

*Wie können fossile Moleküle helfen, Klimamodelle zu verbessern?* Die Geowissenschaftlerin Juliane Müller kann mittels

einer Analyse spezifischer Biomoleküle in Bohrkernen aus dem Meeresboden sehr präzise Rückschlüsse darauf ziehen, ob und wie lange die entsprechende Stelle von arktischem Meereis bedeckt war. Das stellt wichtige Daten bereit, um Klimamodelle im Hinblick auf den Einfluss des Meereises neu zu eichen und in ihrer Zuverlässigkeit deutlich zu verbessern.

*Wie lassen sich Planeten jenseits unseres Sonnensystems aufspüren?* Diesem spannenden Thema geht Markus Kissler-Patig nach, der wissenschaftliche Leiter des European Extremely Large Telescope E-ELT. Bis zum Jahr 2021 soll es in der Atacamawüste im Norden Chiles fertiggestellt sein – und wird dann 20-mal weiter in das Weltall blicken können, als es heute möglich ist.

*Wie lässt sich günstig ein Medikament für Malariakranke gewinnen?* Dies ist die bereits angeführte Ausgangsfrage von Peter Seeberger.

So wie Seeberger waren die meisten genannten Wissenschaftler Gäste der Gesprächsreihe »Forscher fragen«, die auf der Website der Körber-Stiftung in Wort, Ton und Bild dokumentiert ist. María Blasco wurde als Trägerin des Körber-Preises für die Europäische Wissenschaft 2008 mit in dieses Buch aufgenommen; Hauke Marquardt wurde 2010, Juliane Müller 2012 mit einem Deutschen Studienpreis ausgezeichnet. Es sind die großen Fragen, die motivieren und die allgemein zeigen, wie wichtig weitere Forschung ist.

Vielleicht sind sie es auch, mit denen Forscher Preise gewinnen. In der täglichen Erkenntnisarbeit kommt es eher darauf an, die Fragen möglichst klein und präzise einzustellen.

Und das hat schon gar nichts mit dem Fragen-Durcheinander des Alltagslebens zu tun, wo wir uns mal nach sozialen, mal nach sachlichen Zusammenhängen erkundigen und manchmal auch nach Werten. So schreibt der Theologe und Philosoph Emerich Coreth: »Während sich im alltäglichen Leben verschiedene Frage-Intentionen ... verbinden und überschneiden, ist es die Eigenart der Wissenschaft, bestimmt begrenzte Frage-Intentionen auszuwählen und mit entsprechenden Methoden zu verfolgen. Jede Einzelwissenschaft ist insofern ›abstrakt‹, als sie von anderen Frage-Bezügen und -Zusammenhängen absieht. ... Die Aussagen einer Einzelwissenschaft kann man daher in ihrem Sinn, ihrer Tragweite, ihren Grenzen nur richtig verstehen, wenn man sie als Antwort auf eine bestimmt begrenzte Frage-Intention versteht, ohne ihre Bedeutung darüber hinaus zu verallgemeinern.«

Im Grunde wissen wir um diese Diszipliniertheit der Wissenschaft. Doch die Allgemeinheit interessiert das Allgemeine nun einmal viel brennender. Auch Journalisten erkundigen sich am liebsten nach den praktischen Folgen der Anwendung, nach der gesellschaftlichen Wirkung und dem politischen Rahmen. Das ist nicht nur berechtigt, son-

dern stets aufs Neue nötig. Naturwissenschaft darf nicht steuerungslos und wertblind sein. Doch es hilft nichts: In ihrem Zentrum steht das schlichte Wissenwollen im Detail: Wie geht das? Wie kommt es, dass ...?

Wissenschaft verstehen heißt, die Fragen der Wissenschaftler zu verstehen. Wie auch die Voraussetzungen zu jenen Fragen. Dieser hermeneutische Ansatz von Hans-Georg Gadamer kann allen als Orientierung dienen, die sich um Wissenschaftsvermittlung bemühen. Denn schwer bestreitbar ist, was Gadamer in seinem Hauptwerk *Wahrheit und Methode* als Prämisse herausgestellt hat: Eine Aussage kann nur richtig verstanden werden von der Frage her, auf die sie eine Antwort geben will.

Aufmerksamkeit für die zugrunde gelegte Frage ist schon deswegen so wichtig, weil der fragende Forscher selbst so gründlich daran (an dem Experiment, an der zu überprüfenden These) gearbeitet hat. Es jedenfalls getan haben sollte. Schließlich ist eine saubere Frage der beste Weg zur Lösung. Oder, wie Nietzsche es ausdrückte: »Dem guten Frager ist schon halb geantwortet.«

Gilt das aber nur, wenn Forscher fragen? Gewiss nicht. Hier verbinden sich Alltag und Wissenschaft. Es gilt ebenso, wenn Forscher gefragt werden. Erkundigen wir uns also ruhig noch ein bisschen genauer, zu welcher Frage ihre Antwort gehört. Es kann sehr lohnend sein.

## Der ganz große Knall

Rolf Landua produziert am Europäischen Kernforschungszentrum CERN Antimaterie

Hollywoodfilme und Teilchenbeschleuniger haben normalerweise nicht viel miteinander zu tun. Und normalerweise arbeitet ein deutscher Physiker auch nicht an der Produktion eines US-Thrillers mit. Aber es gibt Ausnahmen. Etwa, wenn es sich um einen Antimaterie-Spezialisten wie Rolf Landua handelt – und um einen Kinofilm nach dem Roman des amerikanischen Bestsellerautors Dan Brown. Für Brown, Sohn eines Mathematikprofessors und einer Kirchenmusikerin, sind Wissenschaft und Religion keine Gegensätze, sondern die Grundlage für packende Geschichten. Zum Beispiel *Illuminati*: Der Vatikan soll durch eine gigantische Explosion ausgelöscht werden – nicht durch eine Atombombe, sondern eine »Antimaterie-Bombe«. Das Material dafür stammt aus einem Experiment am Europäischen Kernforschungszentrum CERN, bei dem der Urknall simuliert wurde. Das macht Rolf Landua auch.

Der Physiker ist einer der weltweit führenden Experten auf dem Gebiet der Antimaterie. Seit 1987 arbeitet er am CERN, in der Nähe von Genf, wo er heute die Abteilung für öffentliche Fortbildung leitet. Zuvor hat er die sogenannte »Antimaterie-Fabrik« mit initiiert und war Leiter des ATHENA-Experiments, das im Jahr 2002 erstmals Millionen von Antimaterie-Atomen produzierte. Das Europäische Kernforschungsinstitut, in den 1950er Jahren als Symbol einer neuen Zusammenarbeit in Europa gegründet, befindet sich im schweizerisch-französischen Grenzgebiet. Dort entstand die erste Internetadresse der Welt: [www.info.ch](http://www.info.ch). Heute wird sie allerdings von einer Weiterbildungsplattform

