

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Herausgeber:** Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung  
**Band:** - (1999)  
**Heft:** 43

**Artikel:** Dossier Wissen 2000 : rätselhaftes Erbe : Lichtblicke der Physik  
**Autor:** Frei, Pierre-Yves  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-967635>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

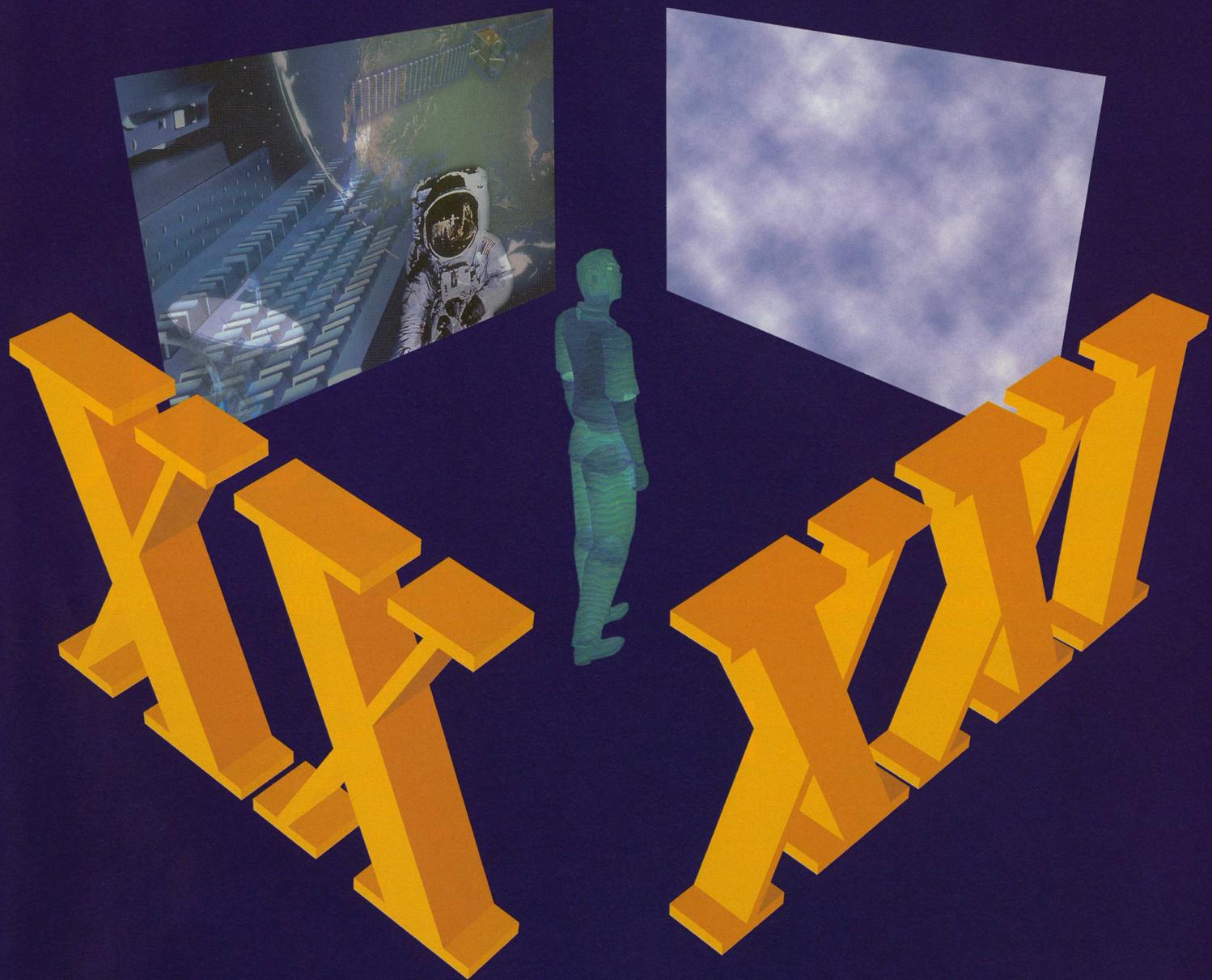
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Rätselhaftes Erbe

Die Bilanz über das 20. Jahrhundert ist noch nicht gezogen, und schon wenden sich die Menschen dem nächsten Jahrhundert zu. Es war noch nicht lange her, da leuchtete das Jahr 2000 in unseren Kinderträumen als Tor zu einer mit Hightech gesättigten Gesellschaft. Doch die Wissenschafter von gestern haben uns viele Rätsel hinterlassen, die uns auch morgen noch beschäftigen werden: Theorien der Physik wie die Relativitätstheorie oder die Quantenmechanik, politische Theorien und deren reale Existenz wie der Kommunismus, die Entdeckung der DNS haben die Welt erschüttert und bewegen sie weiterhin.

$$E = mc^2$$

Lichtblicke der

# Physik

Die allgemeine Relativitätstheorie und die Quantenphysik haben die Wissenschaft des 20. Jahrhunderts revolutioniert. Jetzt muss man beide nur noch miteinander verbinden.

VON PIERRE-YVES FREI  
BILDER KEYSTONE UND BLUE PLANET

Für die Physik geht ein denkwürdiges Jahrhundert zu Ende. Ein Jahrhundert unermesslichen Reichtums. Rasant begann es im Jahr 1900 mit Max Planck, der seinen Forscherkollegen eine überraschende mathematische Darlegung lieferte, bei der er, mehr oder weniger unbewusst, das Licht nicht mehr als Welle, sondern als eine Menge von Teilchen betrachtet. Damit legte er einen wichtigen Grundstein für die Entstehung der Quantenmechanik – ohne die ganze Tragweite seiner Entdeckung wirklich zu begreifen.

1905 befasst sich Albert Einstein mit der Angelegenheit und beweist, dass Planck Recht hatte. Das Licht ist gleichzeitig Welle und Teilchen. Für diesen Beweis wird Einstein 1921 mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet. Anschliessend arbeitet er an der spezifischen Relativitätstheorie weiter, die die allgemeine Relativitätstheorie vorbereitet – den Meilenstein in der Physik, der zehn Jahre später folgte. Aufgrund dieser Theorie befindet sich der Mensch in einem vierdimensionalen Universum, in dem Zeit und Raum relativ sind und die Lichtgeschwindigkeit absolut ist. Hier beugt sich das Raum-

Zeit-Gefüge der Masse – was man populärwissenschaftlich als Schwerkraft bezeichnet.

«Trotz seines Genies tat sich Einstein schwer damit, die Thesen der Quantenphysik zu akzeptieren, auch wenn seine Arbeiten über Photonen zu ihrer Entstehung beigetragen haben», erläutert Ruth Durrer, Professorin für theoretische Physik an der Universität Genf. «Den Quantenphänomenen, die von Niels Bohr, Max Born, Wolfgang Pauli und anderen beschrieben wurden, stand er vollkommen perplex gegenüber. Das unendlich Kleine passte schlecht zu seiner deterministischen Philosophie. Ohne ihn wäre jedoch absolut gar nichts von dem, was man heute im Bereich Kosmologie leistet, möglich gewesen.»

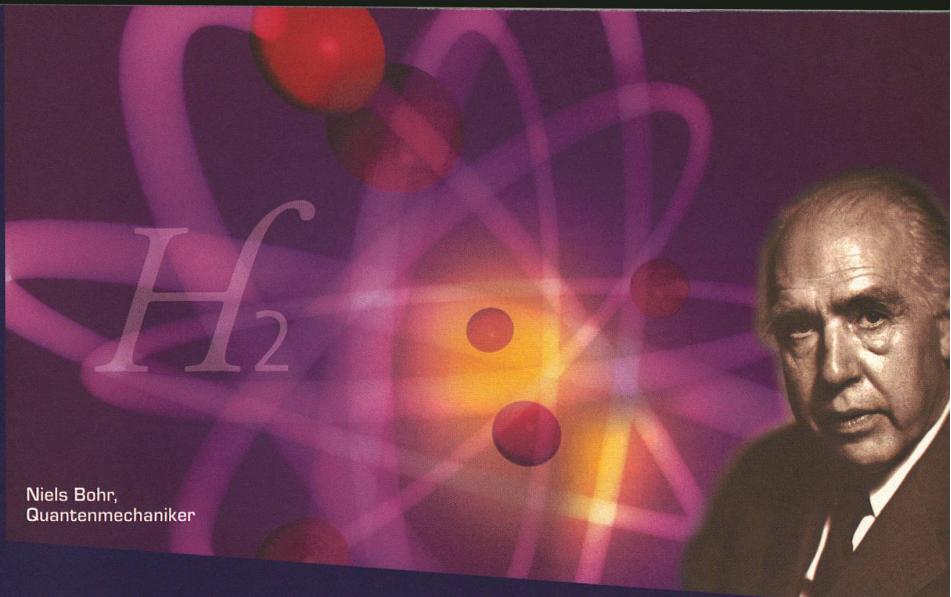
#### Ein Leben mit Einstein

Die allgemeine Relativitätstheorie sei ebenso schön wie einflussreich, sagt Durrer weiter. Die mathematische Schönheit hat Ruth Durrer dazu veranlasst, sich für die theoretische Kosmologie zu entscheiden. Und ein schwindliges Forscherleben zu führen in engem Kontakt mit dem unendlich Grossen; zu versuchen, das Geheimnis seiner Form,

seiner Vergangenheit und seiner Zukunft zu ergreifen. Ein Leben mit Einstein und seinem aussergewöhnlichen Genie. Und auch mit seinen Grenzen. Denn die allgemeine Relativitätstheorie ist nicht die ultimative physikalische Lösung. Sie allein kann nicht alles erklären. Nicht mehr übrigens, als dies die Quantenphysik kann. «Um weiter zu gehen, um das Universum besser zu erfassen, muss es uns gelingen, diese beiden miteinander zu verbinden, eine Theorie aufzustellen, die der Schwerkraft im Bereich der Quantenphysik einen Platz einräumt. Davon sind wir heute leider noch weit entfernt.»

### Sisyphusarbeit im Weltall

Diese Verbindung der beiden hervorragendsten Leistungen der zeitgenössischen Physik öffnet die Schleusen für zahlreiche theoretische Strömungen. Diejenige, der Ruth Durrer angehört, spricht von Superbändern. «Wenn man versucht, die Schwerkraft in die Quantenphysik einzubeziehen, stösst man immer wieder auf undefinierte Begriffe, die es unmöglich machen, die Gleichungen zu bearbeiten. Aber dieses Problem kann man beheben, indem man die punktförmigen Teilchen durch eine Art von Bändern ersetzt, die im Vakuum schwingen. Diese sehr elegante Theorie muss jedoch überprüft werden. Es gibt ein theoretisch vorhandenes Teilchen, das Dilaton genannt wird. Nur kann man es leider nicht beobachten, weil es nur im anfänglichen Universum, kurz nach dem Urknall, existiert hat. Plötzlich muss man sich darauf beschränken, ausschliesslich indirekte Spuren zu verfolgen, die dieses Teilchen im heutigen Weltall hinterlassen hat.



Niels Bohr,  
Quantenmechaniker

Eine wirkliche Sisyphusarbeit.» Die Realität der Quantenmechanik unterscheidet sich wesentlich von der Realität unserer makroskopischen Welt. «Um die Absurdität dessen zu beweisen, haben Einstein, Podolsky und Rosen 1935 das EPR-Paradox erfunden», berichtet Nicolas Gisin, Spezialist für Quantenoptik an der Universität Genf. «Sie haben bewiesen, dass sich zwei Lichtteilchen kreuzen können, oder anders ausgedrückt, dass sie sofort auf gleiche Weise reagieren, unabhängig von der Entfernung, die zwischen ihnen liegt. Offensichtlich ist der Informationsfluss zwischen beiden schneller als die Lichtgeschwindigkeit, da er unmittelbar erfolgt. Und doch, so sagt uns die Relativitätstheorie, ist nichts schneller als das Licht.»

### Photone als Wachhunde

Man könnte stundenlang über ein solches Mysterium philosophieren. Aber Nicolas Gisin zieht es vor, wie sein berühmter Vorgänger Niels Bohr, die Spekulationen bei Seite zu stellen und darauf zu warten, dass neue Erkenntnisse gewonnen werden. Denn dieses Quantenparadox hindert uns nicht

daran, neue Erfahrungen zu machen. Es kann sich sogar als nützlich erweisen. Dies ist natürlich die Sicht eines Ingenieurs. «Der Ire John Bell, dem es in den 60er-Jahren gelungen ist, das EPR-Paradox zu quantifizieren, bezeichnete sich selbst üblicherweise als Quanteningenieur. Ich schliesse mich dieser Ausdrucksweise an. Heute nutzen wir sich kreuzende Photonen, um in einem ersten Schritt ein unzerstörbares Codiersystem zu erstellen.» Diese kleinen Teilchen bieten zwei Vorteile für die Kryptographen: Sie werden vom reinen Zufall geleitet, und sie sind in der Quantenphysik allgegenwärtig. Man muss auf die geringste Beobachtung reagieren und die entsprechende Spur verfolgen. Also kann man die Spione, die versuchen, ihre Spur zu verfolgen, auf jeden Fall erfassen. Da jedes Photon des sich kreuzenden Paares auf jeden Fall ein Gegenstück besitzt, muss man nur eines der beiden Teilchen von aussen beeinflussen, damit sich das andere auf die gleiche Weise verändert und eine mögliche Entdeckung anzeigen.

Das Team von Nicolas Gisin hält den aktuellen Entfernungsrekord – 10 Kilometer – zwischen zwei sich kreuzenden Photonen, die mit Hilfe von Glasfasern gezwungen werden, sich voneinander zu entfernen. Selbst über diese Entfernung funktioniert der unmittelbare Informationsfluss. «Aber dies ist kein Gegensatz zur Relativitätstheorie. Die Lichtgeschwindigkeit kann nicht überschritten werden, wenn es darum geht, Informationen zu übermitteln. Denn die sich kreuzenden Photonen ermöglichen dies nicht. Man kann sie als Wachhunde verwenden, jedoch nicht als Postboten.» Das Licht kann also weiterhin in Frieden regieren. ■

dp/dx > h/(2\*pi) = Planck's constant (2\*pi)

Auch Werner Heisenberg trug mit seiner Unschärferelation zur Quantenmechanik bei.