

# „Die Welt ist ein Kunstwerk“

**SPIEGEL-Gespräch** Welche Rolle spielt Schönheit in der Natur? Eine gewaltige, sagt der amerikanische Teilchenphysiker Frank Wilczek. Der Nobelpreisträger erzählt von atomarer Sphärenmusik, goldenen Schokoladentalern und Gott.



Rekonstruktion eines Higgs-Teilchen-Zerfalls am Teilchenbeschleuniger LHC am Cern

**SPIEGEL:** Herr Professor Wilczek, Goethe sagte einmal, jedermann solle täglich ein wenig Musik hören, etwas Poesie lesen und ein Bild betrachten, damit die weltlichen Sorgen den Sinn für „das Schöne und Vollkommene“ nicht abstupfen. Hatten Sie heute schon Ihre Ration Schönheit?

**Wilczek:** Mehr als nur eine Ration. Ich habe über Kunstgeschichte gelesen und mir Bilder dazu angesehen. Außerdem verfolge ich ein strenges Leseprogramm. Heute habe ich Science-Fiction gelesen, „Star Maker“ von Olaf Stapledon, – vielleicht kein literarisches Meisterwerk, aber voller inspirierender Visionen. Außerdem spiele ich oft Klavier, aber das ist derzeit leider verstimmt.

**SPIEGEL:** In Ihrem neuen Buch schreiben Sie, dass auch die Physik den Sinn für Schönheit anspreche. Regt die Kunst Sie an bei Ihrer Suche nach den Naturgesetzen?

**Wilczek:** Ob sie mich direkt inspiriert, ist schwer zu sagen. Aber ich bin überzeugt davon, dass Kunst und Wissenschaft dieselben Hirnregionen ansprechen. Das Gehirn belohnt uns sozusagen dafür, wenn wir mit Schönerem zu tun haben. Die Evolution will uns auf diese Weise ermutigen, zu tun, was gut für uns ist. Das gilt natürlich für viele Dinge. Aber eines davon ist, Zusammenhänge zu verstehen.

**SPIEGEL:** Wir versuchen also, den Dingen auf den Grund zu gehen ...

**Wilczek:** ... genau, und wenn uns dies gelingt, erleben wir es als Schönheit.

**SPIEGEL:** Was ist „schön“ an der Physik?

**Wilczek:** Ist es zum Beispiel nicht überwältigend, dass die Gleichungen, die Atome beschreiben, denjenigen für den Klang von Musikinstrumenten ähneln? Nur, dass bei einer Geige oder einem Klavier Schwingungen von Saiten und Resonanzboden Schall erzeugen. Bei Atomen dagegen ist das, was vibriert, abstrakter. Hier sind die Schwingungen mit den Farben des Lichts verbunden, das ein Atom aussendet oder absorbiert. Dies ähnelt im Übrigen sehr den Ideen, die schon Pythagoras im Sinn hatte, als er in den Bewegungen der Planeten eine Sphärenmusik zu erkennen glaubte. In der Tat kreisen die Elektronen um den Atomkern ähnlich wie die Planeten um die Sonne. In diesem Sinn sind Atome Musikinstrumente, die geradezu perfekte Sphärenmusik produzieren.

**SPIEGEL:** Sind die Ähnlichkeiten zwischen Musik, Atomen und planetaren Bewegungen mehr als bloßer Zufall?

**Wilczek:** Wenn es ein Zufall ist, dann ein wunderschöner. Ein Geschenk.

**SPIEGEL:** Jeder Künstler hat seinen Stil. Haben Sie, wenn Sie nach den Naturgesetzen suchen, das Gefühl, dass auch die Natur ihren eigenen Geschmack hat?

**Wilczek:** Eindeutig ja. Die Welt ist ein Kunstwerk, geschaffen in einem sehr speziellen Stil. Besonders frapportiert mich die herausragende Bedeutung der Symmetrie.



**Wilczek,** 64, ist Professor am MIT in Cambridge bei Boston. Der wissenschaftliche Durchbruch gelang ihm bereits mit seiner Doktorarbeit über Quarks, für die er 2004 den Physik-Nobelpreis erhielt. Bis heute sucht Wilczek nach einer einheitlichen Theorie der Materie. Jetzt hat er ein Buch geschrieben, in dem er sich mit den tiefen Geheimnissen der Natur befasst\*.

**SPIEGEL:** Nämlich welche?

**Wilczek:** Das Prinzip der Symmetrie lässt sich auf die Formel „ändern, ohne zu verändern“ bringen. Das mag mystisch oder paradox klingen, ist aber ganz einfach: Was zum Beispiel macht einen Kreis so symmetrisch? Dass man ihn um seinen Mittelpunkt drehen kann, ohne dass er sich dabei verändert. Ein gleichseitiges Dreieck dagegen verändert sich bei der Rotation – außer, wenn Sie es um 120 Grad drehen, dann verwandelt es sich in sich selbst zurück. Es hat also auch Symmetrien, wenngleich weniger als der Kreis. Dieses Konzept der Symmetrie als Änderung ohne Veränderung lässt sich nun verallgemeinern auf die Gesetze der Physik.

**SPIEGEL:** Das hilft, die Welt zu verstehen?

**Wilczek:** Und wie! Ein Schlüsselprinzip der Relativitätstheorie besteht zum Beispiel darin, dass die Welt, von einem bewegten Zug aus betrachtet, zwar ganz anders aussieht, dass sich die Naturgesetze aber trotzdem nicht ändern. Nun kann man sich auf die Suche nach perfekten Gleichungen machen, die unter möglichst vielen Transformationen in ihren Folgen unverändert bleiben. Dies sind sozusagen die Kreise unter den Gleichungen. Und genau die, so stellt sich heraus, regieren die Welt!

**SPIEGEL:** Die Gemälde der Expressionisten oder die Zwölftonmusik wurden anfangs als hässlich verunglimpft. Überhaupt wird in den Künsten viel darüber gestritten, was

verdient, „schön“ genannt zu werden. Besteht in der Physik mehr Einigkeit?

**Wilczek:** Nein. Wie in der Kunst stellt sich die Einigkeit meist erst im Rückblick ein. Nehmen Sie die Quantenphysik: Sie schien anfangs bizarr, hässlich, abscheulich. Viele ihrer Begründer – Planck, Einstein, Schrödinger – haben bis zu ihrem Tode mit ihr gehadert. Bis sich ein Konzept von Schönheit durchsetzt, bedarf es eines langen Dialogs mit der Natur.

**SPIEGEL:** Wann haben die Physiker denn die Bedeutung der Symmetrie entdeckt?

**Wilczek:** In ihrer modernen Gestalt handelt es sich um eine Idee des 20. Jahrhunderts. Aber erstaunlicherweise hat schon Platon sie vorausgeahnt. Er entwickelte die Vorstellung, dass die vier Elemente Erde, Wasser, Feuer und Luft aus Bausteinen bestehen, welche die Form von vier ideal symmetrischen Körpern haben, sogenannten platonischen Körpern. Eine brillante Vision – auch wenn sein Modell im Detail natürlich völlig falsch war.

**SPIEGEL:** Wann wurde Ihnen die Schönheit der Naturgesetze bewusst?

**Wilczek:** Ich habe erst vor fünf Jahren begonnen, mich bewusst damit auseinanderzusetzen. Damals war ich aufgefordert worden, einen Vortrag über die Schönheit der Quantenwelt zu halten.

**SPIEGEL:** In den Jahren zuvor spielte sie gar keine Rolle für Ihre Arbeit?

**Wilczek:** Implizit schon. Wenn ich heute zurückblicke, dann wird mir klar, dass die Suche nach Schönheit mein Leitfaden war. Aber explizit habe ich darauf nicht geachtet. Ich war zu sehr damit beschäftigt, meine tägliche Arbeit voranzutreiben.

**SPIEGEL:** Ihre bedeutendsten Einsichten, für die Sie später den Nobelpreis bekamen, hatten Sie schon 1972 und 1973 ...

**Wilczek:** ... ja, ich war damals noch sehr jung, 21 oder 22. Um zu verstehen, was wir damals machen, muss man zunächst wissen, dass es vier Kräfte in der Natur gibt: die beiden klassischen Kräfte – Gravitations- und elektromagnetische Kraft – und noch zwei weitere Kräfte, auf die Physiker gestoßen sind, als sie begannen, Atomkerne zu studieren. Dabei fanden sie die starke Kraft, die den Atomkern zusammenhält, und die schwache Kraft, die für eine Reihe von Zerfallsprozessen verantwortlich ist. Ich habe damals zusammen mit David Gross versucht, die Gleichungen der starken Kraft herauszukriegen. Wir haben sie erraten, weil wir intuitiv nach besonders schönen, symmetrischen Gleichungen gesucht haben.

**SPIEGEL:** Wussten Sie, dass Sie einem tiefen Geheimnis der Natur auf der Spur waren?

**Wilczek:** Oh ja. Ich sagte damals zu David: „Wenn die Experimente bestätigen, was wir vorhersagen, dann kriegen wir den Nobelpreis.“ Und so war es dann ja auch!

**SPIEGEL:** Gab es einen Moment der Erleuchtung?

\* Frank Wilczek: „A Beautiful Question“. Penguin Press, New York; 448 Seiten; 29,95 Dollar.

**Wilczek:** Es gab solche Momente, aber anders, als Sie sich das vorstellen. Die Daten, die die Experimente lieferten, waren ziemlich unklar. Wir konnten also nicht sagen: „Diese und jene Fakten haben wir erklärt, und alles passt wunderbar zusammen.“ Die Grundbausteine unserer Theorie, die Quarks und Gluonen, waren ja noch nie beobachtet worden. Erst Ende 1974 wurde das Bild durch neue Experimente viel klarer.

**SPIEGEL:** Heinrich Hertz hat einmal über die Gleichungen der Elektrodynamik gesagt, sie seien noch intelligenter als ihre Entdecker ...

**Wilczek:** Oh, das gilt ganz bestimmt auch für die Gleichungen der Quantenchromodynamik, wie die Theorie der starken Kraft heute genannt wird. Wir gingen aus von ein paar Annahmen über Schönheit und Symmetrie – und sämtliche Phänomene der Kernphysik lassen sich daraus ableiten. Sie bekommen also viel mehr heraus, als Sie hineinstecken.

**SPIEGEL:** Heute ist die Theorie, die Sie damals entwickelt haben, Bestandteil des sogenannten Standardmodells. Es beschreibt unsere Welt auf faszinierend präzise Weise. Dennoch sind Sie nicht zufrieden?

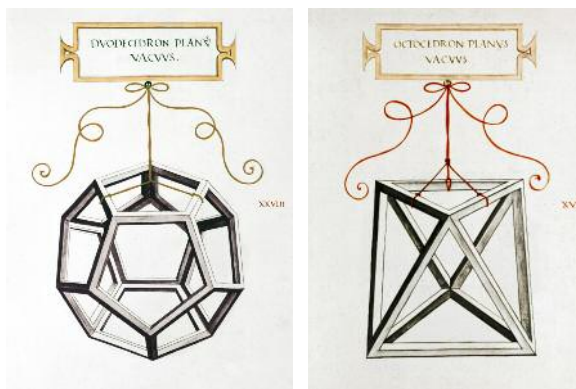
**Wilczek:** Nein. Das Standardmodell hat schwerwiegende ästhetische Mängel. Das letzte Wort der Natur müsste schöner sein.

**SPIEGEL:** Was genau stört Sie?

**Wilczek:** Das Standardmodell enthält lose Enden. Es tauchen darin vier verschiedene Kräfte auf. Man würde sich wünschen, dass es nur eine ist. Außerdem besteht die Welt dem Standardmodell zufolge aus mehreren verschiedenen Materialien. Auch diese würde man gern auf nur ein Material zurückführen. Was die Sache derzeit sehr spannend macht: Es gibt Vorschläge, wie sich viele der Mängel beheben ließen.

**SPIEGEL:** Wie sehen die aus?

**Wilczek:** Die Grundidee besteht darin, dass die Prinzipien hinter der Theorie der elektromagnetischen, der schwachen und der starken Kraft einander frappierend ähneln. Sie schreien geradezu danach, in einer umfassenderen Theorie vereinigt zu werden. Und in der Tat ist dies mathematisch einfach zu erreichen. Das Problem ist nur, dass dazu alle drei Kräfte gleich stark sein müssten. Das sind sie aber nicht. Deshalb sah es zunächst so aus, als steckten wir in einer Sackgasse. Doch dann stellten wir fest, dass wir bei extrem kleinen Entfernungen bestimmte Quanteneffekte berücksichtigen müssen. Und wenn man dies tut, werden die Kräfte einander immer ähnli-



Platonische Körper\*: „Brillante Vision“

cher – genau wie es eine vereinheitlichte Theorie vorhersagt.

**SPIEGEL:** Es gibt also eine in sich schlüssige Theorie aller drei Kräfte?

**Wilczek:** Nicht so schnell! Die drei Kräfte werden einander immer ähnlicher, aber leider gleichen sie sich nicht ganz an. Das funktioniert erst, wenn man noch eine zusätzliche Symmetrie-Annahme macht, die sogenannte Supersymmetrie oder Susy. Wie bei allen anderen Symmetrien beruht auch sie auf dem Prinzip „ändern, ohne zu verändern“. Nur dass man in diesem Fall Teilchen und Kräfte gegeneinander vertauschen kann, ohne dass sich die Gesetze dabei verändern. Dies ist ein sehr kühner Schritt. Aber wenn man ihn durchführt, klappt es: Alle drei Kräfte nehmen bei extrem kurzen Abständen exakt den gleichen Wert an.

**SPIEGEL:** Und das klingt zu schön, um falsch zu sein?

**Wilczek:** Sie sagen es. Oder die Natur erlaubt sich einen grausamen Scherz mit uns.

**SPIEGEL:** Wie können Sie sicher sein, dass es kein Scherz ist?

**Wilczek:** Wir müssten einige der zusätzlichen Teilchen finden, die die Supersymmetrie vorhersagt. Und das könnte theoretisch schon in der nächsten Woche am Cern gelingen. Der Theorie zufolge dürften diese Teilchen nicht allzu schwer sein, deshalb hat der Beschleuniger am Cern sehr gute Chancen, sie zu finden.

**SPIEGEL:** Haben Sie Wetten laufen?

**Wilczek:** Ja, ich habe 100 Nobel-Schokoladentaler darauf gewettet, dass bis 2020 Susy-Teilchen gefunden werden.

**SPIEGEL:** Nobel-Schokoladentaler?

**Wilczek:** Ja. Das sind in Goldfolie verpackte Schokoladenmünzen, die es bei der Preis-



Wilczek, SPIEGEL-Redakteur\*  
„Super Mario denkt, seine Welt sei real“

verleihung in Stockholm gibt. Ich habe noch ein paar davon übrig. Aber wenn ich verliere, muss ich mir von Freunden neue besorgen lassen. Man kann sie bei der Zeremonie rausschmuggeln.

**SPIEGEL:** Wäre die Entdeckung solcher Susy-Teilchen noch bedeutsamer als die des Higgs-Teilchens?

**Wilczek:** In meinen Augen ja. Das Higgs-Teilchen war eine großartige Sache, aber letztlich nur das i-Tüpfelchen, das zur endgültigen Bestätigung des Standardmodells noch fehlte.

Susy-Teilchen dagegen wären ein weitreichender Schritt über die Ideen des Standardmodells hinaus.

**SPIEGEL:** Erstaunt es Sie eigentlich, dass die Natur Gesetzen gehorcht, die wir Menschen begreifen können?

**Wilczek:** Dies hat eine sehr tiefe Bedeutung und ist alles andere als selbstverständlich. Lassen Sie uns als Gedankenexperiment annehmen, dass die ganze Welt eine Simulation auf einem Supercomputer ist, wobei auch wir selbst Teil dieser Simulation sind. Wir reden hier also von einer Welt, in der Super Mario denkt, seine Super-Mario-Welt sei real. Die Gesetze in einer solchen Welt wären nicht notwendigerweise schön oder symmetrisch, sie würden vielmehr bestimmt von dem, was der Programmierer eingegeben hat. Diese Gesetze wären willkürlich. Und es gäbe von ihnen keine einfachere Beschreibung als diejenige durch ein riesiges Computerprogramm. Eine solche Welt wäre logisch möglich, und doch ist unsere Welt anders. Es ist eine grandiose Tatsache, dass wir die Natur, wenn wir ihr auf den Grund gehen, in ihrem Innersten verstehen können.

**SPIEGEL:** Eine grandiose Tatsache? Dieser Befund kann einen Physiker doch nicht zufriedenstellen. Treibt es Sie nicht, genau diese Tatsache zu erklären?

**Wilczek:** Ich wüsste nicht, wie eine solche Erklärung aussehen sollte. Wir stoßen in unseren Bemühungen, die Welt zu erklären, sozusagen auf den Fels der Wirklichkeit. Die einzige, aber zutiefst spekulative Erklärung könnte sein, dass irgendein Sternennmacher, ein Ingenieur verantwortlich ist für das Design dieser Welt.

**SPIEGEL:** Andere nennen es „Gott“.

**Wilczek:** Vergessen Sie nicht: Meine Helden Galileo, Maxwell und Newton glaubten mit ihrer Forschung herausfinden zu können, was Gott ist. Sie waren inspiriert von der Vorstellung, dass sie, um Gott zu verstehen, Gottes Werk studieren müssten.

**SPIEGEL:** Und Sie? Sind Sie auch auf der Suche nach Gott?

**Wilczek:** Ich will herausfinden, was die Wirklichkeit ist. Nennen Sie die dann, wie Sie wollen.

**SPIEGEL:** Herr Professor Wilczek, wir danken Ihnen für dieses Gespräch.

\* Oben: Zeichnungen von Leonardo da Vinci, 1509; unten: Johann Grolle in Wilczeks Wohnung in Cambridge, US-Bundesstaat Massachusetts.