

Dieter Hattrup

# **Gespräche mit Darwin 2**

**– Albert Einstein u.a. –**



Einstein und Bohr 1930

**Paderborn 3. Oktober 2010**

Gesamtzeichenzahl: 100.000  
© 2010 by Dieter Hattrup, Paderborn  
Vervielfältigung für private Zwecke erlaubt!

# INHALT

<b>2. Albert Einstein?</b> .....	<u>4</u>
<i>Einsteins Weigerung</i> .....	<u>4</u>
<i>Tragik in der Physik?</i> .....	<u>8</u>
<i>Flucht vom Ich in das Es</i> .....	<u>12</u>
<i>Physik des 20. Jahrhunderts</i> .....	<u>15</u>
<i>Das Schicksal der Zwillinge</i> .....	<u>18</u>
<i>Die Hilfsgröße <math>h</math></i> .....	<u>21</u>
<i>Der Annus mirabilis 1905</i> .....	<u>24</u>
<i>Halbe Stunde auf das Geheimnis warten</i> .....	<u>26</u>
<i>Das EPR-Paradoxon</i> .....	<u>29</u>
<i>Der tragische John Bell</i> .....	<u>32</u>
<i>Erste Experimente</i> .....	<u>36</u>
<i>Der Übergang vom Tier zum Menschen</i> .....	<u>39</u>
<i>Die Religion des Hundes</i> .....	<u>42</u>
<i>Wie läßt sich Freiheit erkennen?</i> .....	<u>45</u>
<i>Theologie der Natur</i> .....	<u>49</u>
<i>Philosophie und Theologie</i> .....	<u>51</u>
<i>Fulmen in clausula</i> .....	<u>55</u>
<b>Personen</b> .....	<u>57</u>

## 2. Albert Einstein?

### *Einsteins Weigerung*

**Zeilinger:** O, großes Unglück, das hat uns gerade noch gefehlt. Bleiben Sie hier, meine Herren, laufen Sie nicht weg. Wir haben gerade ein Problem bekommen; das hat keiner von uns geahnt, ich auch nicht. Das Gespräch mit Einstein über die Physik im 20. Jahrhundert findet nicht statt. Er will nicht, er weigert sich, er ist noch immer empört, er wird nicht kommen.

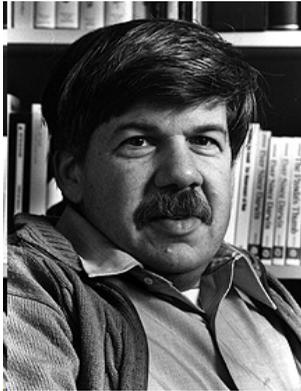


Anton Zeilinger

**Gould:** Wie? Was soll das heißen? Das ist ja eine schöne Bescherung. Dann bricht ja der krönende Abschluß weg, der Schlußstein, der das ganze Gebäude der Wissenschaft zusammen halten soll. Sie, Herr Kollege von der Physik, sollten mit Einstein das Gespräch führen, das

uns durch das 20. Jahrhundert leitet, ich meine durch die Physik dieser Epoche, um am Ende mit dem Ausruf zu enden: Der Zufall ist wirklich echt, jetzt sehe ich es! Ich meine, das hätten Sie bestimmt gerufen. Allerdings, ob Einstein in den Ruf eingestimmt hätte, das wäre meine Frage die ganze Zeit über gewesen. Jetzt fehlt uns diese Prise Salz in der Suppe. Doch keine Sorge, hier bleiben wollten wir beide auf jeden Fall, wir wollten uns das Gespräch anhören.

**Darwin:** Ja, auf das Gespräch habe ich mich schon gefreut. Oder, das ist zu blaß ausgedrückt, ich muß einfach hören, was in der Physik passiert ist. Damit ich meine Biologie, meine Transformationslehre, die auf der Physik des 19. Jahrhunderts gegründet war, vertiefen kann. Jeden-



Stephen J. Gould

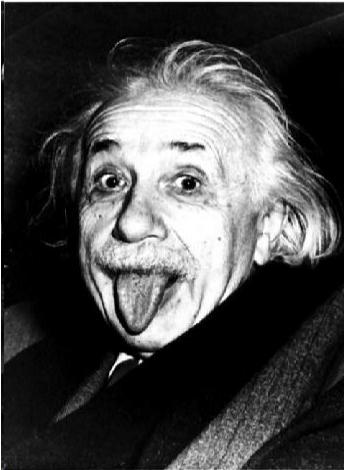
falls hat mir das Herr Gould dringend geraten; er meinte, ich könne die Evolutionslehre nur mit der Physik des 20. Jahrhunderts richtig verstehen.

**Zeilinger:** Da kann ich dem Kollegen von der Biologie nur recht geben. Die Revolution in der Biologie, Herr Darwin, die Sie mit dem berühmten ‚variation and selection‘ in Ihrem Jahrhundert angestoßen haben, versteht man erst richtig, wenn man die Revolution der Physik des folgenden Jahrhunderts zur Grundlage nimmt. In dem biologischen Paar ‚variation and selection‘ steckt das physikalische Paar ‚Zufall und Notwendigkeit‘, und das konnte man mit der mechanischen Physik zu Ihrer Zeit noch nicht verstehen.

**Gould:** Ja, was machen wir da bloß? Ich denke, wir drei hier bleiben zusammen und suchen uns die Physik des 20. Jahrhunderts in den wichtigsten Etappen vor Augen zu führen. Ihrer Führung können wir uns ja anvertrauen, Herr Zeilinger. Sie sind ein international anerkannter Physiker, da kann nichts schiefgehen, ich meine bei Sachfragen. Bei Deutungsfragen muß dann jeder mitreden dürfen. Doch vielleicht können Sie uns erst einmal sagen, was Einstein so verärgert hat. Warum ist er heute noch so empört, mehr als fünfzig Jahre nach seinem Tod? Und warum will er nicht mit uns reden?

**Zeilinger:** Viel habe ich nicht zu erzählen, er war sehr kurz angebunden. Ich war überrascht von seiner schlechten Laune, denn in seinem Leben auf der Erde soll er sehr jovial gewesen, und das in alle Richtungen, ohne Ansehen der Person. Er hat

die vielen, vielen Briefe beantwortet, die an ihn gerichtet waren, ob das kleine oder große Leute waren. Mich dagegen hat er jetzt schnell abgefertigt: ‚Die Physik des 20. Jahrhunderts hat sich schlecht entwickelt, das kann ich nicht mit ansehen. Ich habe immer gesagt: Gott würfelt nicht. Warum wollten die Physiker nicht auf mich hören? Nun tritt die Theorie seit dreißig Jahren auf der Stelle.‘ Ich habe ihm das Wort von Niels Bohr entgegen gehalten, vielleicht war ich etwas zu laut dabei:



‚Wer ist Einstein? Es kann doch nicht unsere Aufgabe sein, Gott vorzuschreiben, wie Er die Welt regieren soll.‘ Da hat er seine langen grauen Haare nur kurz geschüttelt, einmal aufgelacht: Mitkommen wollte er trotzdem nicht, das Gespräch sei ihm widerwärtig, wenn es auf die Echtheit des Zufalls herausläuft. Ich soll in hundert Jahren noch einmal vorbeischaun, dann vielleicht hat er sich abgefunden, dann mag er ausgesöhnt sein mit dem würfelnden Gott. An der

Tür ist er noch einmal stehengeblieben, hat sich umgedreht und gerufen: ‚Oder es gibt keinen würfelnden Gott mehr.‘ Dabei hat er schallend gelacht und mir die Zunge herausgestreckt. Es war wie auf dem Foto zu seinem 72. Geburtstag im Jahr 1951, als er im Auto saß und die Journalisten ihn belagerten.

**Darwin:** Mein Gott, das ist ja tragisch. Da haben Sie ja in ein Wespennest gegriffen, Herr Zeilinger. War denn Einstein so ein unerträglicher Mensch? Ich kenne ihn gar nicht. Was, Sie sagen, er ist drei Jahre vor meinem Tode geboren, also im Jahr 1879? Wie sollte ich da bis 1882 von einem kleinen Einstein gehört haben!

**Zeilinger:** Eigentlich nicht unerträglich, ich habe es ja schon gesagt, er war zwar immer ein Einzelgänger, Einspänner war seine Selbstbezeichnung, doch so aufgeschlossen wie möglich.

So um 1930 hat er das einmal selbst erzählt: ‚Ich habe dem Staat, der Heimat, dem Freundeskreis, ja selbst der engeren Familie nie mit ganzem Herzen angehört, sondern habe all diesen Bindungen gegenüber ein nie sich legendes Gefühl der Fremdheit und des Bedürfnisses nach Einsamkeit empfunden, ein Gefühl, das sich mit dem Lebensalter noch steigert.‘

Das hört sich friedlich an, doch unter der Oberfläche muß es in ihm gekocht haben. Vielleicht war er voller Wut, weil sich



Der junge Darwin

die Natur nicht so verhalten hat, wie er es von ihr erwartet hatte. Doch kann man wütend sein auf die Natur? Auf wen soll ich meine Empörung richten, wenn die Naturgesetze nicht so sind, wie ich sie gerne hätte? Alle Physiker, nein, alle Naturforscher im 20. Jahrhundert haben in Einstein ihren geistigen Vater gesehen. Doch wie so mancher Vater wurde auch er mit der Zeit eigensinnig und lästig, und zwar vor großem Publikum. Es gibt da eine Geschichte mit J. Robert Oppenheimer, dem späteren

Vater der Atombombe. Er hielt sich seit Ende 1934 für einige Monate in Princeton auf, wo Einstein am Institute for Advanced Study lebte. Zwar etwas spöttisch, doch auch in Anerkennung des unvergleichlichen Genies, schreibt er am 11. Januar 1935 an seinen Bruder Frank: ‚Einstein is completely cuckoo! – Einstein ist völlig verrückt!‘ Später erklärte er genauer, was er damit gemeint hat. Seit 1925 bis zu seinem Tod 1955 hat Einstein nichts anderes mehr versucht, als die Quantentheorie wieder loszuwerden. ‚Niemand hätte dabei genialer vorgehen und sich verblüffendere Beispiele ausdenken können. Wie sich herausstellte, gab es solche Widersprüche nicht, und oftmals konnte deren Auflösung sogar in Einsteins früheren Werken entdeckt werden. Als dies nach wiederholten Bemühungen

nichts fruchtete, konnte Einstein nichts mehr antworten. Er sagte nur noch, er lehne die Theorie trotzdem ab.‘

**Darwin:** Das klingt ja abenteuerlich und macht mich ganz neugierig. Der große Physiker scheint also schwer mit der Natur gerungen zu haben. Wie ich übrigens auch. Die Natur hat auch mir ein Beinchen gestellt und mich zu Fall gebracht, wie ich vorhin schon zu Herrn Gould gesagt habe. Die Natur hat mein Weltbild ruiniert, ich konnte nicht mehr an den persönlichen Gott glauben.

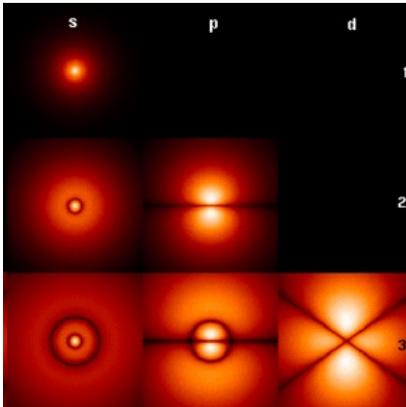
**Zeilinger:** Ja, so ähnlich und auch wieder ganz anders ist es Einstein ergangen. Dem befreundeten Physiker Otto Stern soll er am Ende seines Lebens anvertraut haben: ‚Ich habe hundertmal so viel über Quantenprobleme nachgedacht wie über die Allgemeine Relativitätstheorie.‘

**Gould:** Mein Gott, das hätte ich nicht gedacht. Ich bin zwar kein Physiker, doch immerhin habe ich mitbekommen, woher der Wind weht, ich meine, woher der sagenhafte Ruhm Einsteins kommt, nämlich aus der Relativitätstheorie, oder aus den beiden Relativitätstheorien. Von seiner Schwierigkeit mit der Quantentheorie habe ich gehört, nur dieses Ausmaß habe ich nicht vermutet.

### *Tragik in der Physik?*

**Zeilinger:** Ja, außen sieht man nur die glänzende Fassade Einsteins. Die hat ihn bei der Wende zum 21. Jahrhundert zu einem Heros des Geistes in allen großen Magazinen der Welt gemacht: ‚Das Gehirn des Jahrhunderts‘ war noch eine gemäßigte Hymne auf der Titelseite eines deutschen Heftes. Doch hinter der Fassade litt er ziemliche Qualen. ‚Das erleben wir gerade jetzt tragisch in der Physik.‘ So schreibt er im Januar 1927 an Hedwig Born, die Frau des befreundeten Physikers Max Born. Die Quantentheorie war auf den Plan getreten und zeigte ihre Krallen. Einstein empfand die Theorie als eine ein

zige Giftspritze und wollte schier an ihr verzweifeln. Übrigens hatte er den Nobelpreis des Jahres 1921 für seine Ideen gerade



Elektron im Wasserstoff-Atom

zur Quantentheorie bekommen. Max Planck und er selbst hatten zu Anfang des letzten Jahrhunderts das Tor zu dieser für ihn so bössartigen Theorie aufgestoßen. In jugendlichem Forscherdrang hatte er zunächst nichts gemerkt, erst in der Folge sah er, was die Quantensprünge nach sich ziehen werden. Hier ist das Wort von der Tragik wirklich einmal am Platz. Nicht gleich zu Anfang,

im Jahre 1905, doch schon um 1910 beginnen ihn seine eigenen Quantenideen zu quälen. Natürlich hat das die anderen Physiker nicht abgehalten, auf dem Weg weiter fortzuschreiten, einfach weil der Weg so erfolgreich war.

**Darwin:** Entschuldigen Sie bitte, das müssen Sie mir erklären. Zuerst, was Quantentheorie und was Relativitätstheorie ist, obwohl ich ein paar Brocken davon im Gespräch vorhin schon mitbekommen habe; schließlich auch, warum dieser wohl sehr bedeutende Physiker Einstein über einer so erfolgreichen Theorie so bitter geworden ist, eine Theorie, die er am Anfang sogar selbst mit angestoßen hat. Habe ich das richtig mitbekommen: Die Theorie funktioniert sehr gut, und der Mann ist schier verzweifelt?

**Gould:** Ja, das ist richtig. Wenn ich da zuerst einmal eine Bemerkung machen darf. Es war bei Ihnen so ähnlich. Auch Ihnen hat die erfolgreiche Evolutionslehre das Weltbild geraubt, nur haben Sie sich am Ende damit abgefunden. Dagegen hat Einstein niemals Frieden mit der Quantentheorie gemacht, bis heute nicht, wie wir gerade erlebt haben. In hundert Jahren dürfen wir wieder nachfragen, ob sich seine Empörung gelegt hat. Nette Einladung, nicht wahr? Ich würde folgende Formel

probieren: Sie, Herr Darwin, wollten an den persönlichen Gott glauben und konnten wegen der Wissenschaft nicht; Einstein konnte glauben und wollte nicht.

**Darwin:** Meinen Sie, auf diese Weise läßt sich eine Parallele oder Antiparallele zwischen uns herstellen? Was meine Person betrifft, so kann ich mich einverstanden erklären: Ich wollte an den persönlichen Gott glauben und konnte es nicht mehr, wegen der Wissenschaft. Ich meine, wenn ich ehrlich bleiben wollte, und das wollte ich unbedingt. Meine Entdeckung von der Entwicklung der Arten raubte mir den Glauben an einen frei handelnden Gott.

**Zeilinger:** Was den Kampf Einsteins mit der Physik betrifft, da kann ich vielleicht einspringen. Die berühmtesten Äußerungen von Einstein habe ich immer im Kopf, weil sie so treffend sind, manchmal auch treffend daneben. Man sieht jedenfalls immer deutlich, woher der Wind bei ihm weht. Je später, um so klarer redet er. Man merkt ihm an, wie Wunsch und Wirklichkeit immer stärker auseinander klaffen, obwohl er beides nie verwechselt hat, er war kein Ideologe. Hier noch ein Wort aus dem Jahr 1927: ‚Ich kann mir keinen persönlichen Gott denken, der die Handlungen der einzelnen Geschöpfe direkt beeinflusste oder über seine Kreaturen direkt zu Gericht säße. Ich kann es nicht, trotzdem die mechanistische Kausalität von der modernen Wissenschaft bis zu einem gewissen Grade in Zweifel gestellt wird.‘

**Darwin:** Mechanistische Kausalität, das ist doch Newton, das ist doch das, was ich die ‚fixed laws‘ genannt habe, nicht wahr? Und Einstein sieht diese Kausalität in Zweifel gestellt? Doch er will die Zweifel nicht haben? Ich habe keine Probleme damit gehabt, an die festen Gesetze zu glauben, doch soweit ich weiß, hat auch kein Physiker des 19. Jahrhunderts die Festigkeit der Gesetze in Zweifel gezogen. Nur Herr Gould hat mir vorhin damit Probleme gemacht. Interessant ist das mit dem persönlichen Gott, von dem Einstein spricht. Was hat denn die Kausalität mit Gott zu tun?

**Gould:** Das war doch unser großes Thema vorhin, Herr Darwin. Durch die starren Gesetze der Natur, ich will sagen, die vermeintlich starren kausalen Gesetze, sind Sie vom persönlichen Gott abgekommen. Was ich ganz plausibel finde, denn allein mit der kausalen Notwendigkeit wäre nichts anderes denkbar als ... die Unfreiheit aller Lebewesen einschließlich des Menschen. Ich betone: wäre!

**Darwin:** Dann liegt Einstein ja genau auf meiner Linie, seine Logik ist meine Logik: Hundert Prozent kausale Notwendigkeit in der Natur ergibt null Prozent echte Freiheit, also kein echtes Mensch- oder Gottsein. Freiheit ist nur eine Einbildung, eine Selbsttäuschung des Menschen.

**Zeilinger:** Wenn ich da mal einspringen darf. Wie sehr Einstein mit diesem Problem gerungen hat, sieht man an einer Bemerkung ein paar Jahre später, ich meine aus dem Jahr 1941: ‚In dieser persönlichen Gottesidee liegt nun die Hauptursache des gegenwärtigen Konflikts zwischen der religiösen und der wissenschaftlichen Sphäre. Die Wissenschaft sucht, allgemeine Regeln aufzustellen, die den gegenseitigen Zusammenhang der Dinge und Ereignisse in Raum und Zeit bestimmen. Für diese Regeln, beziehungsweise Naturgesetze wird allgemeine und ausnahmslose Gültigkeit gefordert – nicht bewiesen. Es ist zunächst nur ein Programm, und der Glaube in seine prinzipielle Durchführbarkeit ist nur durch Teilerfolge begründet.‘

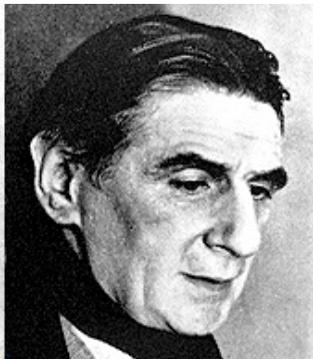
Das ist mein Lieblingssatz von Einstein, und das aus drei Gründen. Zuerst wird klar, warum Einstein kein Ideologe ist. Er mag den persönlichen Gott nicht leiden; nur einen Herrn, der nicht würfelt, könnte er ertragen. Das wäre einfach die ‚Natur‘, natürlich gesichtslos. Die Wissenschaft der Neuzeit hatte lange Zeit ganz in seinem Sinne gewirkt, sie schien Gott aus der Welt vertrieben zu haben. So soll es weitergehen, das wünschte sich Einstein für alle Zeit. Doch von allgemeiner Vertreibung kann 1941 noch keine Rede sein, das weiß er selbst sehr gut, weil die allgemeinen Regeln aller Dinge und Ereignisse bisher nicht aufgestellt sind, er kennt die Sachlage. Ganz im Gegenteil! Zweitens beginnt nämlich Einstein den Umschwung zu spüren:

Die Wissenschaft selbst legt jetzt den Gedanken an den persönlichen Gott nahe, was ganz und gar gegen seinen Geschmack ist. Eine unerhörte Zumutung der Natur! Dennoch erwähnt er diesen mißliebigen Zug der Wirklichkeit und unterdrückt ihn nicht. Er hätte die unangenehme Nachricht ja auch verschweigen können. Und drittens gefällt mir seine Bemerkung, weil Einstein es überhaupt gewagt hat, die Gottesfrage aus dem privaten Raum in die Öffentlichkeit zu ziehen.

**Darwin:** Genau mein Problem, doch irgendwie habe ich den Eindruck, es hat sich der Wind im 20. Jahrhundert noch einmal gedreht.

### *Flucht vom Ich in das Es*

**Gould:** Ich kann noch ein weiteres Zitat beisteuern. Der Dichter Hermann Broch hatte ihm 1945 seinen Altersroman ‚Vergil‘



Hermann Broch

nach Princeton gesandt, was nicht schwierig war, denn Broch lebte wie so viele Nazi-Vertriebene im amerikanischen Exil. In englischer Fassung lautet die Antwort Einsteins: ‚I am fascinated by your ‚Vergil‘, and I am steadfastly resisting him. The book shows me clearly what I fled from when I sold myself body and soul to Science, the flight from the I and the WE to the IT.‘ Damit können

Sie etwas deutlicher als im Original die Idee in dem Satz erkennen: ‚Ich bin fasziniert von Ihrem ‚Vergil‘, und gleichzeitig wehre ich mich gegen den Roman. Das Buch zeigt mir deutlich, vor was ich geflohen bin, als ich mich mit Haut und Haar der Wissenschaft verschrieb, Flucht vom Ich und vom Wir in das Es.‘ Das ist Einsteins berühmte Flucht, jetzt in etwas anderem Lichte gesehen. Großartig kann ein Wissenschaftler kein Bekenntnis ablegen über seine innersten Motive. Wieder ist es das Loskommen vom Persönlichen, vom Menschen und von

der Person Gottes. Deshalb habe ich mir angewöhnt, nur vom Trio zu sprechen, in dem Freiheit, Mensch und Gott verbunden sind. Die einigermaßen nachdenklichen Menschen in der Neuzeit teilen sich in zwei Gruppen ein, von den anderen spreche ich nicht: Die einen erkennen die Echtheit von Freiheit, Mensch und Gott an, die anderen lehnen die Echtheit ab, immer alle drei Punkte auf einmal. Hier sehen wir, wie sich Einstein entschieden hat, er will unbedingt zur zweiten Gruppe zählen. Und fällt Ihnen der Geschäftspartner auf?

**Darwin:** Ja, genau, das ist eine Parallele zu mir. Redet hier nicht der heroische Kollege aus der Physik über den Teufel, ich meine andeutungsweise? Wann verkauft man seinen Körper und seine Seele? Vor allem: An wen verkauft man sie? Mit wem macht man das Geschäft? Natürlich, die Antwort an den Schriftsteller Broch soll ironisch gemeint sein oder bloß literarisch, doch als ich Huxley und Hooker meine besten Verbündeten genannt habe, da habe ich sie als Verkünder eines besonderen Evangeliums auftreten lassen, the propagator of the devil's gospel. Sie erinnern sich, Herr Gould?



Faust und Mephisto

**Gould:** Natürlich, doch ich weiß die Sache nicht richtig einzuschätzen. Wollen wir wirklich ernsthaft vom Teufel sprechen? Na ja, die Anspielungen sind eindeutig. Ich meine, das 19. Jahrhundert kennt eine große Teufelsdichtung, und das 20. Jahrhundert auch. Das sind beides Versuche, mit dem Titanismus der Neuzeit fertig zu werden.

**Darwin:** Lassen Sie mich raten, Sie meinen sicher den deutschen ‚Faust‘ von Goethe, der doch viel von unserem Christopher Marlowe aus dem 16. Jahrhundert übernommen hat, aus der ‚Tragical History of Doctor Faustus‘. Was die große Dich-

tung zu diesem Thema im 20. Jahrhundert gewesen sein soll, weiß ich natürlich nicht.

**Zeilinger:** Ich kann mich ja einmal literarisch versuchen. Es ist der deutsche Roman ‚Dr. Faustus‘ von Thomas Mann, allerdings in Amerika zu Ende des Zweiten Weltkriegs geschrieben. Sein Zweck war unter anderem, eben diesen Krieg und seinen teuflischen Wahnsinn zu verstehen. Oder auch den Titanismus der Neuzeit, den Einstein auf so schnoddrig lebenswürdige Weise dargestellt hat.

**Darwin:** Wissen Sie, meine Laufbahn habe ich als ein studierter Theologe begonnen; das einzige Examen meines Lebens habe ich in der Theologie gemacht. Deshalb gebe ich Ihnen einen guten Rat: Sprechen Sie nicht zu viel und nur abgewandten Gesichts von dem Herrn des unteren Reiches. Wer ihm auch nur spielerisch den kleinen Finger reicht, den hat er bald an der ganzen Hand, den läßt er zappeln wie die Fliege auf dem süßen Leim. Die Bemerkung oben über Hooker und Huxley und mein verrücktes Evangelium waren bittere Galle in mir. Ich konnte nicht anders, obwohl ich vielleicht anders gewollt hätte.

**Gould:** Ganz einverstanden, abgewandten Gesichts also, das heißt, ohne den dunklen Namen zu nennen. Das zwingt uns, das Dämonische klarer zu erkennen. Oder deutlicher zu fassen, was wir von der Wirklichkeit nicht erfassen können. Sie hatten gerade Thomas Mann in Amerika erwähnt. Bei der Überfahrt ins amerikanische Exil schreibt er in einem Essay 1934: ‚Wobei ich mich der blanken und kugelrunden Kinderaugen Albert Einsteins erinnere. Ich kann mir nicht helfen: die humane Erkenntnis, die Vertiefung ins Menschenleben hat reiferen, erwachseneren Charakter als die Milchstraßenspekulation – in tiefstem Respekte möchte ich’s wahrhaben.‘ Dämonie mit Kindergesicht, sollte das die Naturliebe von Einstein gewesen sein?

**Darwin:** Da können Sie mich auch gleich einen Dämonen nennen, vielleicht einen Dämonen mit Greisengesicht?

**Gould:** Nein, nein, da muß ich Ihnen widersprechen, in Ihrem eigenen Namen. Sie wollten das Humane fördern, Sie haben

den Menschen geachtet, Sie wollten das Leiden des Menschen lindern, und wo Sie das nicht konnten, sind Sie fast daran zerbrochen. Oder hatten Sie jemals den Wunsch, das Ich und das Wir durch das Es zu ersetzen? Ich muß Sie schützen vor sich selbst, ...

**Darwin:** Nun, ja, hm, die Sklaverei hat mich natürlich mit Grauen erfüllt, ich habe darüber entsetzlichen Streit mit meinem Kapitän FitzRoy auf der Reise gehabt, der sehr christlich sein wollte und doch für die Sklaverei war. Und auch das mit meinen Kindern, aber ...

### *Physik des 20. Jahrhunderts*

**Zeilinger:** Ich schlage vor, wir kommen jetzt zur Physik des 20. Jahrhunderts, denn wir wollen doch sehen, ob wir am Ende ausrufen können: Der Zufall ist echt. Wonach wir dann auch rufen können: Die Freiheit ist echt, und damit sind es auch der Mensch und Gott.

**Darwin:** Beginnen sollten Sie mit den geheimnisvollen und epochalen Sachen wie Relativitätstheorie und Quantentheorie, von denen ich kaum mehr als die Worte gehört habe. Wenn das wirklich die Entdeckungen des 20. Jahrhunderts gewesen sind, dann konnte ich davon natürlich nichts wissen.

**Zeilinger:** Herr Gould, Sie nicken, dann fange ich einmal an. Ja, Herr Darwin, Relativitätstheorie und Quantentheorie zu erklären, ist leicht und schwer zugleich. Die beiden sind zunächst einmal Theorien der Natur, die über die klassische Physik hinausgehen. Wenn Sie wollen, kann man sie Erweiterungen der Newtonischen Physik nennen. Sir Isaac hatte zwar wichtige und sehr allgemeine Gesetze über die Natur gefunden, es waren jedoch nicht die abschließenden. Das soll heißen, es gibt Erscheinungen in der Natur, die sich mit den drei Grundgesetzen der Schwerkraft nicht verstehen lassen, obwohl das für zwei oder drei Jahrhunderte viele kluge Leute gemeint hatten. Alles sollte mechanisch sein, alles sollte nach diesen drei, oder vielleicht sogar nach nur einem Gesetz ablaufen, wenn es gelin-

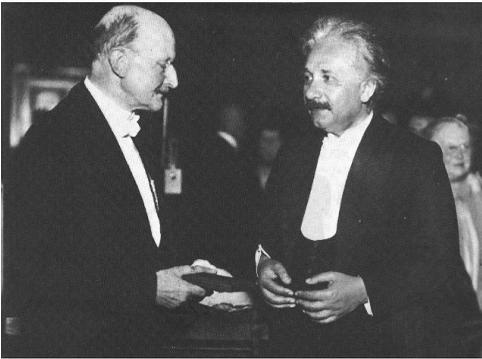
gen sollte, diese drei Gesetze noch zu einem einzigen Gesetz zu vereinen. Der Kern im Irrglauben der Mechanik wird sein, und ich denke das ist jetzt mit der Quantenoptik bewiesen, nebenbei gesagt, mein Spezialgebiet: Es gibt diese abschließenden Gesetze gar nicht. Und das wird auch der Sinn der Aussage sein: Der Zufall ist echt.

**Darwin:** Ein solche Entwicklung, ich meine, diese Richtung hatte mir schon Herr Gould angedeutet. Meine ‚fixed laws‘, die sich auf Newtons Gravitationstheorie gestützt haben, müssen durch ‚open laws‘ ersetzt werden, hat er vorhin gemeint. Ganz habe ich es noch nicht verstanden, zumal mir dieser Wechsel einen erneuten Strich durch das Weltbild machen würde. Am Ende geht es immer so weiter, und ich muß in jedem Jahrhundert mein Weltbild austreichen, weil ich mich auf die jeweilige Wissenschaft verlassen habe.

**Zeilinger:** Ich bin kein Philosoph, ich weiß nicht, nach welchem Gesetz sich die Denkformen in jedem Jahrhundert ändern. Ich persönlich sehe es ganz einfach. Aus Fortschritt wird oft wieder Rückschritt, und aus Rückschritt wird Fortschritt. Entweder halte ich den menschlichen Verstand für geeignet, die ganze Bewegung der Natur zu erfassen, ich meine also wirklich alles, was es gibt, oder eben nicht. Dazwischen schwankt die Wissenschaft hin und her, mal ist es etwas mehr, dann etwas weniger, was sich die Wissenschaftler zutrauen zu erfassen. Und Einstein meinte eben, es müsse ...

**Darwin:** Ja, ja, das habe ich schon verstanden, der war nicht einverstanden mit der Grenze des Begreifens. Doch fangen Sie ganz einfach einmal von vorne an, das würde mich wirklich interessieren, ob es eine Grenze für die Wissenschaft geben kann. Von meinem Gefühl her würde ich immer noch sagen: Alle Wirklichkeit ist Natur und wird von der Wissenschaft nach und nach erfaßt. Oder sagen Sie zuerst, was hier zugleich leicht und schwer sein soll.

**Zeilinger:** Die Relativitätstheorie gibt es, weil die Lichtgeschwindigkeit  $c$  endlich ist, auch wenn sie für die irdischen Verhältnisse sehr groß erscheint. Dieses  $c$  kommt übrigens vom lateinischen ‚celeritas‘, was Schnelligkeit bedeutet. Mit dem Mann im Mond kann man ganz gut ein Telefongespräch führen, mit nur kleinen Schaltpausen von etwa zweieinhalb Sekunden zwischen Frage und Antwort, mit dem Mann auf dem Mars wird es schon schwieriger werden, wenigstens eine halbe Stunde Pause nach jedem Redeabschnitt wäre nötig bis zur Antwort. Wegen der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit kann man nicht alle Uhren im Universum in den gleichen Takt bringen,



Planck und Einstein

deshalb bleibt eben der schnell reisende Zwilling jünger als sein Bruder. Die Newtonsche absolute Zeit gibt es nicht, das ist leicht zu verstehen. Schwer ist diese Theorie, weil kein Mensch sich die Situation vorstellen kann. Ähnlich ist es mit der Quantentheorie: Es gibt

sie, weil das Plancksche Wirkungsquantum  $h$ , diese Hilfsgröße  $h$ , sehr klein, doch nicht ganz null ist. Das ist leicht und schwer zugleich.

**Gould:** Machen Sie keine Scherze, Herr Zeilinger, das kann kein Mensch verstehen, so nicht, jedenfalls ich kann es nicht, und Herr Darwin noch viel weniger, er muß ja erst das ganze 20. Jahrhundert nachholen.

**Zeilinger:** Gut, Scherz beiseite, doch es steckt immer auch ein Körnchen Wahrheit in solchen Scherzen. Wenn die Lichtgeschwindigkeit unendlich groß wäre, dann hätte Newton mit seinem absoluten Raum und seiner absoluten Zeit vielleicht recht gehabt. Und wenn die Hilfsgröße  $h$  von Planck null wäre, dann könnte es auch die ‚fixed laws‘ geben.

*Das Schicksal der Zwillinge*

**Darwin:** Sie wollten mir doch die Echtheit des Zufalls zeigen. Kann ich sie jetzt mit der Relativitätstheorie sehen? Oder warum erzählen Sie mir von Zwillingen und ihren Reisen?

**Zeilinger:** Nein, Herr Darwin, tut mir leid, damit geht es noch nicht. Mit der Relativitätstheorie beginnt zwar das Ende des Überblicks, also das Ende des mechanischen Zeitalters in der Wissenschaft. Doch es ist eben nur der Anfang vom Ende, noch nicht das Ende selbst. Der Überblick nimmt langsam ab. Die Wissenschaftler stehen nicht mehr außerhalb von Raum und Zeit, was sie lange gedacht hatten. Wie beim Zwillingssparadoxon erleiden sie Raum und Zeit am eigenen Körper, doch jeder weiß nach der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie noch, was der andere sieht und erleidet.

Die Zwillinge? Ach so, nur einer von ihnen geht auf Reisen. Wenn dieser sehr, sehr schnell, fast mit Lichtgeschwindigkeit durch das All fliegt, und der andere auf der Erde zurückbleibt, dann erwartet die beiden bei der Wiederbegegnung eine Schrecksekunde. Der Reisezwilling kann noch ein Jüngling sein, während sein seßhafter Bruder schon im Greisenalter steht. Der Unterschied im Alter kommt je nach Dauer und Geschwindigkeit des Fluges zustande.

**Darwin:** Unglaublich, das ist ja eine tolle Überraschung. Soll ich jetzt wieder an Wunder glauben? Kann man so den Tod überlisten?

**Zeilinger:** Nein, leider nicht, die reisenden Personen erleben nicht mehr als die seßhaften Leute, sie erleben es im Vergleich nur langsamer, deshalb scheinen sie bei der Rückkehr jünger zu sein, das heißt, sie sind in Wirklichkeit jünger. Das klingt zwar unglaublich, ist jedoch vielfach durch Experimente bestätigt worden. Natürlich nicht mit realen Menschen, sondern mit sehr schnellen Teilchen, die scheinbar länger leben, als Sie eigentlich dürften. Nein, die tatsächlich länger leben, ich verspreche mich in der Sache immer noch, weil sie so sehr gegen den gesunden Menschenverstand verstößt. Doch das ist nur die

kleine Revolution im 20. Jahrhundert, ein bescheidener Anlauf zum Warmwerden. Denn bei den Zwillingen weiß jeder, was der andere zu sehen bekommt und was mit ihm geschieht. Wie in der klassischen Physik ist auch in der Relativitätstheorie die Zukunft völlig festgelegt, das heißt exakt berechenbar. Dem Modell nach, wie ich betone, die Wirklichkeit sieht ja ein bißchen anders aus.

**Darwin:** Das verstehe ich gut. Wenn der Determinismus bliebe, würden auch meine ‚fixed laws‘ bleiben können. Denn wenn ich den Überblick in Raum und Zeit behalte, wenn auch in etwas reduzierter Form, hat der Zufall keine Chance, dann ist er nicht echt. Wie wird er denn echt?

**Zeilinger:** Ich würde kurz und knapp darauf antworten: Das braucht seine Zeit, das dauert von 1900 bis 2000, genau das ganze Jahrhundert hindurch, vom ersten zögerlichen Tasten bei Max Planck im Oktober 1900 in Berlin bis zu den quantenoptischen Experimenten um das Jahr 2000 in Paris, Princeton und Wien.

**Gould:** Warum hat das denn so lange gedauert? Ein Ergebnis in der Wissenschaft ist doch in ein, zwei, höchstens fünf Jahren um den Erdball gelaufen und jedem ernsthaften Wissenschaftler bekannt. Was ist denn da passiert? Ist die Echtheit des Zufalls kein wissenschaftliches Ergebnis?

**Zeilinger:** So einfach ist das nicht. Hier krümmt sich die Antwort wie eine Schlange, am Ende beißt sie sich sogar in den eigenen Schwanz. Die Echtheit des Zufalls oder die echte Offenheit der Zukunft ist Wissenschaft; zugleich begrenzt jedoch diese Echtheit die Wissenschaft selbst. Das ist nicht so einfach zu verdauen für einen Forscher von echtem Schrot und Korn. Wissenschaft kommt ja von Wissen, deshalb legt jeder, der etwas von der Natur wissen will, ein Wissens-Prinzip zugrunde, und das ist die kausale Notwendigkeit. Der Zufall kann den Wissenschaftler immer nur stören, deshalb ist der Zufall der Todfeind eines jeden Forschers. Allerdings ist das Nichtwissen-Können von der Natur auch ein echtes Wissen, nur ist es von

anderer Art als das normale Wissen über Sonne, Mond und Sterne.

**Darwin:** Da bin ich ja gespannt. Ich kann mir das schon vorstellen, eine solche Entwicklung läuft natürlich nicht ohne Streit ab, denn es stehen ja die Weltbilder von Generationen auf dem Prüfstand. Und da ich genügend viele Leute gekannt habe, die wirklich Atheisten sein wollten, kann ich mir schon vorstellen, wie sehr diese im 20. Jahrhundert in Bedrängnis geraten sind. Ich wollte übrigens nie ein Atheist sein, doch ich konnte nicht anders, die Tatsachen standen gegen mich. Wenn meine Gründe nur scheinbare waren, wenn sie sich heute auflösen lassen, wäre ich wirklich erleichtert. Bitte fahren Sie fort.

**Zeilinger:** Gut, ich nehme die Erzählung wieder auf. Der Berliner Physiker Max Planck setzte Ende des 19. Jahrhunderts bei den Schwächen der Newtonischen Mechanik an. Das Problem bei Sir Isaac war das Kontinuum, also die Vorstellung von stetigen Größen wie Entfernung oder Zeit. Gleichzeitig sollte die Natur aus Atomen bestehen oder aus Massenpunkten, wie Newton sie nannte. Ein echtes Atom ist ausgedehnt und hat einzelne Teile, welche den von ihnen eingenommenen Raum ausfüllen, das Atom ist also nicht ‚átomos‘ oder unteilbar. Die Physiker haben das Problem bemerkt, als sie die klassische Mechanik auf das Kontinuum eines strahlenden Schwarzen Körpers anwendeten. Die Formeln von Wien, Rayleigh und Jeans paßten nur lokal, waren also im Grunde bloßes Flickwerk. Planck merkte, wo der Fehler lag: Wer das Kontinuum der Strahlung mechanisch behandelt, der muß unendlich viele Atome einführen und ihnen unendlich viele Freiheitsgrade zusprechen, und jeder strahlende Schwarze Körper müßte wegen eines bestimmten Gleichverteilungssatzes bei endlicher Temperatur eine unendliche Energie haben. Das ist absurd, denn eine unendliche Energie kommt nirgendwo in der Natur vor.

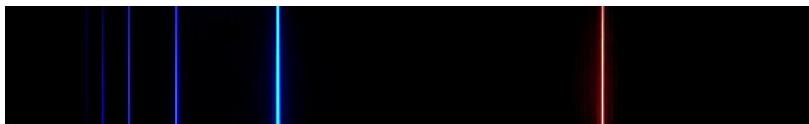
**Gould:** Vielen Dank, Herr Zeilinger, bitte nicht zu kompliziert. Ich denke, Herr Darwin und ich sind zufrieden, wenn Sie

uns die Grundlinien nennen, das muß reichen. Mehr können wir in der kurzen Zeit gar nicht aufnehmen.

**Darwin:** Da muß ich dem Kollegen aus dem 21. Jahrhundert recht geben. Das wird zu viel, wenn Sie uns auch noch die Thermodynamik der Schwarzen Körper erklären wollen.

### *Die Hilfsgröße $h$*

**Zeilinger:** Tut mir leid, das war wohl der berufsbedingte blinde Fleck in mir, die bekannte *déformation professionnelle*.



Sichtbare Wasserstoff-Spektrallinien

Jedenfalls führte Planck eine Hilfsgröße  $h$  ein, weil er meinte, sie bald wieder los werden zu können. Er wollte damit das Spektrum des Schwarzen Körpers erklären. Doch diese behelfsmäßige Größe  $h$ , die hat es in sich, sie hat das mechanische Weltbild aus den Angeln gehoben. Sie ist es, die dem Zufall das Tor zum Eintritt in die Wissenschaft geöffnet hat. Der Wert von  $h$  ist riesig klein, eine Zahl mit 33 Nullen hinter dem Komma im üblichen Maßsystem. Doch dann kommt eine Stelle, die von null verschieden ist. Wäre die Größe einfach null, dann könnten Sie sich, Herr Darwin, wohl noch immer auf die ‚fixed laws‘ von Newton stützen, und diese festen Gesetze würden die Welt regieren.

**Darwin:** So kann ich Sie nicht verstehen, das sehen Sie ja wohl selbst ein, Herr Zeilinger. Was macht denn die Hilfsgröße  $h$ ? Wozu ist sie da? Könnte es eine Natur geben, in welcher  $h$  einfach null ist?

**Zeilinger:** Nein, eine solche Natur kann es nicht geben. Dann könnte ja ein einfacher Körper eine unendliche Energie haben, was unmöglich ist. Die Wärmelehre des 19. Jahrhunderts hätte die Physiker schon von der Unmöglichkeit einer klassischen Physik überzeugen und von dem Willen nach einem vollen

Überblick über die Natur abbringen können. Doch Erfolg macht leichtsinnig. Die Naturforscher waren unvorsichtig geworden, an eine Grenze des Wissens wollte keiner von ihnen ernsthaft glauben. Was die Hilfsgröße  $h$  nun bewirkt? Die Abgabe von Strahlung, meint Planck, geht nur in kleinen Paketen vor sich, in Sprüngen, wie man auch sagen kann.

**Gould:** Und das soll die Revolution sein? Wenn ich trinke, nehme ich das Wasser oder den Wein auch immer in kleinen Paketen auf, Schluck für Schluck, wie man bei Flüssigkeiten sagt.

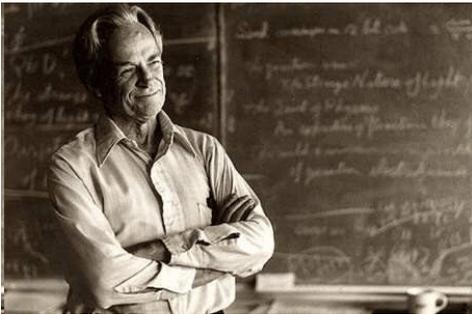
**Zeilinger:** Schönes Beispiel! Damit wird der Unterschied zur klassischen Physik deutlich und die Revolution hoffentlich auch. Sie können jeden Schluck, meinen Sie, halbieren, und dieses halbe Schlückchen dann noch einmal teilen? Natürlich kann man noch einmal, und wieder und immer wieder halbieren, denken Sie, und so hat auch die Physik lange Zeit gedacht, wenn sie die Wärmeabgabe von Körpern beschrieb. Allerdings widerspricht die Natur dieser Vorstellung: Die Halbierungskette wird am Ende falsch sein, weil weitere Teilungen nicht mehr möglich sind. Die Physik stellt die Unmöglichkeit einer unendlichen Kette fest, und Planck hat diese Tatsache als erster theoretisch und praktisch gesehen, – und er war schwer erschüttert davon. Die für lange Zeit kaum bemerkte und doch riesengroße Revolution war geschehen im Jahr 1900; bis zu seinem Tod im Jahr 1946 hat sich Planck mit seiner eigenen Entdeckung nicht aussöhnen können. ‚Ihre Einführung bedeutete einen Bruch mit der klassischen Theorie, der viel radikaler war, als ich anfangs vermutet hatte.‘ So in einer Bemerkung aus seinen letzten Jahren, etwa um 1940, als er die ‚Geschichte zur Auffindung des physikalischen Wirkungsquantums‘ noch einmal bearbeitet hat.

**Darwin:** Mein Gott, schon wieder so ein Drama. Das war zu meiner Zeit doch anders gewesen. Eine neue und vor allem erfolgreiche Theorie in der Naturwissenschaft wurde von allen Forschern mit Jubel begrüßt. Hier gerät ein Forscher nach dem anderen vor der eigenen Entdeckung in Entsetzen.

**Gould:** Herr Darwin, ich darf Sie erinnern. Bei Ihnen war das doch auch der Fall. Sie sagen selbst, Sie seien durch die Evolutionslehre in eine Richtung gedrängt worden, in die Sie gar nicht gehen wollten ...

**Darwin:** Ach ja, das habe ich übersehen. Doch am Ende habe ich mich mit der Wissenschaft abgefunden, und mein Weltbild, nun ja, das lag in Trümmern. Ein wissenschaftliches Ergebnis muß man doch akzeptieren, das ist objektiv, was soll man daran noch rütteln? Ich verstehe diese Herren Einstein und Planck nicht ...

**Zeilinger:** Nun, von diesen erschrockenen Forschern werden Sie gleich noch eine ganze Reihe kennenlernen, die alle wie vor den Kopf gestoßen waren, als sie sich der Physik des 20. Jahr-



Richard P. Feynman

hunderts widmeten. Ich könnte Ihnen Heerscharen vorführen. Alle Reaktionen sind möglich, zum Beispiel sogar zähneknirschendes Einverständnis mit der Niederlage, wie bei dem großen amerikanischen Physiker Richard Feyn-

man: ‚Wir können nur die Chance voraussagen! Wenn das wahr wäre, würde es bedeuten, die Physik hat aufgegeben bei dem Problem, genau vorherzusagen, was unter bestimmten Umständen passieren wird. Ja! Die Physik hat aufgegeben.‘ Die allermeisten Forscher sind nicht so grimmig ehrlich wie Feynman, sie werden nur regelmäßig nervös, wenn sie an das Geschenk des Überblicks denken, das ihnen einst die mechanische Physik versprochen hatte, und das jetzt zerbrochen am Boden liegt. Dabei ist die Wirkung ziemlich überkreuz. Einstein fürchtete das Ende der Mechanik, weil er damit den persönlichen Gott auf sich zukommen sah, wie wir gerade gehört haben. Planck fürchtete eine andere Wirkung, er sah die Moral gefährdet. In einem Vortrag aus dem Jahr 1936 mit dem Titel: ‚Vom

Wesen der Willensfreiheit‘ kreist er um den Zufall und bekämpft ihn in immer neuen Anläufen. Hier habe ich es wörtlich: ‚Wie sich allerdings die Annahme eines blinden Zufalls mit dem Gefühl der sittlichen Verantwortung zusammenreimen soll, lassen sie dahingestellt.‘ Die Erregung ist dem Berliner Physiker bei dieser Warnung gut anzumerken, deshalb nennt er den Zufall sogleich blind. Gemeint ist wahrscheinlich Werner Heisenberg ...

**Darwin:** Noch so ein erschrockener Physiker?

**Zeilinger:** Nein, der gerade nicht. Heisenberg persönlich war eher erfreut über das Ende der Mechanik, er ist deshalb zum Standardfeind aller erschrockenen Physiker geworden. Es gibt eine Ungleichung von ihm, die das Ende der vollen Kausalität in der Natur genau beschreibt, das ist die sogenannte Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation, die er im Jahr 1926 oder 1927 entdeckt hat.

**Gould:** Und zwischen 1900 und 1926 ist nicht viel passiert?

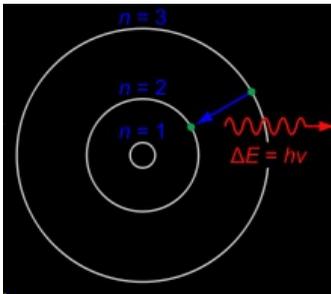
**Zeilinger:** Doch, wenigstens ein Ereignis muß ich noch erwähnen. Einstein selbst hat 1905 den Startschuß für eine ausführliche Quantentheorie gegeben, indem er die kleine Plancksche Größe  $h$ , die dieser nur für die Wärmestrahlung verwendet hatte, auf materielle Teilchen anzuwenden begann, genauer auf die Strahlung von Photonen, die aus einem Glühfaden dringen. Und damit begann das Unglück für ihn und ...

### *Der Annus mirabilis 1905*

**Darwin:** ... und vielleicht das Glück für mich, wenn ich Herrn Gould schon vorweg einmal glauben darf. Ich verspreche Ihnen, Herr Zeilinger, mir das Jahr 1905 als ein wunderbares Jahr zu merken.

**Zeilinger:** Da muß ich lachen, Herr Darwin, denn so nennen die Anhänger Einsteins gewöhnlich dieses Jahr 1905, den an

nus mirabilis, das wunderbare Jahr. Diese Leute haben aller dings etwas anderes dabei im Sinn.



Abgabe eines Lichtquants

In diesem Jahr 1905 explodierte Einstein vor lauter Genie. Vier Aufsätze über ganz verschiedene Themen, jede Arbeit ist nobelpreiswürdig: die spezielle Relativitätstheorie, die Erklärung der Brownschen Bewegung, die Erklärung der spezifischen Wärme fester Körper, die Hypothese zu den Lichtquanten.

Für diese letzte Arbeit hat er tatsächlich den Nobelpreis bekommen.

**Darwin:** Entschuldigen Sie, ich warte eigentlich auf den Zufall. Wann beginnt denn der Zufall seine Rolle in der Physik zu spielen?

**Zeilinger:** Schon ab 1900, wenn auch zunächst fast un bemerkt. Planck ahnte allerdings sofort das Bedrohliche der Situation, nur konnte er sein Unbehagen mit der Entwicklung noch nicht klar zum Ausdruck bringen. Eine umfassende Quantentheorie, an die sich eine Deutungsdebatte anschließen konnte, entstand erst ab 1925 durch Bohr, Heisenberg, Born und Schrödinger. Der letztere, ein Wiener Physiker, wollte in den Fußstapfen von Einstein weiterlaufen und lieferte wie dieser, man muß es so sagen, tragische Beiträge zur Physik ab. Mit seinem Namen ist die wichtigste Gleichung in der Quantentheorie verbunden, die Schrödinger-Gleichung, deren Deutung mit Wahrscheinlichkeiten das ganze Unglück Einsteins ausmachte. Übrigens auch das Unglück Schrödingers selber. Er wollte die kausal-mechanische Deutung der klassischen Physik nicht aufgeben. Bei einem Besuch in Kopenhagen, als Niels Bohr ihn in Argumentationsnot gebracht hatte, rief Schrödinger aus: ‚Wenn es bei dieser verdammten Quantenspringerei bleiben soll, bedauere ich, mich überhaupt jemals mit der Quantentheorie abgegeben zu haben.‘ Daraufhin kam der Trost von Bohr: ‚Aber wir sind Ihnen ja umso dankbarer dafür. Denn Ihre

Wellenfunktion ist doch ein enormer Fortschritt an mathematischer Klarheit.’

**Gould:** Diese verdammte Springerei, ist das jetzt der Zufall?

**Zeilinger:** Ja, das ist er. Nun kommt der entscheidende Gedankenschritt: Diese Schrödinger-Funktion oder -Gleichung beschreibt nicht mehr die Bahn, also die Bewegung eines Teilchens in Raum und Zeit, sondern nur die Wahrscheinlichkeit, ob ein Teilchen hier und jetzt und mit welchen Eigenschaften angetroffen wird. Von einer kontinuierlichen Bewegung kann keine Rede mehr sein. Das nennt man die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie. Alle Versuche, die Wahrscheinlichkeit und damit den Zufall wegzuschaffen, sind gescheitert, auch wenn noch viele Jahrzehnte lang, eigentlich bis heute, immer neue Versuche gemacht wurden, die volle Kausalität wieder herzustellen. Die Physiker und Philosophen haben eine ganze Menge verschiedener Interpretationen der Quantenphysik geliefert. Ein paar davon sind der Diskussion wert, doch scheinen mir alle, bis auf eine, in irgendeiner Form Annahmen über die Welt zu machen, die nicht notwendig sind.

### *Halbe Stunde auf das Geheimnis warten*

**Gould:** Ja, von diesem Drama in der Physik habe ich schon gehört. Auch von der Rolle Einsteins, der die Entwicklung der Physik immer mehr in diese Richtung getrieben hat, obwohl sie ihm gar nicht gefallen wollte, besonders durch das berühmte EPR-Paradoxon von 1935.

**Zeilinger:** Dem gingen zwei große Diskussionen Einsteins mit Niels Bohr 1927 und 1930 voraus, die am Rande der Solvay-Konferenzen in Brüssel stattfanden. Nach seiner endgültigen Niederlage 1930 hat Einstein seine Pläne geändert ... Sie werden unruhig, Herr Darwin. Ich bitte Sie jedoch beide, mir Geduld zu schenken, es ist ein gigantischer Kampf, der hier von Menschen ausgetragen wird, der sie bis an den Rand ihrer Kräfte geführt hat – und darüber hinaus.

**Darwin:** Nehmen Sie sich Zeit, Herr Zeilinger, ich sehe, ich muß meine Unruhe bezwingen. Wenn ich über hundert Jahre auf den Augenblick gewartet habe, dann soll es mir nun auf eine halbe Stunde auch nicht ankommen. Einstein hat seine Pläne geändert, sagen Sie. Hat er jetzt die Quantentheorie doch akzeptiert?

**Zeilinger:** Etwas akzeptiert hat er sie, ja, das stimmt, eigentlich jedoch überhaupt nicht, nein, oder vielmehr beides zugleich.

**Darwin:** Wollen Sie mir mit einer solchen Logik kommen? Zugleich ja und nein, und dann auch noch gemischt? Oder wollen Sie mich auf den Arm nehmen?



Revolution der Quantentheorie

**Zeilinger:** So ist die Wirklichkeit, Herr Darwin. Das ist die Revolution der Quantentheorie, die drückt sich dann in Sätzen aus, die von einem Wahnsinnigen stammen könnten. Gleich wird die Sache deutlicher werden. Einstein hat die Quantentheorie anerkannt als eine Theorie, die weite Teile der physikalischen Erfahrung richtig beschreibt. Als Lohn für ihren Erfinder hat er persönlich Heisenberg zum Nobelpreis vorgeschlagen, Bohr nicht, denn der hatte den Nobelpreis schon. Das ist eine Menge an Selbstüberwindung, meinen Sie nicht? Einstein hat also den Boten der bösen Botschaft nicht bestraft, sondern belohnt.

**Gould:** So genau kenne ich diese Geschichte nicht, ich bin nur verblüfft. Kann man eine Theorie anerkennen und trotzdem dagegen sein?

**Zeilinger:** In diesem Falle schon. Es hängt mit der Verschachtelung der Theorien in der Naturforschung zusammen. Unser Wissen im Alltag ist so ähnlich aufgebaut, wobei wir allerdings nicht aufmerksam genug sind, die Lage wirklich zu

bemerken. Die Newtonische Physik wird falsch, wenn die Körper fast mit Lichtgeschwindigkeit reisen, richtig falsch sogar, mit Ergebnissen, die völlig daneben liegen. Bei langsamen Autos auf der Erde oder bei trägen Planeten am Himmel reicht die Genauigkeit der Theorie von Newton jedoch vollkommen aus. In der gleichen Weise hat Einstein die Quantentheorie angesehen. Er meinte, sie sei zwar gut genug, um weite Gebiete der Atom- und Kernphysik zu verstehen, doch wenn man genauer hinschaut, meinte er, dann bekomme man auch Genaueres zu sehen. Da ist ihm die Idee mit den verborgenen Parametern gekommen. Er meinte, diese seien zwar jetzt noch nicht bekannt, sie würden jedoch eines Tages, davon war Einstein bis zum letzten Atemzug im April 1955 überzeugt, die volle Kausalität, also die Bestimmtheit aller Ereignisse in der Natur, eben durch die jetzt noch nicht bekannten Bestimmungsstücke wieder herstellen.

**Darwin:** Klingt doch ganz vernünftig, ein sauberes wissenschaftliches Programm! Wie die klassische Mechanik in der Quantentheorie enthalten ist, wobei der Determinismus verloren geht, so wird die Quantentheorie in einer künftigen Physik enthalten sein, wobei zugleich der Determinismus wieder in seine Rechte eingesetzt wird. Wenn ich es richtig sehe, kämpft also Einstein für meine ‚fixed laws‘, oder?

**Zeilinger:** Er hat nicht gerade an die Evolutionslehre gedacht, doch an Newton bestimmt. Er wollte die verborgenen Parameter finden, das ist das Zauberwort seiner letzten zwanzig Lebensjahre gewesen. Das war seine Geheimwaffe gegen Heisenberg und die Unbestimmtheit. Die Bestimmtheit der Vorhersage sollte wieder hergestellt werden, einfach indem eine verbesserte Theorie aufgerichtet wird, in der alles wieder rund läuft wie in der klassischen Mechanik.

**Darwin:** Also hat Einstein für Newton, meinen Helden, gekämpft, und eine neue Theorie vorgeschlagen, oder?

**Zeilinger:** Das hätte er nur zu gerne getan, doch es ist ihm nichts eingefallen, was der Wirklichkeit standhielt. Sein Programm lief unter dem Stichwort ‚vereinheitlichte Feldtheorie‘.

Mit solchen Feldtheorien, in der die Massen der Körper nur als verdickte Feldstärken erscheinen, hatte er einst seine großen Erfolge in der Relativitätstheorie gefeiert, in der ersten und in der zweiten Theorie. Nichts ist fesselnder als der Erfolg, weshalb der Erfolgreiche immer wieder das gleiche Rezept versucht, dann meistens erfolglos. Wie auch in diesem Falle. Aus dem gleichen Grund ist auch die Stringtheorie zu Anfang des 21. Jahrhunderts gescheitert. Die Theoretiker der schwingenden Saiten, der Strings, hatten ihre Verzweiflung direkt von Einstein geerbt.

**Gould:** Ich will mich ja nicht richtig in die Physik einmischen. Nur eine Frage, rein aus Neugier, habe ich schon. Warum ließ sich denn der Erfolg nicht wiederholen? Aus dem Sport habe ich ein Sprichwort im Ohr: Never change a winning team. – Bei Sieg bitte kein Mannschaftswechsel! Warum ging es denn hier nicht mehr weiter?

**Zeilinger:** In der einheitlichen Feldtheorie wollte Einstein alle Naturkräfte auf die Grundlage der Allgemeinen Relativitätstheorie stellen. Das war ein Unternehmen, das scheitern mußte, weil diese Feldtheorien alle kontinuierlich sind, wie es eben der Überblick der Mechanik erfordert. Doch die andere Seite der Wirklichkeit, das Diskontinuierliche, das Zufällige, das konnte er damit nicht in den Blick bekommen. Genauer muß man sagen, die andere Seite wollte er auch gar nicht sehen.

Die Idee der Feldtheorie war ein völliger Fehlschlag. Einsteins positive Leistung lag in einem negativen Ergebnis, so paradox möchte ich es wieder einmal formulieren. Die größte Leistung des späten Einstein bestand darin, den anderen Physikern die Möglichkeit zu geben, ihm zu zeigen, wie sehr er mit seinen Ideen zur Quantentheorie daneben lag. Wobei diese Physiker mit Einstein zum großen Teil an der gleichen Front kämpften, das ist das Paradox der Paradoxe. Das Stichwort muß jetzt lauten: EPR.

### *Das EPR-Paradoxon*

**Gould:** Gehört habe ich davon schon aus der Ferne, doch selbst befreundete Physiker zucken nur mit den Schultern, wenn ich sie danach frage, oder sie winken ab.

**Zeilinger:** Kann ich mir schon vorstellen. Einstein hatte sich das Experiment mit seinen Mitarbeitern Boris Podolsky und Nathan Rosen ausgedacht und 1935 in einem Artikel der ‚Physical Revue‘ veröffentlicht. Die Sache ist zunächst ein reines Gedankenexperiment gewesen, konnte jedoch später in ein gedachtes Laborexperiment umgewandelt und noch später in einem tatsächlichen Labor ausgeführt werden, Ende des 20. Jahrhunderts. Es geht nicht direkt um den Zufall, zunächst behandelt EPR die Grundlage der klassischen Physik, nach der sich die Natur aus lokalen und realen Ereignissen aufbaut. Ursprünglich ging es bei EPR um den Nachweis der Unvollständigkeit der Quantenmechanik, die Einstein mit diesem Effekt festnageln wollte. Um den Zufall geht es auch. Wenn die Quantenmechanik keine klassische Theorie ist, wenn sich dort nicht einmal Ereignisse eindeutig in Raum und Zeit orten lassen, dann wäre schon die Voraussetzung allen mechanischen Denkens, die genaue Unterscheidung von Ursache und Wirkung, hinfällig. Und wenn die Kausalität hinfällig wird, ich sollte besser sagen, eingeschränkt wird, dann ...

**Darwin:** ... dann ist der Zufall echt. Entschuldigen Sie, wenn ich Ihnen ins Wort falle, doch Sie verstehen vielleicht meine Aufregung, ich spüre, wie meine ganze Evolutionslehre langsam von der Stelle gehoben und auf einem anderen Grund und Boden niedergelassen wird.

**Gould:** Ich hatte Ihnen ja schon in unserem Gespräch gesagt, Sie täten gut daran, zwischen Ihrer Evolutionslehre und der Quantentheorie eine Parallele zu ziehen. ‚Variation and selection‘ in der Evolutionsbiologie ist parallel zu Zufall und Notwendigkeit in der Physik zu verstehen.

**Darwin:** Ja, da danke ich Ihnen beiden, dann können wir jetzt gemeinsam ausrufen: Der Zufall ist echt!

**Zeilinger:** Nein, Herr Darwin, das war ja nur der erste Schritt. So machen es vielleicht die Philosophen oder die Schriftsteller. Wenn diese eine Vorstellung von einer Sache gefunden haben, vielleicht sogar eine klare Vorstellung, meinen sie, die Sache würde auch schon existieren. Hier beginnt für uns erst die Arbeit.

Zuerst einmal spotteten die Anhänger der Kopenhagener Deutung und meinten: Also hat jetzt selbst Einstein verstanden, was die Quantentheorie wirklich behauptet. Nur war mit diesem Spott der Gedanke einer Ergänzung der Theorie, von der Einstein träumte, noch nicht vom Tisch. Im EPR-Experiment betrachtet er zwei Teilchen, die anfangs an einem Ort in Wechselwirkung sind, und dann weit voneinander entfernt werden und trotzdem noch in Beziehung stehen. Das wird durch einen Zustand beschrieben, den man auch in der Entfernung als verschränkt bezeichnet. An den getrennten Teilchen werden zwei Messungen durchgeführt, die nach Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation nicht gleichzeitig ganz genau zu messen sind, wie zum Beispiel Geschwindigkeit und Ort, oder auch Zeit und Energie. Am häufigsten wird heute die Fassung diskutiert, in der zwei Teilchen mit Eigendrehimpuls betrachtet werden, deren Gesamtdrehimpuls Null ist. In dieser Formulierung ist das Experiment auch praktisch durchführbar gewesen.

**Darwin:** Es wird mir zu kompliziert, Sie müssen es einfacher machen.

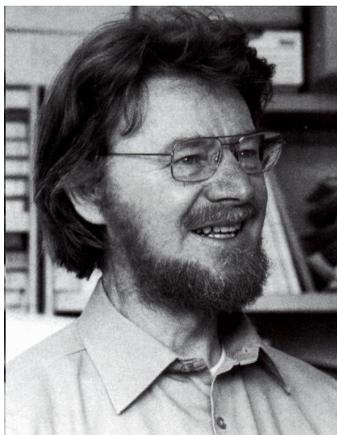
**Gould:** Der Meinung bin ich auch, das muß doch möglich sein. Also, ich möchte jedem Wissenschaftler ins Stammbuch schreiben: Ein Ergebnis der Wissenschaft, das jeden Menschen angeht, muß auch von jedem Menschen verstanden werden. Wenigstens bei gutem Willen! Wissenschaft ist wesentlich mit der Demokratie verbunden, deshalb wurde die Wissenschaft auch bei den freien Griechen erfunden und nicht bei den despotischen Persern, die auf den ersten Blick viel mächtiger aussahen. Doch jetzt lasse ich mich hinreißen, bitte fahren Sie fort, Herr Zeilinger.

**Zeilinger:** Ich bin im Prinzip mit Ihrer Meinung einverstanden, Wissenschaft beruht auf freier Einsicht, doch auch auf Schweiß. Als man Einstein allzuviel mit dem Wort ‚Genie‘ zugesetzt hat, soll er ausgerufen haben: Genie? Was wollen Sie damit? Genialität besteht zu neunundneunzig Prozent aus Transpiration und zu einem Prozent aus Inspiration.

**Darwin:** Sehr schön, Herr Zeilinger. Dann erlaube ich Ihnen, uns wieder zum Schwitzen zu bringen.

### *Der tragische John Bell*

**Zeilinger:** Seit dem EPR-Gedanken 1935 bis zu seinem Tod im Jahr 1990 verfolgte Einstein nur noch das eine Ziel, die verborgenen Parameter aufzudecken und die Physik wieder



John S. Bell

kausal zu komplettieren. Das sollte durch Einführung von lokalen Variablen geschehen, welche die Rolle der fehlenden Elemente der Realität zu übernehmen hatten. Einsteins Annahme über die Natur der Wirklichkeit führte nach seinem Tode zu den sogenannten Bellschen Ungleichungen. John Stewart Bell, der von 1928 bis 1990 lebte, war ein nordirischer Physiker, der die statistische Deutung der Quantentheorie nicht akzeptieren wollte. Wie Einstein fühlte auch er sich von der

Natur in seinen tiefsten innersten Gefühlen verletzt.

**Darwin:** Ist das wieder einer aus der Reihe der erschrockenen Physiker, die Sie uns angekündigt haben?

**Zeilinger:** Genau, er wollte so fühlen wie Einstein, die Natur hat es ihm abgeschlagen. Auf welche Weise sie ihm seinen Wunsch verweigert hat, dafür hat er eine genaue Formel gefunden. In der klassischen Wärmelehre erscheint die Wahrscheinlichkeit nur als Ausdruck unserer Unkenntnis der an sich objek-

tiven Atomzustände. Diese Situation hofften die Theoretiker der verborgenen Parameter angesichts der Quantentheorie wieder herzustellen. Es war das Verdienst von John Bell, im Jahr 1964 quantitativ klar zu machen, inwiefern die echte Quantentheorie mit lokalen verborgenen Parametern unvereinbar ist. Die neueren Experimente von Alain Aspect und anderen ab dem Jahr 1982 zeigen allerdings, wie sehr die Quantentheorie im recht ist, die keine solchen Parameter braucht, ich muß sogar sagen, die sie gar nicht gebrauchen kann. Die Verletzung der Bellschen Ungleichung ist eine Folge der quantentheoretischen Phasenbeziehungen.

**Gould:** Schon wieder eine Ungleichung? Vorhin hatten wir die von Heisenberg, jetzt kommt die von John Bell?

**Zeilinger:** Ja, die sind beide ganz unterschiedlich und zielen doch auf die gleiche Wirklichkeit. Sie machen die tiefsten und überraschendsten Aussagen über die Wirklichkeit, in der wir leben, weil sie dem Alltagsverstand, der auf Überblick drängt, stark widersprechen. Der Theoretiker John Stewart Bell hatte 1964 bei dem Versuch, eine Quantentheorie mit lokalen, bisher verborgenen Variablen aufzustellen, gewisse Ungleichungen entdeckt, die später nach ihm benannt wurden: Sie machen die beiden Meinungen, die man hier haben kann, empirisch entscheidbar: Ist alle Wirklichkeit ergreifbar, oder ist sie es nicht? Wie sie es zuvor mit Planck, Einstein und vielen anderen getan hatte, spielte die Natur allerdings auch mit John Bell ihr Spiel und versetzte ihm einen Streich. Er persönlich hing wie Einstein am Ideal der deterministischen Physik und wollte mit Hilfe seiner Ungleichungen die Möglichkeit einer Quantentheorie mit lokalen, bisher versteckten Variablen beweisen: Er wollte die Begreifbarkeit aller Wirklichkeit wieder herstellen. Herausgekommen ist, gerade durch seine Hilfe, das endgültige Gegenteil, nämlich die Unmöglichkeit verborgener Variablen. Keine künftige Physik wird diese Variablen aufdecken können, einfach, weil es sie gar nicht gibt und geben kann. Seine Hoffnungen wurden maßlos enttäuscht. Es war allerdings sein Ver-

dienst klarzustellen, inwiefern die strenge Geltung der Quantentheorie mit lokalen verborgenen Parametern unvereinbar ist.

**Darwin:** Jetzt ist doch wohl der Zeitpunkt gekommen, an dem wir ausrufen können: Der Zufall ist echt!

**Zeilinger:** Nein, Herr Darwin, immer noch nicht, es könnte ja die Unbestimmtheit der Quantentheorie eine Oberflächenerscheinung sein, die eine Ergänzung durch die besagten Parameter erlauben würde. Die Ungleichung von Bell ist nicht die Entscheidung, sie ist die Vorbereitung dazu, sie macht die Entscheidung durch das Experiment möglich.

**Darwin:** Können Sie diese Ungleichung auch einem Laien aus dem 19. Jahrhundert klarmachen? Ich glaube, dafür würden Ihnen auch Laien aus dem 21. Jahrhundert dankbar sein.

**Zeilinger:** Ich will es versuchen; Formeln will ich vermeiden. Nur wird die Sprache dann manchmal etwas holperig, weil die Wirklichkeit sich unseren Reden nicht ganz fügen will. Ich nehme immer folgendes Beispiel: Stellen Sie sich eine Anzahl von Gegenständen vor, die ganz bestimmte Eigenschaften haben. Wir können auch zum Beispiel die Mitarbeiter einer Firma nehmen. Jedem von ihnen können wir einige feste Eigenschaften zuschreiben. Jede Person läßt sich nach unzählig vielen Merkmalen einordnen; wir nehmen die folgenden drei:

Jeder Angehörige im Betrieb ist entweder

- männlich oder weiblich (m oder nicht m),
- treibt Sport oder nicht Sport (s oder nicht s),
- hat New York City besucht oder nicht (n oder nicht n).

Jeder Angehörige hat seine Eigenschaften, oder er hat sie eben nicht, losgelöst davon, ob eine andere Person diese Eigenschaft besitzt, oder ob die Eigenschaft überhaupt festgestellt werden kann. Das eben meint Lokalität: Jeder hat seine Eigenschaften, unabhängig von allen anderen.

Erlauben Sie mir doch eine abkürzende Schreibweise, ich würde das nicht gleich eine Formel nennen. Ich will die Sache hier auf einen Zettel schreiben. Es sei  $A(m, s)$  die Anzahl der Mitarbeiter, die männlich sind und Sport treiben,  $A(s, \text{nicht } n)$  sei die Anzahl derer, die Sport treiben, doch nicht in New York

City waren, und so weiter. Jede der drei Eigenschaften  $m =$  männlich,  $s =$  sportlich und  $n =$  Besuch in New York können wir ja jedem Menschen zu- oder absprechen, auch hier in der Firma. Dabei können wir lügen oder eben auch nicht lügen.

**Gould:** Sind Sie sicher, Herr Zeilinger, über den Weg, den Sie eingeschlagen haben? Meinen Sie, wir kommen damit zum Ziel?

**Zeilinger:** Ich habe ja schon gesagt, der Beweis für die Echtheit des Zufalls führt über die verborgenen Parameter, die nicht existieren. Anders geht es nicht. Der Zufall wird zwar oft gedankenlos als eine besondere Art von Ursache eingeführt, doch es ist oberflächlich zu sagen: Der Zufall hat das oder das bewirkt. Umgekehrt wird es richtig: Der Zufall hat ohne eine Ursache etwas bewirkt. Und diese Logik ist paradox, für den Alltag und die Wissenschaft, da sollten wir uns über den Weg, den John Bell eingeschlagen hat, nicht wundern. Ich würde sagen, wir sollten uns wundern, warum dieser Weg überhaupt zum Ziel geführt hat.

**Gould:** Gut, gut, Sie sind hier der Fachmann, wir sind es nicht, doch wir müssen es verstehen.

**Zeilinger:** Keine Angst, wir haben den Gipfel unserer Anstrengungen gleich erreicht. Es gilt jetzt die folgende Ungleichung: Die Anzahl  $A(m, s)$  ist kleiner oder gleich der Anzahl von  $A(m, n)$  plus  $A(s, \text{nicht } n)$ . Sie merken, wir schieben einfach ein ‚ $n$ ‘ und ein ‚nicht  $n$ ‘ in das  $A(m, s)$  ein und erhalten die Ungleichung. Die Anzahl der Leute im Betrieb, die männlich sind und Sport treiben, ist kleiner oder gleich der Anzahl von Leuten, die männlich sind und in New York waren, vermehrt um die Anzahl von Leuten, die Sport treiben und nicht in New York waren. Der Beweis ist einfach: Die Leute, die bei  $A(m, s)$  im Vergleich mit  $A(m, n)$  wegfallen, sind unter solchen zu finden, die männlich sind, Sport treiben und nicht in New York waren. Die finden wir alle unter  $A(s, \text{nicht } n)$  wieder; in dieser Gruppe sind sogar noch die sportlichen und weiblichen Mitglieder.

Ungleichungen dieser Art werden allgemein Bellsche Ungleichungen genannt. Wenn ich zwei Eigenschaften und damit eine Gruppe von Leuten bestimme, so kann ich eine dritte Eigenschaft nehmen und erhalte die genannte Ungleichung. Wichtig ist die Unabhängigkeit aller Eigenschaften voneinander: Sport zu treiben und in New York gewesen zu sein, hat nichts miteinander zu tun, diese Merkmale sind nicht gekoppelt. John Bell hatte 1964 eine etwas kompliziertere Ungleichung untersucht. Die vereinfachte Form hier stammt von dem Physiker Eugene Wigner (1902 – 1995).

**Gould:** Und jetzt sind wir fertig? Verzeihen Sie meine Ungeduld, sie bedeutet nichts anderes als mein völliges Unverständnis.

### *Erste Experimente*

**Zeilinger:** Gleich sind wir soweit. Die meiste Arbeit kommt noch, allerdings nicht für uns, sondern für die Experimentalphysiker. Die müssen sich nämlich überlegen, und sie haben es sich auch überlegt, welche Eigenschaften an atomaren Systemen sie auswählen sollen, um sie zu testen. Was Sie an den Bellschen Ungleichungen sehen, ist: Wenn atomare Eigenschaften unabhängig voneinander existieren, ist die Ungleichung erfüllt, im anderen Falle nicht.

Erste Versuche, die Lage zu klären, wurden Ende der 1960er Jahre von Stuart Freedman und John Clauser ausgeführt. Wie in diesem Gebiet üblich erhielten die Forscher das Gegenteil dessen als Ergebnis, was sie gewünscht hatten. Freedman und Clauser wollten nicht glauben, was sie zu sehen bekamen, was die Quantentheorie seit langem sagt; ihr eigenes Experiment belehrte sie eines Besseren. Die Welt ist tatsächlich so seltsam aufgebaut, wie Niels Bohr immer verkündet hat: Wer nicht erschrickt über die Quantentheorie, wenn er sie zum ersten Mal hört, hat sie garantiert mißverstanden. Das Ergebnis lautete schon am Anfang der experimentellen Reihe und dann Jahr für

Jahr immer wieder von neuem: Ein lokal realistisches Bild der Welt ist sehr unwahrscheinlich.

**Darwin:** Ich kann nur noch den Kopf schütteln über die Herde der erschrockenen Physiker, es ist ja, als ob der Fuchs in den Hühnerstall gefahren wäre.

**Zeilinger:** Schönes Bild, ja, der Fuchs, das ist der Zufall, der verbreitet hier den großen Schrecken.

**Darwin:** Ich warte nur darauf zu sagen: Jetzt ist der Zufall da. Kann ich das jetzt rufen?

**Zeilinger:** Im Prinzip ja. Weil die Fehlergrenzen jedoch noch



Alain Aspect

ziemlich hoch waren und experimentelle Physiker vorsichtige Leute sind, wollten sie noch nicht endgültig sagen, der lokale Realismus sei unmöglich. Doch bald gab es kein Entkommen mehr. Genauere Resultate zu den Bellschen Ungleichungen wurde von Alain Aspect, geboren 1947, und seinen Mitarbeitern 1982 aus Paris gemeldet. Diese Experimente lieferten lange

Zeit die besten Ergebnisse für verschränkte Paare in der Quantenphysik, bis sie noch weiter verbessert wurden. Es blieben jedoch noch immer gewisse Schlupflöcher offen, in denen sich eine lokal realistische Welt vielleicht hätte verstecken können. Auch diese Löcher wurden schließlich gestopft. Besonders eine Wiener Gruppe von Physikern hat sich hier an die Aufgabe gemacht, die letzten Zweifel an der Verletzung der Bellschen Ungleichungen auszuräumen. Vielleicht wollen Sie von einem Versuch der Wiener Gruppe noch etwas mehr hören. Die beiden gekoppelten Teilchen waren etwa 360 Meter voneinander entfernt aufgestellt worden. Ein Lichtsignal braucht für diese Strecke annähernd 1,2 Mikrosekunden, das ist ein wenig mehr als das Millionstel einer Sekunde. Dies erscheint zwar kurz,

kann jedoch durch schnelle elektronische Schalter unterboten werden, die erst nach Absenden des Lichtsignals tätig werden. Diese wählen im letzten Moment die Orientierung innerhalb von weniger als einer Zehntel Mikrosekunde, an der entlang die Schwingungsebene der Lichtteilchen gemessen wird. In vielen Abwandlungen wurde das Experiment immer neu durchgeführt, alle Ergebnisse stimmen mit den Vorhersagen der Kopenhagener Quantenphysik überein. In anderen Experimenten wurde die Verschränkung der Teilchen sogar bis zu Entfernungen von 20 Kilometern aufrechterhalten.

Skeptisch können wir uns jetzt die Menge der verschiedenen Deutungen der Quantenphysik anschauen. Manche sind diskussionswürdig, führen jedoch am Ende ausnahmslos nach Kopenhagen, weil alle, bis auf eine, in irgendeiner Form Annahmen über die Welt machen, die nicht notwendig sind. Diese Annahmen sind immer darauf gerichtet, das alte Bild der klassischen Physik wiederzugewinnen und den Zufall aus der Quantentheorie wegzuschaffen. In solcher Weise haben die Physiker seit Einstein den Zufall geehrt! Alle, oder fast alle haben sich gegen den Zufall verbündet. Und wer hat gesiegt? Hier haben wir ein schönes Beispiel für echte Wissenschaft: In ihr geht es nicht um die Wünsche an die Wirklichkeit, sondern um die Wahrnehmung der Wirklichkeit. Der echte Zufall ist die echte Wirklichkeit.

Jetzt können wir rufen, wenn Sie wollen: Der Zufall in der Natur ist echt, deshalb kann auch die Freiheit echt sein, die wir zunächst nur als subjektives Empfinden, also mehr als Gefühl in uns tragen.

**Gould:** Das haben wir vorhin ausführlich erörtert, es fehlte uns nur noch der Zufall, seine Echtheit, die in der Physik des 20. Jahrhunderts langsam, quälend und zäh, hervorgetreten ist. Langsam deshalb, weil sie fast jedem Naturforscher schwere Bauchschmerzen bereitet hat.

**Darwin:** Da wir jetzt so schön und einstimmig ausgerufen haben: Der Zufall ist echt, und dann auch noch das Lied anstimmen konnten: Die Freiheit ist echt, hätte ich noch einen ein-

zigen Wunsch, der an Herrn Gould geht. Sie haben im Gespräch vorhin gesagt, Sie hielten den Glauben an Gott für eine Bewegung des Geistes gegen die Barbarei der Evolution, erklärbar *aus* ihr und doch nicht ableitbar *von* ihr, weil die Religion etwas anderes ist als die Evolution. Wollen Sie mir dazu nicht noch ein abschließendes Wörtchen sagen? Warum ist die Religion eine Bewegung gegen einen puren Evolutionismus und seine Grausamkeit, woran ich selbst so irre geworden bin?

**Zeilinger:** Keine schlechte Frage, ich schließe mich an, obwohl ich vorhin nicht dabei war. Herr Darwin und ich sind ja reine Naturwissenschaftler, während Sie einige philosophische Talente an den Tag gelegt und Herrn Darwin schließlich einen Sprung in die Theologie versprochen haben, wie ich gerade höre.

**Gould:** Ja, ich kann mich erinnern, obwohl mir das Versprechen jetzt etwas kühn erscheint. Gott verzeihe mir, was ich da aus Übermut in Aussicht gestellt habe. Ich bin nur ein blindes Huhn, dem nicht jeden Tag ein Korn vor die Füße rollt. Bei mir selbst wage ich es wohl auszusprechen, doch vor so hochkarätigen Köpfen ...

**Darwin:** Keine falsche Bescheidenheit, Herr Gould, das ist Ziererei und bedeutet meistens nur einen eitlen, versteckten Stolz. Ich falle Ihnen zwar ins Wort, wenn mir Ihre Rede nicht paßt; sind Sie jedoch überzeugend, bin ich der erste, der die Hände aufnimmt und Beifall klatscht.

### *Der Übergang vom Tier zum Menschen*

**Gould:** Dann muß ich mich wohl an die Aufgabe begeben, auch wenn es ein bißchen anmaßend klingt, den Übergang vom Tier zum Menschen beschreiben zu wollen. Die Bewegung des Geistes gegen die Grausamkeit der Evolution ist, meiner Ansicht nach, genau dieser Übergang vom Tier zum Menschen. Ich stütze mich auf eine einzige Beobachtung: Menschen haben eine Religion, Tiere haben keine.

**Darwin:** Oh, Einwand! Da hätte ich gleich Lust zu widersprechen. Stellen Sie sich meinen Hund vor, oder meine vielen Hunde. Wie sie zu mir aufgeblickt haben, daran kann ich mich genau erinnern, mit einer Mischung aus Angst und Vertrauen. Wie so ein Hund, so habe ich selbst in meiner religiös aktiven Zeit zum Herrn aufgeblickt. Auch wenn dieser für mich unsichtbar war, während der Hund mich gesehen oder vor allem meine Gegenwart gehört und gerochen hat.

**Gould:** Ja, eine berühmte Formel von Ihnen: ‚Wie der Hund zum Herrn so schaut in der Religion der Mensch zu Gott auf.‘ Ich will es mit diesem Satz aufzunehmen versuchen. Sichtbarkeit und Unsichtbarkeit werden dabei ihre Rolle spielen.



Neandertalerin

Natürlich ist der Mensch, wenn er aus dem Tierreich hervortritt, noch eng mit seiner Herkunft verbunden. Durch die Molekulargenetik von heute sind wir in der Lage, den Grad der Verwandtschaft sogar in Zahlen auszudrücken. Dennoch geschieht beim Übergang zum Menschen etwas Neues. Das Neue ist nicht einfach das Gefühl der Abhängigkeit von großen unbekanntem Mächten, das

haben alle Lebewesen gemeinsam, und je höher entwickelt diese sind, desto mehr bemerken sie ihre Abhängigkeit, wie Ihr Hund.

**Darwin:** Also ist der Mensch auf gleiche Weise fromm, wie es der Hund ist, oder? Das wollte ich jedenfalls sagen. Wollten Sie das auch sagen, Herr Gould? Möchten Sie da zustimmen?

**Gould:** In gewisser Weise, ja. Nur eines kommt hinzu, und das reicht aus, eine neue Welt zu erschaffen, diese Menschenwelt, die wir verstehen wollen. Es ist die alte Formel: Der Mensch ist das Lebewesen, das von seinem eigenen Tode weiß. Den Vorausblick auf sein Ende hat der Hund wohl nicht. Diese alte Erfahrung müssen wir im Rahmen der Evolutionsbiologie

neu aussprechen. Ich meine, das läßt sich auch lernen. Dabei wird der Sinn der Religion deutlich, vielleicht nicht jeder Religion. Jedoch, was ich die Erlösungsreligion nennen möchte, sie kann keine bessere Grundlage bekommen als die grausame Evolution in der organischen Natur. Ich habe sogar die verwegene Hoffnung, wir könnten aus der Evolutionsbiologie einen Entscheid darüber bekommen, was eine gute und was eine schlechte Religion ist. Doch der Reihe nach.

**Zeilinger:** Vorsicht, Herr Gould, treten Sie nicht in den Fettnapf! Politische Unkorrektheit! Das könnte Ihre schönsten Einsichten zunichte machen, vielleicht bringt es Ihnen auch eine Morddrohung ein.

**Gould:** Ich werde nur ganz allgemein einige Maßstäbe angeben; die Anwendung auf sich selbst muß jeder allein vornehmen. Doch schauen Sie Einstein an; er hat sich selber öfter als religiös bezeichnet. Hier habe ich noch einen weiteren Ausspruch von ihm: ‚Wissenschaft ohne Religion ist lahm, Religion ohne Wissenschaft ist blind.‘ Das klingt schön, dennoch muß es erlaubt sein, die Religion des nicht-würfelnden Gottes zu untersuchen, um ihren Grad an Wahrheit festzustellen, und das haben wir gründlich getan. Bei aller Achtung vor der Person Einsteins! Der nicht-würfelnnde Gott ist eine schlechte Religion, weil sie nicht wahr ist; würde Gott nicht würfeln, wäre es eine gute Religion.

**Darwin:** Also, was heißt die Erkenntnis der Sterblichkeit im Rahmen der Evolutionslehre?

**Gould:** Ich würde sagen, es ist der Augenblick des Bewußtseins, und dieser Augenblick sagt dem Menschen: Es ist alles vergeblich. Der ganze Aufwand, die endlose Mühe, der tägliche Kampf im ‚struggle for existence‘ ist umsonst. Genauer sollte ich sagen: Die Mühe ist erst ganz am Ende umsonst, jedoch für einen Augenblick und für eine kurze Zeit ist sie gut und kann belohnt werden. Der Augenblick der Verzögerung vor dem Untergang ist der Moment der Würde, es ist der Augenblick der Geburt des Menschen, es ist der Einbruch der Liebe in die Welt des Kampfes.

**Darwin:** Sie spielen mit hohem Einsatz, das muß ich sagen. Auf die tödliche Niederlage in der Natur das ganze Menschsein zu gründen, das erfordert einen steilen Mut.

**Gould:** Oder eine kalkulierte Vorsicht. Ich bin kein Hasardeur, Herr Darwin. Ich will nichts als das Nüchternste des Nüchternen sagen. Ich denke, die Vergeblichkeit ist die unterscheidende Erkenntnis des Menschen: Die ganze Naturveranstaltung, die eine einsame Spitze erst im organischen und dann im bewußten Leben hat, ist vergeblich. Von der Natur aus gesehen! Vom Darwinismus aus gesehen! Entschuldigung, Herr Darwin, ich meine, von der Evolution aus gesehen ist alles zwecklos. Alle Religionen wollen mit dieser Todesverfallenheit fertig werden und versprechen, ein Mittel gegen den Tod zu liefern: Wenn du ein ordentliches Leben führst, wenn du also deine Freunde selbstlos liebst und deine Feinde tüchtig haßt, dann winkt dir als Lohn die Huld unserer Götter.

### *Die Religion des Hundes*

**Darwin:** Entschuldigen Sie, wenn ich mich noch einmal melde. Das eben ist die Religion meines Hundes, oder meiner vielen Hunde. Sie waren praktisch sofort geflügelfromm, weil sie meinen Willen gemerkt haben, ich mußte gar nicht viel tun. Ebenso bei den Haustieren und bei den Menschen: Zu meinen Freunden waren die Hunde freundlich, jedenfalls nach kurzer Übung, obwohl es ihnen nicht immer leicht gefallen ist. Und wer mir unangenehm war, den Sie also meinen Feind nennen können, den mochten auch meine Hunde nicht leiden. Schaffen Sie es, über die Religion des Hundes hinaus zu kommen?

**Gould:** Ich bin ganz zuversichtlich, ja. Ich gebe zu, die Religion des Hundes ist auch beim Menschen weit verbreitet: Hilfst du mir, so helfe ich dir, das ist der am weitesten verbreitete Grundsatz des Lebens, der auch in der Religion weite Anwendung findet. ‚Do ut des‘, sagt der Lateiner, ‚ich gebe, damit du gibst‘. Doch dabei bleibt das höhere religiöse Bewußtsein nicht stehen. Die Zweckgemeinschaft, die Herr und Hund hier einge-

hen, bringt doch nur einen kleinen Vorteil im Kampf um das Überleben. Der Hund hat seinen künftigen Tod nicht wahrgenommen, doch er bemerkt instinktiv im Bündnis mit seinem Herrn, der für ihn der alte Leitwolf ist, einen Vorteil im Kampf ums Überleben.

**Darwin:** Also ist die Religion nur ein weiterer Versuch, im ‚struggle for life‘ seine Chancen zu verbessern. Damit fällt auch die Religion unter die Regeln von ‚variation and selection‘. Oder, wie meinen Sie?

**Gould:** Ich habe schon gesagt, für große Teile der Religion trifft das zu. Eine bekannte Formel sagt: Die Religion formt das soziale Leben, gliedert die Zeiten, bestimmt die Moral, deutet die Ängste, gestaltet die Feste, tröstet die Hilflosen, deutet die Welt. All das sind Überlebensvorteile in der Natur. Eine Gruppe von Menschen, die eine solche Religion hinbekommt, überlebt leichter.

Die richtige Religion, oder wenn Sie ein anderes Wort wollen, der richtige Glaube ist das jedoch nicht.



Herr und Hund

Die genannte Formel behandelt das Jenseits zu sehr als eine Weiterführung des Diesseits, das eben nur ein paar andere Mittel erfordert, um auch dort bestehen zu können. Mir kommt das so vor, als ob nur die Pferde gewechselt würden und sonst die Reise einfach weitergeht. Erst wenn der Identitätsbruch voll wahrgenommen wird, der volle Tod, betritt der Mensch die Ebene, die über diese Naturreligion hinausführt.

**Darwin:** Und was sollte das sein? Wo bleibt übrigens die Unsichtbarkeit des wahren Gottes?

**Gould:** Ja, ich muß das wirkliche Ende meines Lebens und allen Lebens im Sinn haben. Nehmen Sie das Wort Jesu, das mir schon immer am besten gefallen hat, weil es eine so große Wirklichkeitsdichte besitzt: ‚Wer sein Leben bewahren will, wird es verlieren; wer es verliert, wird es bewahren.‘ Hier ha-

ben Sie auch den Sinn der Unsichtbarkeit, den Sinn des zweiten Gebotes: Du sollst dir kein Bild von Gott machen. Was ich sehe, will ich in die Hand bekommen, wenn auch vielleicht auf dem Umweg über die fromme Verehrung. Wie beim Hund, der seinen Herrn bestechen will! Wenn Gott unsichtbar ist, verstehe ich meinen Tod erst richtig: Gott ergreift mich mehr, als ich ihn ergreifen kann. Sollen wir das nicht den Sinn der Unsichtbarkeit nennen? Versteht das Ihr Hund? Kann er danach leben?

**Darwin:** Gut, ich rufe zwar nicht aus vollem Halse ‚Hurra‘, doch leisen Beifall mit der Hand kann ich spenden. Das ist mehr, als ich erwartet habe. Ich erkenne die Neuigkeit in der Bereitschaft an, sein Leben zu verlieren; das ist nicht mehr die Religion des Hundes. Doch wie wollen Sie daraus ein neues Leben gewinnen? Ich kenne das Wort Jesu seit frühen Tagen, es hat mich beeindruckt. Wie soll ich jedoch seine Wahrheit einsehen? Oder sagen wir besser, wie seine Wirklichkeitstüchtigkeit.

**Gould:** Ich danke Ihnen, weil ich sehe, wie sehr Sie hier mitgehen. Und Wahrheit durch Wirklichkeit zu ersetzen ist wunderbar, ja, das gefällt mir. Das Wort ‚Wahrheit‘ ist zu verbraucht, und seit Nietzsches Tagen ist es sogar verdorben, selbst für den, der mit diesem Philosophen nichts zu tun haben will. Nicht ohne Schuld seiner Vorgänger allerdings in Philosophie, Wissenschaft und Theologie! Wahrheit war zu einem bloßen Bewußtseinsakt verkommen, dem die Wissenschaft ihre platte Richtigkeit gegenüber gestellt hat.

**Darwin:** Kann mich damit ebenfalls anfreunden. Der scharfe Graben zwischen Natur- und Geisteswissenschaft hat mich immer schon verwirrt, um nicht zu sagen verärgert. Wir leben doch nicht in zwei Kulturen! Nur deshalb konnte in mir die Natur den Geist besiegen, weil ich keine Brücke über den Graben gesehen habe. Und dann mußte ich mich entscheiden, und endlich habe ich mich entschieden ... Mein Gott, da sehe ich jetzt eine Chance, ich muß mich gar nicht bekehren, was ja

immer etwas Demütigendes hat, was einen Triumph der früheren Gegner bedeutet, sondern ...



Rialto-Brücke

**Gould:** Ja, Herr Darwin, so hatte ich es gemeint, so hatte ich es gehofft, so sollten Sie es sehen, die Brücke über den Graben, die erst im 20. Jahrhundert langsam aus dem Nebel aufgetaucht ist.

**Zeilinger:** Wenn ich mal wieder mitmischen darf. Was soll denn diese Brücke

jetzt sein? Spontan würde mir keine Antwort einfallen.

**Darwin:** Aber, Herr Zeilinger, die kann sogar ich jetzt sehen, obwohl ich hundertfünfzig Jahre vor Ihnen geboren bin. Das ist die Freiheit, sie ist es, sie bedeutet den großen Übergang zwischen Geist und Natur.

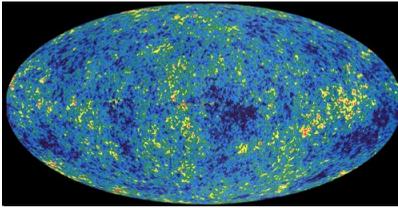
### *Wie läßt sich Freiheit erkennen?*

**Zeilinger:** Tut mir leid, sehen kann ich die Brücke trotzdem nicht. In den Diskussionen, an denen ich teilgenommen habe, kommt an dieser Stelle immer der erregte Ausruf: Kategorienfehler. Freiheit ist eine Eigenschaft des Subjektes und gehört nicht in die Kategorie der Natur. So rufen die Freunde der Freiheit, wenn sie von den Gehirnforschern in Bedrängnis gebracht werden.

**Gould:** Die Mauer zwischen den beiden Bereichen war lange Zeit, sagen wir bis zum Ende des 20. Jahrhunderts, auch sinnvoll, jetzt können wir sie abreißen. Doch das geht nur unter einer einzigen, wichtigen Voraussetzung: Der Zufall muß echt sein. Weder ein reiner Geisteswissenschaftler, noch reiner Naturwissenschaftler kann leicht auf den Gedanken kommen, hier eine Echtheit zu vermuten. Ich glaube, es liegt an der Sprache. Wenn wir sagen: Das hat der Zufall gemacht, denken wir uns den Zufall als eine besondere Art von Ursache. Was natür-

lich den Wissenschaftlern meistens recht war, denn sie meinten ja lange Zeit, der Zufall sei ein bloßes Unwissen und werde sich schon aus der besonderen in eine normale Ursache verwandeln.

**Darwin:** Ich bin begeistert. Üben wir uns doch einmal im Begehen der Brücke ein. Vom Geist hinüber zur Natur, dann



Der Urknall

von dort wieder zurück zum Geist. Also, ich will noch etwas am Ball bleiben, um zu sehen, ob ich die Spielregeln verstanden habe. Zuerst einmal sehe ich: Wenn man die Natur untersucht, so trifft man auf viel Objektivität in ihr,

dem Hintergrund sprechen wir sogar kausale Notwendigkeit zu. Meine Naivität und die einer ganzen Epoche, das war die Meinung, diese Notwendigkeit beherrsche die Natur ganz und gar; doch die Echtheit des Zufalls hat diesen verzeihlichen, vielleicht auch unverzeihlichen Fehler jetzt wettgemacht. Und aus beiden zusammen ergibt sich die Freiheit ...

**Zeilinger:** Ich würde es gerne auch so sehen, doch ich kann mir nicht vorstellen, wie sich Freiheit aus Zufall und Notwendigkeit aufbauen läßt. Wie soll das geschehen? Vielleicht wie beim Baukasten für Kinder? Oder wie ein Haus aus Ziegel und Zement gebaut ist? Da möchte ich den Bauplan erst einmal sehen.

**Gould:** Geht nicht. Sie haben das entscheidende Stichwort selbst gebracht: Vorstellen. Die Freiheit ist nicht vorstellbar, weil sie eine subjektive Eigenschaft ist. Nur Objekte lassen sich vorstellen. Deshalb kann man die Freiheit nicht aus einzelnen Teilen zusammensetzen, auch wenn wir ihre Bruchstücke anschauen können. Hier sind wir neu in die Pflicht genommen: Wir müssen deuten. Das ist besonders für jeden Naturforscher eine ungewohnte Tätigkeit.

**Zeilinger:** Eine unangenehme sogar. Ich bin ja auch deshalb mit ganzem Herzen zur Wissenschaft gegangen, ich meine zur

Naturwissenschaft, weil ich aus dem Dunstkreis der Meinungen heraus kommen wollte. Wie wollen Sie denn das begründen, ich meine den Zwang zur Deutung?

**Darwin:** Herr Zeilinger, das habe ich ja sogar schon verstanden. Objektivität ohne Pflicht zur Deutung gibt es nur dort, wo die kausale Notwendigkeit herrscht. Da ist man sozusagen mit seiner Meinung gleich bei der Sache. Oder man kann auch sagen, da gibt es eine hundertprozentige Übereinstimmung zwischen Meinung und gemeinter Sache.

**Gould:** Wenn ich mal wieder mit meinem philosophischen Wissen nach vorne treten darf. Immanuel Kant hat die Situation genauso gesehen, wie Sie gerade gesagt haben, Herr Darwin. Er meinte 1786 sogar: ‚Ich behaupte aber, in jeder besonderen Naturlehre kann nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden, als darin Mathematik anzutreffen ist.‘ Erstaunlich nicht? Nur mathematische Naturwissenschaft ist deutungsfrei. Stellen sie sich die Bahn des Mondes vor, die und ähnliche Sachen sind deutungsfrei, alles andere nicht. Die meisten Philosophen haben Kant den Satz übel genommen, weil sie damit aus der Wissenschaft herausgeworfen wurden. Was diese Leute tun, gehört eben zum Bereich der Meinungen, die mal eine bessere, mal eine schlechtere Deutung der Wirklichkeit sind. Erkenntnis der Wirklichkeit ohne Deutung ist nur in der mathematischen Naturwissenschaft möglich. Deshalb war der Kern der Neuzeit wohl die Naturwissenschaft. Das war ihr Ideal, wenn auch nicht ganz ihre Wirklichkeit.

**Zeilinger:** Ich verstehe trotzdem nicht so recht. Was soll denn das für eine Wirklichkeit sein, die mehr ist als die Natur? Meinetwegen können wir für Wahrheit auch Wirklichkeit sagen, nur muß sie sich irgendwie begreifbar machen. Wo kann ich sie denn ergreifen?

**Gould:** Merken Sie, wie unsere ganz gewöhnliche Alltagssprache hier ein Rätsel bereit hält? Begreifbar machen muß sich die Wirklichkeit, so haben Sie es gesagt. Können wir alle Wirklichkeit ergreifen? Ja, vielleicht. Doch nur dann, wenn sie sich begreifbar gemacht hat. Das vergessen wir meistens im Alltag,

und die Wissenschaft hat es in der neueren Zeit ganz systematisch vergessen wollen. Nun wird sie bestraft und bekommt in die Erinnerung gerufen: Bevor du mit deinem Ergreifen beginnst, bist du schon längst ergriffen. Vergiß das nicht, du vergeßlicher Mensch.

**Darwin:** Ja, es ist zwar etwas poetisch gesagt, doch mir werden die Augen feucht. Natürlich, unsere Wissenschaft war ein riesiges Unternehmen zum Begreifen aller Wirklichkeit. Doch dem geht ein Ergriffensein voraus, es saß mir eigentlich immer im Blut, ich konnte es nur nicht klaren Auges wahrnehmen. Jetzt sehe ich es. Ich bin Ihnen beiden zu großem Dank verpflichtet, Sie haben mich wieder zum Lachen gebracht, das heißt erst einmal zum Weinen der Erleichterung. Mein Gott, und dafür mußten 150 Jahre ins Land gehen!

**Gould:** Wenn ich Sie mit dem Taschentuch in der Hand sehe, darf ich vielleicht auch ein kleines Geständnis machen. Ich habe immer die Gnade meiner späten Geburt gepriesen. Als ob ich selbst ein Verdienst daran hätte! Zur Zeit von Darwin geboren, so war meine Rede öfter in den letzten Monaten, hätte ich auch keinen Zugang zur Religion gefunden. Oder wenn ich religiös angefangen wäre, hätte ich wohl von der angestammten Religion abrücken müssen. Ich bin glücklich, mit Ihnen jetzt auf Augenhöhe zu sein, ich meine in Bezug auf den Geburtstag. Durch unser nachträgliches Gespräch sind wir nun gleichaltrig geworden.

**Darwin:** Die andere Wirklichkeit, die Freiheit, den Geist, die Person, sehe ich jetzt so deutlich wie nie zuvor im Leben. Alles, was mir die Ahnung an seelischem Leben eingegeben hat, kann ich jetzt vor meiner Vernunft rechtfertigen. Daher die feuchten Augen.

Nur eines fehlt mir noch. Warum das Leiden? Ist es nicht schwierig, als Evolutionsforscher an Gott zu glauben, Herr Gould? Warum muß die Natur ausgerechnet auf dem brutalen Weg von Fressen und Gefressenwerden das Leben erfinden? Oder ich will besser fragen: Warum muß Gott auf diese unbarmherzige Weise das Leben erschaffen?

**Gould:** Solche Fragen sind sehr interessant. Gott kann keine lebendige Welt schaffen, die gleichzeitig völlige Sicherheit bietet. Auch wenn das einer Mutter, deren Kind gerade an Krebs erkrankt ist, schwer zu sagen ist. Oder wenn ich an Sie als Vater denke, da war es der gleiche Schmerz. Ich will es so wenden: Manche Menschen kommen bei Hausbränden ums Leben. Doch die Alternative wäre, ohne Feuer leben zu müssen.

**Darwin:** Bisher waren Ihre Antworten überzeugend, Herr Gould, hier lassen Sie mich ratlos stehen, und meine Tränen trocknen schon wieder. Also, der allmächtige Gott hätte doch einen anderen Weg für seinen Plan ...

**Zeilinger:** Ja, das ist der Punkt, der auch mich am meisten stört. Also, die theoretische Seite haben wir bewältigt: Geist, Person, Freiheit scheinen möglich zu sein, die Naturwissenschaft kann nicht mehr widersprechen. So viel ist bewiesen. Darüber hinaus sehen wir sogar eine Konvergenz der Evolution auf Freiheit hin, die sich zwanglos, wenn auch nur indirekt mit Zufall und Notwendigkeit erkennen läßt. Damit ist echtes Gott- und Menschsein möglich.

Doch die praktische Seite der Freiheit? Das ist meine Frage wie auch die von Herrn Darwin: Warum der gräßliche Weg des Lebens zur Freiheit?

**Gould:** Da überfordern Sie mich doch gewaltig, ich bin nun wirklich kein Theologe, ich bin ein kleiner Professor für Evolutionsbiologie aus New York, von dem dürfen Sie nicht die Lösung der Welträtsel erwarten. Hier müssen wir uns mit Hinweisen begnügen, die ich mehr oder weniger grob von meinen theologischen Freunden gehört habe. Diese sagen zunächst, eine ‚Natürliche Theologie‘ gibt es nicht ...

**Darwin:** So hatte ja der alte Paley sein Buch genannt, dem ich in meiner Jugend verfallen war.

## Theologie der Natur

**Gould:** Die Theologen sagen mir, das sei der falsche Ansatz. Die Natur selbst spricht überhaupt nicht, sie ist stumm, also kann sie auch nicht von Gott sprechen und den Designer zeigen, wie Paley in seiner Unvorsicht gemeint hatte. Was es geben könnte, ist eine ‚Theologie der Natur‘.



Philosophie und Theologie

**Darwin:** Sieht zunächst nicht nach einem großen Unterschied aus. Doch ich verstehe schon. Paley wollte die Natur zum Sprechen bringen und von unten nach oben vorstoßen. Von dem intelligenten Design wollte er auf den intelligenten Designer schließen. Wer von unten nach oben vordringt, will Gott fest binden und seine Erkenntnis absichern. Das hat auch mich verführt. Diese Verführung hat sich dann gegen mich gewandt und mich in den Abgrund des Naturalismus gestürzt.

**Zeilinger:** Nun, nun, Herr Darwin, wir Naturwissenschaftler sollten nicht allzu zerknirscht sein. Schließlich hat unsere Einseitigkeit ja wunderschöne Erfolge und Einsichten in die Natur zustande gebracht. Als anglikanischer Pfarrer hätten Sie nicht so viel ...

**Darwin:** ... hätte ich natürlich nicht zwanzig, dreißig, vierzig Jahre lang, nur unterbrochen durch Krankheiten, nach den Beweisen für die Evolution gesucht.

**Zeilinger:** Eben das meine ich. Da sollen uns die Theologen und Philosophen erst einmal sehr, sehr dankbar sein. Obwohl auch ich die Einseitigkeit sehe, ich versuche sie mit der Philosophie zu beheben, bisher noch nicht mit der Theologie.

**Gould:** Erst die Theologie bringt allerdings das Salz in die Suppe, bloße Philosophie schmeckt fade. Schauen Sie sich die Philosophie der letzten zweihundert Jahre an. Als sie von der

Theologie abfiel, zum Beispiel bei Hegel, oder bei Heidegger, da war sie einen Augenblick lang interessant, als sie abgefallen war, konnte sie sich selbst nicht mehr anschauen und legte sich zum Sterben nieder. Ich denke, wir können das jetzt verstehen.

**Darwin:** Herr Gould, wir sollten das Thema nicht verfehlen. Wir wollten doch über das Leiden sprechen, und Sie sind bei der Philosophie der letzten zwei Jahrhunderte gelandet. Ich nehme Sie in Geiselnhaft. Aus Mangel an Theologen müssen Sie hier deren Stelle einnehmen. Stellvertretung nennen diese Leute das, glaube ich.

**Gould:** Keine Angst, Herr Darwin, das Thema zu verfehlen liebe auch ich nicht. Die beiden haben miteinander zu tun, das Leiden und die Philosophie, wenn auch von Ferne, sie spannen ein festes Seil über einen breiten und tiefen Graben. Wissenschaft sehe ich als die Kunst des Ergreifens an, Theologie als die Kunst des Ergriffenwerdens. Die Philosophie steht irgendwie dazwischen. Entweder versucht sie, in der Wirklichkeit das Ergriffenwerden zu erkennen, oder sie macht es umgekehrt, dann versucht sie alle Wirklichkeit ins Ergreifen zu verwandeln. Im ersten Fall bereitet sie die Theologie vor, im anderen Falle schafft sie diese ab. Das Leiden ist nun das große Thema der Theologie, also das Erleiden der Geburt, das Erleiden des Todes und all dessen, was dazwischen liegt.

### *Philosophie und Theologie*

**Darwin:** Sie gehen die Sache kühl und intellektuell an. Leiden heißt Schmerzschrei, wie bei der Geburt oder wie bei dem gräßlichen Qual im fortgeschrittenen Stadium des Krebses. Oder bei Napalmbomben, kennen Sie die? Haben Sie die Schreie schon einmal gehört? Konnten Sie danach noch weiterdenken? Dagegen ist ja das Fressen und Gefressenwerden in der Natur die reinste Harmonie, ich meine, wenn in Sekundenschnelle der Löwe die Gazelle schlägt.

**Gould:** Ja, ich fühle mich schuldig, ein wenig, wenn ich über das Leiden rede, ohne es gleichzeitig zu ertragen. Das ist jedoch

nun einmal das Wesen des Gesprächs, die Distanz von dem Erlebten. Wir können jetzt weitermachen mit schlechtem Gewissen ..., oder sollen wir aufhören?

**Darwin:** Nein, einen Schritt gehen wir noch weiter, danach verstummen wir, wie wir jede Nacht und schließlich im Tode auf jeden Fall sehr stumm sein werden. Vielleicht ist es auch seine tragische Würde, wenn der Mensch trotz seiner eigenen Aussichten und trotz dessen, was er bei anderen schon gesehen hat, weitermacht ...

**Gould:** Ich will ja durchaus in diese Richtung gehen, Herr Darwin, nicht nur in Richtung des Fernmitleids, sondern auch des nahen körperlichen Mitleidens. Wann ich an die Reihe komme mit dem Leiden, habe allerdings nicht ich selbst zu bestimmen. Wir machen weiter in der echten Bereitschaft, das Leben zu erleiden. Das Ergriffensein ist ja nicht nur Geburt und Tod, es meint auch all das große Glück, das dazwischen liegt. Jetzt verstehen wir vielleicht sogar, warum alles überwältigende Glück unverhofft kommen muß, denn erst das Ergriffensein bringt uns in die Nähe Gottes, je stärker um so mehr. Selbstzubereitetes Glück ist dagegen nur der verzweifelte Versuch, aus der Einsamkeit auszubrechen, indem man sie vermehrt ...

**Zeilinger:** Sie haben schöne Einfälle, Herr Gould, wenn ich solche Zaubersprüche auch bei einem Gespräch über Quantentheorie und Evolution nicht erwartet hätte. Von Themaverfehlung will ich nicht reden, höchstens von starker Themenerweiterung, das lange Seil eben. Der Weg vom echten Zufall zum Wesen des Glückes, ja es mag etwas daran sein. ... Ach übrigens, damit wir es nicht vergessen, hatten Sie nicht vor einer halben Stunde angekündigt, mit der Evolutionsbiologie könnten wir einen Entscheid darüber bekommen, was eine gute und was eine weniger gute Religion ist? Da bin ich gespannt, wie Sie bei diesem Thema die politische Korrektheit wahren können.

**Gould:** Wenn Sie mich so direkt ansprechen, kann die Korrektheit natürlich ein paar Kratzer bekommen. Angedeutet war dieser Entscheid ja schon vorhin in den Bemerkungen von Herrn Darwin über die Religion des Hundes. Ich meine, nur

was über diese Religion des ‚do ut des‘ hinausführt, ist eine gute Religion, weil nur diese über die Brutalität der Evolution hinausführt.

**Darwin:** Darüber haben wir vorhin noch nichts gesagt. Die Religion wird durch die Brutalität des Leidens in Frage gestellt, so haben wir gesagt, von einer Abschaffung des Leidens war nicht die Rede.

**Gould:** Das ist richtig, es ist mir auch jetzt erst eingefallen. Gute Religion ist Erlösungsreligion, und zwar im Diesseits beginnend und nicht erst im Jenseits. Und die politische Korrektheit liegt einfach darin: Keine Religion bewegt sich nur auf der Hochebene, zumeist geht es um Interessen und Geschäfte am Rande des Lebens, um die Bewältigung der Kontingenz, wie das die Soziologen etwas holprig sagen. Das läßt sich in allen bekannten Religionen beobachten.

**Darwin:** Und was soll die hohe Ebene sein? Kontingenz heißt doch Zufall, und dessen Echtheit hat uns doch so sehr entzückt. Jetzt bringt die Kontingenz das Leiden hervor?

**Zeilinger:** Ja, Herr Darwin, in der theoretischen Sicht entzückt uns die Freiheit, weil wir erst dadurch echte Menschen werden, weil erst dadurch auch Gott ein echter Schöpfer sein kann. Aber was der Zufall oder die Kontingenz mir bringt, das ist natürlich Glück oder Unglück. Oder was ich daraus mache, ist Glück oder Unglück. Jetzt ist die große Frage: Wie wird die Religion, ich meine, die gute, die hohe Religion mit dem Leiden fertig?

**Gould:** Lieber möchte ich hier verstummen, weil es kein Mensch auf dieser Hochebene lange aushalten kann. Es ist das Wort von vorhin: ‚Wer sein Leben bewahren will ...‘. Sie wissen, wie es weitergeht. Ich meine, das Leiden als ein Argument gegen Gott zu nehmen, da setze ich mich als Beobachter des Weltgeschehens ein und ziehe ein dunkles Fazit. Erst wenn ich die Situation umdrehe, kann das Leiden ein Argument für Gott werden.

**Darwin:** Was heißt hier umdrehen? Das Leiden der Kreatur ist doch wohl ein objektives Faktum, oder?

**Gould:** Ja, Herr Darwin, das ist schon richtig, doch es ist auch ein subjektives Faktum. Ich selber gehöre ebenfalls zu denen, die Leiden verursachen, deshalb könnte es mir gut anstehen, dafür auch die Strafe zu zahlen. Oder sagen wir besser: Ich könnte es als meine Pflicht vor Gott und den Menschen ansehen, das Leiden auf mich zu nehmen, um es zu mindern.

**Zeilinger:** Hilft das auch beim Krebs?

**Gould:** Nein, natürlich nicht, oder höchstens in einem ganz weiten Sinne, indem ich durch Krankheit vielleicht etwas gütiger werde und nicht mehr so grausam bin, wie das die Gesunden einfach durch ihre Gesundheit an sich haben. In der Natur laufen wir mit den grausamen Instinkten der Sieger umher. Um es jetzt auf den Punkt zu bringen: Von den großen Weltreligionen haben nur zwei die Chance, unseren Einsichten standzuhalten, meine ich. Das ist der Buddhismus im Osten und das Christentum im Westen.

**Zeilinger:** Vorsicht, Vorsicht, mein lieber Gould, das Eis wird dünn und dünner. Das Judentum und den Islam wollen Sie draußen stehen lassen, ohne jedes Lob?

**Gould:** Ich spreche nur positiv, ich spreche niemandem etwas ab. Wenn es auch woanders die Hochform der Erlösungsreligion geben sollte, würde es mich freuen. Besonders deutlich erkenne ich sie im Osten und im Westen. Was meinen Sie, kann man nicht sagen, der Buddhismus im Osten geht gegen das Leiden vor, indem er den Durst des Lebens auszulöschen versucht? Und das Christentum im Westen, ist es in ihm nicht die Erlösung des Lebens vom Leiden? In beiden Fällen allerdings mit der Bereitschaft, aus dem Lebenskampf der Evolution auszusteigen. Also einmal die Lösung als Auflösung des Lebens, dann als Erlösung des Lebens, einmal negativ, einmal positiv.

**Darwin:** Glauben Sie das im Ernst? Was ich an Christentum kennengelernt und an Frömmigkeit gesehen habe, das ist Ihnen ja schon bekannt. Auf breiter Front leben die Christen, wie alle Leute in der Welt leben, die Menschen versuchen eben, durchs Leben zu kommen. Haben Sie das nicht auch schon einmal in

Worte gefaßt, Herr Gould: ‚Sehen Sie, wir leben in einer erbarmungslosen Welt, und wenn du dich ein bißchen einlullen kannst ...‘?

**Gould:** Gebe ich zu, stammt von mir, und ist auch zum Teil richtig. Die Religion bringt auch Evolutionsvorteile. Das ist, was Sie die Religion des Hundes genannt haben, das ist, was es auch im Christentum in hohem Maße gibt. Allerdings nicht im Grunde und nicht in der Person des Stifters. Natürlich, Nietzsche hat das auch gemerkt, deshalb hat er alle Christen verhöhnt und nur Christus selbst von seinem Spott ausgenommen. Wie alles bei ihm, so ist auch das übertrieben. Schauen Sie sich das Wort über den hl. Bischof Martin an, der Ende des vierten Jahrhunderts gelebt hat: ‚Er fürchtete nicht zu sterben, doch er weigerte sich auch nicht zu leben.‘ Da finde ich die Balance zwischen Geben und Nehmen auf schöne Weise, ich meine auf erlöste Weise ausgedrückt. Das hat das Niveau des Jesus-Wortes über das Bewahren und Verlieren.

**Darwin:** Hm, ja, gegen so wirklich gelebte Formen der hohen Religion kann ich kaum etwas einwenden, schon gar nicht mit schnellen Argumenten. Eigentlich müßten wir nahe an dem Punkt sein, diese wirklich echte Religion mit der vollen Evolutionslehre verbinden zu können.

### *Fulmen in clausula*

**Zeilinger:** Ich habe auch das Gefühl, wir kommen zum Ende, oder auch zu einer gewissen Vollendung unseres Gespräches. Fulmen in clausula, ein großes Feuerwerk zum Schluß, das erwarte ich jetzt. Das kann nur von Ihnen kommen, Herr Gould.

**Gould:** Oh, nein, nein, nein, ich glaube, an Größe des Erkenntniszuwachses hat Herr Darwin durch unser Gespräch mehr zu bieten. Er hat in kurzer Zeit hundertfünfzig Jahre durchlaufen, da könnte er uns jetzt ein großes Licht aufstecken.

**Darwin:** Muß nicht sein, reden Sie ruhig weiter, ich muß mich an meinen neuen Zustand erst noch gewöhnen.

**Gould:** Es fehlt uns nur noch das kleine Tüpfelchen auf dem i. Es ist überhaupt nicht möglich, Freiheit in der Natur ohne Evolutionslehre zu denken. Endliche Freiheit des Menschen und unendliche Freiheit Gottes können nur so zusammen existieren. Sonst wäre Freiheit nur ein Theatergefühl für hohe Sonn- und Feiertage. Und weil die Freiheit im Geben und Nehmen so echt ist, erleidet der Mensch sie als hohes Glück oder als tiefen Schmerz. Er ist beteiligt, er kann und darf nicht nur der Zuschauer in der Welt sein. Wenn die Natur nicht beweglich wäre, wie wir sie jetzt als beweglich erkannt haben, dann müßte der Mensch sie als Hagestolz durchwandern. Nun ist er durch die Evolutionslehre mit Haut und Haar an der Natur beteiligt, das heißt mit Leib und Seele, als freier Sohn und freie Tochter des einen Schöpfervaters, der seinen Geschöpfen einiges zutraut, im Bösen auch, vor allem aber und letztlich noch mehr im Guten.

**Darwin:** Sie sind ein Pfiffikus, mein lieber Gould, und jetzt haben Sie noch einen Predigermund dazu bekommen, wie ich ihn mir in meiner Jugendzeit gewünscht habe. Sie haben mich mit dem Leiden zwar noch nicht ganz überzeugt, doch morgen reden wir weiter.

## Personen

Aspect, Alain. . . . .	<a href="#">33</a> , <a href="#">37</a>
Bell, John S. . . . .	<a href="#">32-37</a>
Bohr, Niels. . . . .	<a href="#">1</a> , <a href="#">6</a> , <a href="#">25-27</a> , <a href="#">36</a>
Born, Hedwig. . . . .	<a href="#">8</a>
Born, Max. . . . .	<a href="#">8</a> , <a href="#">25</a>
Broch, Hermann. . . . .	<a href="#">12</a> , <a href="#">13</a>
Clauser, John. . . . .	<a href="#">36</a>
Darwin, Charles. . . . .	<a href="#">1</a> , <a href="#">5-28</a> , <a href="#">30-32</a> , <a href="#">34</a> , <a href="#">37-45</a> , <a href="#">47-56</a>
Einstein, Albert. . . . .	<a href="#">1</a> , <a href="#">4-14</a> , <a href="#">16</a> , <a href="#">23-33</a> , <a href="#">38</a> , <a href="#">41</a>
Feynman, Richard P. . . . .	<a href="#">23</a>
Freedman, Stuart. . . . .	<a href="#">36</a>
Goethe, Johann Wolfgang von. . . . .	<a href="#">13</a>
Gould, Stephen J. . . . .	<a href="#">4</a> , <a href="#">5</a> , <a href="#">8-11</a> , <a href="#">13-17</a> , <a href="#">19</a> , <a href="#">20</a> , <a href="#">22-24</a> , <a href="#">26</a> , <a href="#">27</a> , <a href="#">29-31</a> , <a href="#">33</a> , <a href="#">35</a> , <a href="#">36</a> , <a href="#">38-56</a>
Hattrup, Dieter. . . . .	<a href="#">1</a> , <a href="#">2</a>
Hegel, Georg Wilhelm Friedrich. . . . .	<a href="#">50</a>
Heidegger, Martin. . . . .	<a href="#">50</a>
Heisenberg, Werner. . . . .	<a href="#">24</a> , <a href="#">25</a> , <a href="#">27</a> , <a href="#">28</a> , <a href="#">31</a> , <a href="#">33</a>
Hooker, Joseph. . . . .	<a href="#">13</a> , <a href="#">14</a>
Huxley, Thomas. . . . .	<a href="#">13</a> , <a href="#">14</a>
Jeans, James. . . . .	<a href="#">20</a>
Jesus. . . . .	<a href="#">55</a>
Kant, Immanuel. . . . .	<a href="#">47</a>
Mann, Thomas. . . . .	<a href="#">14</a>
Newton, Isaac. . . . .	<a href="#">10</a> , <a href="#">15-17</a> , <a href="#">20</a> , <a href="#">21</a> , <a href="#">28</a>
Nietzsche, Friedrich. . . . .	<a href="#">44</a> , <a href="#">55</a>
Oppenheimer, J. Robert. . . . .	<a href="#">7</a>
Paley, William. . . . .	<a href="#">49</a> , <a href="#">50</a>
Planck, Max. . . . .	<a href="#">9</a> , <a href="#">16</a> , <a href="#">17</a> , <a href="#">19-25</a> , <a href="#">33</a>

Podolsky, Boris. . . . .	<a href="#">30</a>
Rayleigh, John William Strutt. . . . .	<a href="#">20</a>
Rosen, Nathan. . . . .	<a href="#">30</a>
Schrödinger, Erwin. . . . .	<a href="#">25</a> , <a href="#">26</a>
Stern, Otto. . . . .	<a href="#">8</a>
Wein, Martin. . . . .	<a href="#">22</a>
Wien, Wilhelm. . . . .	<a href="#">19</a> , <a href="#">20</a>
Wigner, Eugene Paul. . . . .	<a href="#">36</a>
Zeilinger, Anton. . . . .	<a href="#">4-6</a> , <a href="#">8</a> , <a href="#">10</a> , <a href="#">11</a> , <a href="#">14-22</a> , <a href="#">24-37</a> , <a href="#">39</a> , <a href="#">41</a> , <a href="#">45-47</a> , <a href="#">49</a> , <a href="#">50</a> , <a href="#">52-55</a>