

**Bemerkungen aus Richard P. Feynman's Buch „Vom Wesen physikalischer Gesetze“ (1964)<sup>1</sup> und Kommentare dazu.**

Ulrich BRUCHHOLZ<sup>2</sup>

6. Juli 2006

—

Vorbemerkung: *Mittlerweile sind 42 Jahre vergangen. In der offiziellen Physik wurden die von FEYNMAN angesprochenen Widersprüche nicht gelöst. FEYNMAN's Lehrer WHEELER sieht diese Problematik entspannter und vermutet hinter all diesen verwirrenden Dingen eine ganz einfache grundsätzliche Lösung oder Einsicht. WHEELER soll Recht behalten.*

1. Bisher ist es niemandem geglückt, Elektrizität und Schwerkraft zu zwei verschiedenen Aspekten ein und der selben Sache zu machen. (S.43)
  - Mit der Geometrischen Feldtheorie ist genau das geglückt. Diese gemeinsame „Sache“ ist die Geometrie der in der Relativitätstheorie vereinigten Raumzeit.
2. Unsere heutigen physikalischen Theorien, die Gesetze der Physik, bestehen aus einer Vielzahl verschiedener Teile, die nicht alle zusammenpassen. . . . ich kann lediglich über die Gemeinsamkeiten der verschiedenen Gesetze reden. Der Zusammenhang zwischen ihnen entzieht sich unserem Verständnis. (S.43)
  - Das ist eine treffende Darstellung der Situation. Es hat aber keinen Sinn, diese „Teile“ mit Macht vereinigen zu wollen, weil diese auf unterschiedlichen *Methoden* beruhen. Man kann nur unter einer Methode vereinigen. Das ist mit Gravitation und Elektromagnetismus gelungen. Die Quantenphänomene werden dabei berücksichtigt. Die Phänomene wohlgermerkt, nicht die Theorie !

---

<sup>1</sup>

zitiert von Manfred GEILHAUPT in <http://www.fh-niederrhein.de/~physik07/index.html>

<sup>2</sup>

Dipl.-Ing. Ulrich Bruchholz, <http://www.bruchholz-acoustics.de>

3. Sollten Sie sich eine Theorie über einen gemeinsamen Ursprung (von elektrischer Kraft und Gravitationskraft) zusammengezimmert haben, müssen Sie sich fragen, wie solch ein Mißverhältnis (Größenunterschied) zustande kommen kann. (S.45)
  - Es kann extreme Größenverhältnisse geben. Die haben wir zur Kenntnis zu nehmen. Der Begriff „Mißverhältnis“ gehört nicht in die Naturwissenschaft. Der ist rein subjektiv. Es erscheint nicht sinnvoll, die Kräfte zwischen Ladungen und die zwischen Massen (bei gleichem Abstand) zu vergleichen. Das setzt sehr willkürliche Modelle voraus. Dagegen beträgt der Einfluß auf die Metrik bei einem Radius von  $10^{-15}\text{m}$  aus Masse, Spin, Ladung, magnetischem Moment jeweils etwa  $10^{-40}$ . Übrigens ist der Versuch, eine Theorie „zusammenzuzimmern“, von vornherein zum Scheitern verurteilt. Es ist auch falsch, nach einem „gemeinsamen Ursprung“ zu suchen. Den gibt's nicht. Die richtige Frage an die Natur besteht darin, was die konkreten Größen überhaupt sind.
  
4. Einstein mußte die Gesetze der Schwerkraft (Newton, Galilei, Kepler) in Übereinstimmung mit den Prinzipien der Relativität abändern. Im Gegensatz zu Newton's Theorie, dass die Kraft überall sofort wirkt, lautete Einsteins erster Grundsatz (physikalisches Prinzip der speziellen RT), dass sich "x" nur mit endlicher Geschwindigkeit ausbreitet. Eine Änderung besagt, alle Massen fallen, Licht hat Energie, und Energie und Masse sind äquivalent. Auch wurde das Schwerkraftgesetz (Newton's Formel) leicht modifiziert, gerade genug, um die leichte Abweichung in der Bewegung des Merkur zu erklären. (S.45)
  - Nicht zu vergessen die vielen Vorhersagen. Die stimmten bisher alle, im Gegensatz zu anderen Theorien. Deshalb baut die Geometrische Feldtheorie unmittelbar auf der Allgemeinen Relativitätstheorie auf.
  
5. Eine Theorie der Quantengravitation besitzen wir nicht, ist es doch bis jetzt nicht gelungen, eine wirklich überzeugende Theorie aufzustellen,

die die Unschärferelation und die Prinzipien der QM berücksichtigt.  
(S.46)

- Das geht auch nicht. Gravitation ist außerdem ein Feld und als solches nicht quantisiert. Die Unschärferelation ist eine Kategorie aus der Systemtheorie.

6. Nun werden Sie sagen: „Gut, Sie haben uns zwar gesagt, was passiert, aber nicht, was die Schwerkraft ist und woher sie kommt. Sie wollen uns doch nicht weismachen, dass ein Planet zur Sonne schaut, feststellt, wie weit er entfernt ist, zu rechnen anfängt und beschließt, sich mit einer Schnelligkeit zu bewegen, wie sie ihm das Gesetz befiehlt, also umgekehrt proportional zur Entfernung?“ Mit anderen Worten, obwohl ich Ihnen das mathematische Gesetz gegeben habe, habe ich Ihnen nichts von dem Mechanismus verraten. (siehe 11) (S.46)

- Zustimmung.  
Was die Schwerkraft ist, läßt sich noch feststellen. Die Frage, woher sie kommt, wird von der Natur grundsätzlich nicht beantwortet.

7. Zum Schluss dieser Vorlesung möchte ich auf einige Eigenschaften hinweisen, die die Schwerkraft mit den anderen Gesetzen gemein hat. Erstens wird sie mathematisch ausgedrückt; die anderen ebenfalls. Zweitens ist das Gesetz nicht genau. Einstein mußte es modifizieren und trotzdem stimmt es noch immer nicht ganz, da wir noch die Quantentheorie einarbeiten müssen. Das Selbe trifft auch für alle anderen Gesetze zu, sie sind durch die Bank nicht exakt. Bei allem bleibt ein Rest von Geheimnis, überall müßten wir noch etwas einflücken. (S.46)

- Warum *muß* die Quantentheorie eingearbeitet werden ? Was soll dieses Flickwerk ? Die unterschiedlichen Methoden passen nie zusammen. Natürlich muss eine umfassende Theorie die Quantenphänomene berücksichtigen. Diese sind nicht gleichbedeutend mit Quantentheorie ! (Die geometrische Feldtheorie berücksichtigt die Quantenphänomene.)

8. Es ist ohne weiteres möglich, die Prinzipien so vollständig zu erfassen, dass nicht der geringste Spielraum bleibt, um an den Gesetzen (Gleichungen/Formeln) zu deuteln. Die Gravitation ist einfach und schön. Das heißt einfach in ihrer Struktur, nicht in den Auswirkungen. Die Bewegungen der verschiedenen Planeten, die sich wieder beeinflussen, zu bestimmen, kann ein hartes Stück Arbeit sein, und die Bahnen aller Sterne in einem Kugelhaufen zu verfolgen, übersteigt vollends unser Vermögen.
9. Um es kurz zu machen, die Rolle der Mathematik in der Physik ist bei der Diskussion der einzelnen Vorgänge in komplizierten Situationen nicht zu überschätzen, schließlich garantiert die Mathematik die Grundregeln des Spiels. (S.49)
10. Sonderbar in der Physik ist, dass wir, um die Grundgesetze auszudrücken, noch immer die Mathematik brauchen. (S.49) (Manfred's persönliche Anmerkung: Aus Grundprinzipien sollen sich die Gesetze der Physik herleiten lassen. Siehe Einstein, der aus dem Prinzip „träge Masse ist von schwerer Masse nicht zu unterscheiden“ das Newtonsche Gravitationsgesetz hergeleitet hat)
  - In der Geometrie treffen sich Mathematik und Physik :-)
11. Das Gravitationsgesetz (Newton's Formel ist hier gemeint) ist in gewisser Weise ein mathematisches Gesetz, und man fragt sich, wie es den Rang eines fundamentalen Gesetzes beanspruchen kann? (vergl. 6) Zig Leute haben versucht, einen Blick hinter die Kulissen zu werfen und Newton vorgeworfen: „Ihre Theorie besagt doch nichts.“ Worauf er erwiderte: „Ich habe Ihnen gesagt, wie sich der Planet bewegt. Das sollte Ihnen genügen. Ich habe Ihnen gesagt, wie er sich bewegt, nicht warum.“ Häufig aber wollen sich die Leute nicht zufrieden geben, ehe sie nicht den Mechanismus kennen. (S.51)
  - Die Leute sehen nicht, dass es keinen „Mechanismus“ gibt. Die Mathematik hilft aber, Zusammenhänge zu begreifen. Beschleunigung und Gravitation finden wir so im Krümmungsvektor wieder.

12. Nehmen wir an, dass überall in der Welt eine Menge Teilchen herum- und mit großer Geschwindigkeit durch uns hindurchfliegen. Sie kommen gleichermaßen aus allen Richtungen, schießen vorbei, treffen uns aber immer wieder einmal wie bei einem Bombardement. Wir und die Sonne sind praktisch durchlässig für sie - praktisch aber nicht vollständig, denn einige treffen. Ohne unsere Sonne würde die Erde von allen Seiten gleichmäßig von Partikeln bombardiert und erhielte durch den Aufprall der wenigen, die treffen, bäng, bäng, kleine Impulse. Da von der einen so viele kämen wie von der anderen, von oben so viele wie von unten, würde die Erde nicht in eine bestimmte Richtung bugsirt. Da jedoch die Sonne vorhanden ist, werden die aus dieser Richtung kommenden Partikel zum Teil von der Sonne absorbiert. Die Sonne bildet so ein Hindernis, weshalb aus ihrer Richtung weniger Teilchen kommen als von der anderen Seite ... Deshalb wird es einen Impuls in Richtung zur Sonne geben. Ist die Sonne weiter weg, wird sie kleiner und zwar umgekehrt proportional zur Entfernung. Das ganze ist im Grunde nur eine Sache anrennender Teilchen. Die Geschichte hat nur einen Haken, sie funktioniert nicht, wenn auch aus anderen Gründen. Jede Theorie, die aufgestellt wird muss auf alle möglichen Folgen analysiert werden. Schließlich will man sicher gehen, dass sie nicht etwas anderes vorher-sagt. Und diese hier sagt in der Tat etwas anderes vorher. Da sich nämlich die Erde bewegt, wird unser Globus vorne von mehr Partikeln getroffen als von hinten Womit eine Kraft entsteht, die sich der Bewegung entgegenstemmt. Diese Kraft würde die Erde auf ihrer Bahn bremsen, so dass sie gewiß nicht 3 Milliarden Jahre kreisen würde. Damit ist diese Theorie erledigt. Trotzdem - sagen Sie - war es eine gute Theorie, hat sie mich doch eine zeitlang von der leidigen Mathematik befreit. Vielleicht kann ich mir eine bessere Theorie zurechtlegen. Vielleicht gelingt es Ihnen? Immerhin kennt niemand den letzten Grund. So haben wir bis heute kein anderes Modell der Gravitationstheorie als die mathematische Formel. (S.52-53)

- Na ja, die Geometrie ist mehr als eine mathematische Formel. Wahrscheinlich ist die Geometrie der „letzte Grund“, wie ihn

FEYNMAN meint.

13. Jedes unserer Naturgesetze ist eine rein mathematische Aussage einer ziemlich komplexen abstrusen Mathematik. Warum? Ich habe keine blasse Ahnung. So leid es mir tut, es scheint nun einmal unmöglich zu sein, die Schönheiten der Naturgesetze ohne Schummelei auf eine Weise zu erklären, dass auch Nichtmathematiker sie empfinden können. (S.53)

- Die Mathematik ist abstrus, solange die Zusammenhänge fehlen. Unter dem Dach der Geometrie entfaltet sich die ganze Schönheit der Naturgesetze.

14. Immer wieder stellt sich jedoch heraus, dass sich die großen Entdeckungen samt und sonders von ihnen (konkreten Modellen) entfernen und viel abstraktere Formen annehmen, kurzum, dass Modelle für die wirklich großen Würfe nichts taugen. „Dirac“ erriet die konkreten Gesetze der relativistischen Quantenmechanik im wahrsten Sinne des Wortes. Er stellte eine Gleichung auf und hatte damit das Gesetz entdeckt. ... Dagegen können alle Versuche, sie durch philosophische Prinzipien zu erfassen oder durch die Einbildung sich auszudenken, einpacken. (S. 74)

- Die von Dirac „erratenen Gesetze“ sind auch sehr modellbezogen, und es ist nur folgerichtig, dass sich die Entdeckungen immer mehr von spezifischen Modellen entfernen. Das einzige Prinzip, das sich bisher bewährt, ist die Geometrie. Sie hat sich für die Gravitation voll bewährt, und erfährt ihre Krönung in der Geometrischen Feldtheorie, wo auch die Geometrie der elektromagnetischen Felder geklärt wird. Die Quantenphänomene werden dabei nicht außer Acht gelassen.  
Es wird offenkundig, dass die Geometrie mehr ist als ein Modell.