



## **Holger van den Boom**

Geb. 1943. Ausbildung zum Grafikdesigner. Danach Studien in Philosophie, Mathematik, Theoretischer Physik, Linguistik und Psychologie. Promotion 1974, Habilitation 1982. Seitdem Professor für Designinformatik an der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig. Zahlreiche Publikationen.

Holger van den Boom

## **Theorie für Alles.**

Elemente einer Erkenntnistheorie der Physik.

**Verlag T. Bautz**

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Verlag Traugott Bautz GmbH 99734 Nordhausen 2006  
ISBN 3-88309-362-9

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>9</b>
<b>Eine Theorie für Alles erscheint auf der Bildfläche.</b>	<b>11</b>
1. Mit Bleistift auf Papier	11
2. Symbolische Formen	13
3. Mathesis universalis	15
4. Das pythagoräische Argument	17
5. Die Grundlagen der Mathematik	20
6. TOE	22
7. Was muss eine TOE erklären?	25
8. Das Standardmodell	31
9. Realität oder nicht Realität?	34
<b>Quanten fordern den menschlichen Geist heraus.</b>	<b>37</b>
10. Drei Prinzipien	37
11. Quantenzustände	42
12. Feldtheorie	43
13. Neue Wellen	45
14. Auf dem Weg zum Wirkungsquantum	48
15. Eine klassische Katastrophe wird unvermeidlich	50
16. Die Katastrophe ist vermeidlich	52
17. Licht wird gestückelt	53
18. Der Zufall erscheint	57
19. Klassische Energie versammelt sich hochfrequent	59
20. Wirkung kann auch anders	61
21. Das Elektron – eine Welle?	63
22. Nochmals Unbestimmtheit	65
23. Das »Unbestimmtheitsquantum« wird fundamental	67

## Inhaltsverzeichnis

24. Der Spin kommt hinzu	70
25. Realität und Virtualität	71
26. Die Amplitude wird quantisiert	73
27. Annäherung an die Eichsymmetrie	75
28. Eigenwerte	77
29. Wirkung als Impuls mal Weg	79
30. Die Schrödingergleichung	81
31. Operatoren kommen ins Spiel	84
<b>Geometrodynamik: Aspekte der Relativität.</b>	<b>87</b>
32. Makrokosmos und Mikrokosmos	87
33. Spezielle Relativitätstheorie	88
34. Relative Geschwindigkeit, absolute Geschwindigkeit	90
35. Wozu Gravitation?	91
36. Unterwegs zur allgemeinen Relativität	93
37. Raumkrümmung, ein Bild	96
38. Das Äquivalenzprinzip besser verstehen	100
39. Allgemeine Relativitätstheorie	104
40. Erweiterung der Geometrodynamik?	107
<b>Die Zeit: Das tiefste Geheimnis der Physik.</b>	<b>111</b>
41. Zeit und Logos	111
42. Ein Prinzip für die Zeit?	117
43. Wie kommt die Mathematik ins Spiel?	118
44. Naturnotwendigkeit	121
45. Noch einmal Unbestimmtheit und Zufall	123
46. Möglichkeit und Logos	127
47. Vollständigkeit und Allwissenheit	129
48. Zufall und Notwendigkeit	131
49. Naturgesetze	135
50. Zeit als Parameter	137
51. Zeit als physikalische Größe	141

<b>Ein physikalistisches Weltbild.</b>	<b>145</b>
<b>52.</b> Weltdarstellung in der Welt	145
<b>53.</b> Ist die Physik »vollständig«?	147
<b>54.</b> Naturalistischer Fehlschluss	150
<b>55.</b> Funktion des Lebens	151
<b>56.</b> Physik und Phänomen	154
<b>57.</b> Philosophie und Physikalismus	155
<b>58.</b> Schrödingers Katze	<b>157</b>
<b>Realität ist Möglichkeit, die wir sehen.</b>	<b>161</b>
<b>59.</b> Vollständigkeit und Realitätsgeltung	161
<b>60.</b> »Statistische Mechanik«	163
<b>61.</b> Verstehen ist möglich	165
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>169</b>
Empfehlenswerte Einführungslektüre	169
Ausgewählte weiterführende Literatur	170
Einige mathematisch anspruchsvollere Werke	173
<b>Register</b>	<b>175</b>



## Vorwort.

Bei der langjährigen Beschäftigung mit dem universellen kulturellen Phänomen der symbolischen *Darstellung*, einem insbesondere genuinen und profunden Problem der Designwissenschaft (das ich in Büchern und Aufsätzen behandelt habe), sah ich mich häufig auch mit Fragen der Erkenntnistheorie der Physik konfrontiert: *Was bedeutet physikalische Darstellung? Bildet sie Realität ab? Oder »gestaltet« sie eher Realität?* Reflexionen zu diesem Thema versammelten sich schließlich zu einem eigenen kleinen, in den Themenkreis einführenden Buch, das ich hiermit vorstelle. Es wendet sich nicht an ein spezielles Publikum. Meine Hoffnung dabei ist, durch einige cursorisch vorgetragene Gesichtspunkte mit dazu beitragen zu können, »erkenntniskritische« Leser von der Wichtigkeit gerade der Physik für unser gegenwärtiges Weltbild zu überzeugen und etwaige »physikalische« Leser von der Wichtigkeit der Erkenntnistheorie. Auch würde es mich freuen, Leser zu finden, die sich ganz einfach aus philosophischer Wissbegierde für das von der Physik dargestellte Weltbild interessieren.

Ein Buch über Erkenntnistheorie, noch dazu ein so kurzes, kann bedauerlicherweise nicht nebenbei die Physik selbst, die ja der Anlass erkenntnistheoretischen Fragens ist, in aller wünschenswerten Ausführlichkeit darstellen. Eine gewisse Bekanntschaft mit Erkenntnissen der Physik sollte daher beim Leser und der Leserin angenommen werden können. Ver-

mutlich reichen aber Kenntnisse auf Sachbuchniveau völlig aus, das hier Diskutierte zu verstehen. Im Anhang sind Werke genannt, die Hilfe bieten.

Meinem langjährigen Mitarbeiter, Dr.-Ing. Diethard Janßen, danke ich für viele freundschaftliche Gespräche über die Themen des Buches sowie für kritische Lektüre des Manuskripts, die einige gröbliche Schreibfehler ans Tageslicht brachte. In ebenso treuer Mitarbeit erstellte Frau Mag. Dipl.-Des. Barbara Wendt das Layout des Buches.

Lübeck, April 2006

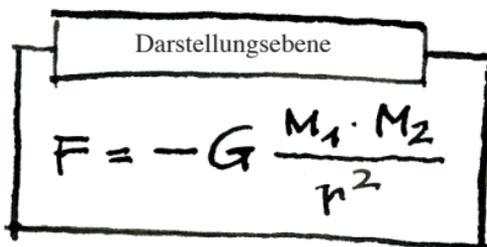
H. v.d.B.

## Eine Theorie für Alles erscheint auf der Bildfläche.

### 1.

**Mit Bleistift auf Papier.** Inwiefern bildet die physikalische Erkenntnis *Realität* ab? Das ist die große, immer wieder diskutierte Frage, die hinter der gesamten modernen Physik steht. Realität ist im 20. Jahrhundert kein selbstverständliches Konzept mehr gewesen, weder physikalisch noch kognitions-wissenschaftlich, noch allgemein kulturell.

Erkenntnis ist nicht stummer geistiger Besitz Einzelner; Erkenntnis ist mitteilbar; sie ist kommunizierbar und aufbewahrbar. Dazu muss sie in irgendeiner Form öffentlich *dargestellt* werden. In der Abbildung wird solcherart *ein Stück Physik* gezeigt:



The diagram consists of a large hand-drawn rectangle. At the top, there is a smaller horizontal rectangle labeled "Darstellungsebene". Below this, the equation for Newton's law of universal gravitation is written in a hand-drawn style: 
$$F = -G \frac{M_1 \cdot M_2}{r^2}$$

Es handelt sich um das berühmte Gravitationsgesetz Isaac Newtons (1642 – 1727) von 1687, das folgenden Sachverhalt darstellt: Die Schwerkraft oder Gravitationskraft  $F$  ist in ihrer Größe jeder der beiden schweren Massen  $M_1$  und  $M_2$  proportional und zugleich dem Quadrat ihrer Entfernung  $r$  umgekehrt proportional. Das Gesetz ist in mathematischer Notation *auf Papier geschrieben*. Und es ist genau darum auch selber ein Bestandteil der Welt, von der es einen Ausschnitt beschreibt. Was bedeutet diese Konstellation? Wie ist sie möglich? Und

## Eine Theorie für Alles erscheint auf der Bildfläche

wie ist das zu *interpretieren*? Über diese Fragen Überlegungen anzustellen ist Aufgabe vor allem derjenigen, die sich mit der Erkenntnistheorie der Physik befassen.

Es geht in der Erkenntnistheorie der Physik in der Hauptsache darum, das Weltbild der Physik so weit auszudehnen, dass die physikalische Darstellung mit Bleistift auf Papier, hervorgebracht vom menschlichen Geist, ihrerseits noch in diesem Bild Platz findet, eine Situation, die gewöhnlich unter der Überschrift »Physikalismus« oder auch »physikalistisches Weltbild« diskutiert wird. Das Weltbild der Physik wird physikalistisch – vorweg zu etwaigen weltanschaulichen Bewertungen –, wenn es für Alles zuständig werden soll, einschließlich des Physik treibenden und darstellenden menschlichen Geistes. Um dann die weitergehende Frage zu stellen, was eine solche Situation wiederum für die Physik und ihr Weltbild bedeutet. Bezieht sich die alltägliche Realität der Darstellung mit Bleistift auf Papier selbst noch auf eine »dahinter« liegende, eigentümlich physikalische Realität? Bildet Physik also Realität ab oder ist sie streng genommen nur, wie der erkenntnistheoretische *Positivismus* meint, tauglich, im Ausgang von Beobachtungen in Experimenten als Rechenrezept mehr oder weniger genaue – im allgemeinen statistische – Vorhersagen zu machen? Das ptolemäische Weltbild ist verschwunden, weil es die Erde im Mittelpunkt des Weltalls sah. Aber es machte durchaus ganz gute Voraussagen über die Planetenbewegungen; es enthielt *brauchbare* Physik.

Eine positivistische Beschränkung auf Physik als Sammlung von statistischen Rechenrezepten, für die »Realität« schlechte Metaphysik ist, kann indes nicht befriedigen, allein schon deswegen nicht, weil, wie zu zeigen sein wird, damit die

besondere Rolle der Mathematik in der Physik nicht adäquat gewürdigt wird. Die Mathematik fördert in der Physik durchaus mehr zutage als statistische Korrelationen. Physik, die für Alles zuständige Theorie, hat es zuletzt nicht nur mit realen Wirklichkeiten, sondern vor allem mit realen, mathematischen *Möglichkeiten* zu tun.

### 2.

**Symbolische Formen.** Wir betreiben hier nicht Physik, wir *betrachten* Physik. Und wir betrachten die Physik nicht als Physiker, sondern als Erkenntnistheoretiker. Unser Interesse an der Physik ist also primär philosophischer Art. Das erkenntnistheoretische Interesse zielt nicht selbst im Geradehin auf die Natur wie die Physik. Erkenntnistheorie bezieht nicht physikalisch Stellung, sondern übt der Natur gegenüber *Epoché*, wie die antiken Skeptiker die vorsichtige Zurückhaltung des Urteils nannten; sie klammert die Physik in ihrer Geltung vorerst gleichsam ein, so drückte sich gern der bedeutende Phänomenologe Edmund Husserl (1859 – 1938) aus. Erkenntnistheorie geht hinter die Unmittelbarkeit der direkten Erkenntnisgewinnung zurück. Denn vor das Objekt der Erkenntnis schiebt sich aus Sicht der Erkenntnistheorie ihre mittelbare, weil mittelbare *Darstellung* ein, und zwar als konstruktive, »transzendente«, subjektive geistige Leistung (Immanuel Kant, 1724 – 1804), eine Leistung menschlicher Intelligenz, niedergelegt mit Bleistift auf Papier. Die Darstellung ist nicht Fiktion, nicht *science fiction*, sie zielt auf Realität. Die Darstellung der Welt ist ein die Welt erschließender Bestandteil der Welt. Die Darstellung ist das symbolische *Medium* der Welterschließung. Wir befragen die physikalische Darstellung darüber, was sie darstellt.

## Eine Theorie für Alles erscheint auf der Bildfläche

Insofern betrachten wir hier die Physik als »symbolische Form« in der Tradition Ernst Cassirers (1874 – 1945), neben anderen kulturellen symbolischen Formen wie Sprache, Mythos, bildende Kunst. Seine *Philosophie der symbolischen Formen* (ab 1923) erörterte eben auch eingehend Fragen der Physik. Wir nehmen die Physik in ihrer Darstellung der Welt von daher als symbolisches, d.h. *semiotisches* Problem auf und fragen entsprechend nach den heutigen Grundlinien einer *physikalischen Semantik* (H. Schleichert, 1966). Nicht der menschliche Geist, wohl aber die Darstellungsebene ist anfangs *tabula rasa*, leer, und füllt sich durch geistige Arbeit allmählich im Laufe der Geschichte mit den Hieroglyphen des Wissens und der Erkenntnis.

Die Physik ist vor allem ausgezeichnet dadurch, dass sie eine *mathematische* Darstellung der Welt gibt, sie ist mathematische Erschließung der Welt. Das ist ihre besondere Form der Darstellung. Uns interessiert, worin die physikalische Form oder »Logik der Darstellung« besteht, im Unterschied zur Logik der Sprache, des Mythos, der Kunst etc. Was unterscheidet eine mathematische Darstellung der Welt von allen anderen möglichen Darstellungsformen? Wir werden sehen, dass es nicht genügt, die Mathematik als eine bloß besondere »Sprache« aufzufassen, als äußerliches Ausdrucksmittel, das für das Dargestellte selbst keine weitere Bedeutung hat. Vielmehr kommt der Mathematik als dem logischen Raum der Möglichkeiten für die Semantik der symbolischen Form Physik eine ausschlaggebende Rolle zu. Dass die Physik mathematisch ist, trifft so unmittelbar das Wesen der Physik.

3.

**Mathesis universalis.** Physik ist die Darstellung des *Physischen*, des in alltäglicher Einstellung von sich aus Vorhandenen oder vorfindlich »Gegebenen«, dessen Summe wir als Welt oder Universum bezeichnen. Physik thematisiert nicht Ausschnitte der Welt, sie behandelt das Universum als Ganzes. Seit dem Beginn der abendländischen Philosophie steht im Mittelpunkt philosophischer Fragen, die das Ganze betreffen, eine unter vielen verschiedenen Bezeichnungen figurierende *fundamentale Unterscheidung*, die Differenz von *Physis* und *Logos*, wie wir sie hier nennen wollen. Das Physische, im Griechischen wörtlich das natürlich Gewordene, ist das, was so ist wie es ist, das Faktische, das Empirische. Das Physische ist der Inhalt unserer Welterfahrung, dessen, was uns vor Augen erscheint; wir müssen die Welt erst einmal so nehmen, wie sie ist, wie sie uns *positiv vorgegeben* ist (lat. *ponere*, setzen, stellen). Die Welt ist das, was die Welt uns eben vor die Nase setzt; wir haben sie uns nicht ausgesucht oder ausgedacht. Das Physische oder Positive ist das, woran auch der Positivismus anknüpft, der in seinen modernen Varianten ebenso das Logische anerkennt (»Logischer Positivismus« oder »Logischer Empirismus«), es als solches aber nicht zu beschreiben weiß.

Bei dem, was uns vor Augen erscheint, ist nicht von Psychologie die Rede: Eine präzise Deutung dessen, was wir allgemein als das »Physische« ansprechen, leistet heute der Begriff der (physikalischen) *Information*. Die moderne, für unsere Informationstechnologien so zentrale mathematische *Informationstheorie*, begründet 1948 von Claude Shannon (1916 – 2001), entwickelt den Informationsbegriff als einen statistischen Begriff, mit dessen Hilfe die Natur in erster Annäherung posi-

## Eine Theorie für Alles erscheint auf der Bildfläche

tivistisch konsequent als eine bloße *Nachrichtenquelle* aufgefasst werden kann, zu der wir nur statistischen Zugang haben. Die *Rezeptivität* (Kant) des menschlichen Geistes bedeutet so den Empfang von Information aus der Natur. Der Informationsgehalt eines beobachteten Ereignisses ist der Logarithmus des Kehrwertes seiner Wahrscheinlichkeit. Am Informativsten sind zufällige Ereignisse.

Das Logische – oder, grob gleichbedeutend, das Mathematische – hingegen erfassen wir nicht durch Erfahrung, nicht durch Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung, sondern dadurch, dass wir es denkend *vollziehen*. Der menschliche Geist ist wesentlich *performativ*, er führt geistige Operationen aus. Das Logische gilt performativ nicht in gegenständlich-inhaltlichem Bezug – nicht denotativ –, sondern »kraft seiner Form«, wie man sagt: Alle A sind B; alle B sind C; also sind alle A auch C. Das gilt formal, gleichgültig, was wir inhaltlich unter A, B, C verstehen. Der logisch-operative Vollzug des Formalen in der Darstellung, der Beweis oder die »Herleitung«, die Deduktion, zeigt a priori, dass *das Logische nicht anders sein kann als es ist*, während das Physische, weil es a posteriori so ist wie es ist, auch anders sein könnte als es ist. *Das Gegebene*, »Positive«, die Information, ist das, was immer auch anders sein kann – ja, was anders ist, das Andere des vollziehenden, performativen Subjekts, das Objekt. Die Physik ist daher in ihrer nüchternen Forschungshaltung in der Tat erst einmal »positivistisch« ausgerichtet auf die Kontingenz der Information aus der Natur. Das Newtonsche Gravitationsgesetz gilt nicht aus rein logischen Gründen. Wir haben, über das Mittelalter schließlich hinausgehend, gelernt, zuerst von Immanuel Kant, dass wir über das positiv Seiende nichts logisch Notwendiges aussagen können. Alle Gottesbeweise, welche die Notwen-

digkeit der positiven Existenz Gottes beweisen sollten, sind logisch fehlschlüssig. Es gibt keine »notwendige reale Existenz«; es gibt nur faktische Existenz, keine »zwingende«. Gott und die Welt können nicht deduziert werden; das Universum ist kein Theorem. – Und dennoch ist gerade die Mathematik von fundamentaler Bedeutung für die Physik, indem sie nämlich notwendige reale Möglichkeiten untersucht. Davon später.

Halten wir zunächst fest: Die Darstellung des Physischen beruht auf Erfahrung und Experiment; die Darstellung des Logischen beruht nicht auf Erfahrung – sie geht bereits aus der *Logik der Darstellung* hervor, aus den Konsequenzen der Tatsache, dass wir Striche I, II, III, ... als geistige Operation mit Bleistift auf Papier zu machen verstehen. Mathematik kann man nicht allein »im Kopf« machen, *Symbole* sind unentbehrlich. Inwieweit geht dann aber die physikalische Darstellung, die Darstellung des Physischen, aus der physikalischen Logik der Darstellung hervor? Denn die Physik ist ja einerseits mathematische Wissenschaft, andererseits Erfahrungswissenschaft. Die Mathematik ist in der Physik erstaunlicherweise außerordentlich effizient (E. Wigner, 1960). Wie könnte sie das sein, wäre die Welt nicht voller Logos?

### 4.

**Das pythagoräische Argument.** »Alles ist Zahl« verkündete einst der griechische Philosoph Pythagoras (ca. 570 – 496 v.u.Z.). Zuletzt ist alles Zahl. Will sagen, *zuletzt ist alles Logos* – *Mathesis universalis*. Wenn wir die Welt *verstehen* können, muss sie von sich aus *verständlich sein*, das heißt, sie muss nachvollziehbarer Logos sein, nicht Physis; das Physische ist dann nur vordergründiger, »oberflächenstruktureller« Schein,

## Eine Theorie für Alles erscheint auf der Bildfläche

der unsere Sinne verwirrt. Das Physische ist »unverständlich«, es informiert uns nur. Es ist der Verstand, der das »tiefenstrukturelle« mathematische Wesen der Natur erkennt.

Der heutige Positivismus aber erklärt, dass es in der Physik streng genommen eigentlich gar nichts zu *verstehen* gebe; nur statistische Korrelationen zwischen Beobachtungsdaten interessierten den Physiker, und wären sie auch 100%ige Korrelationen, das übrige seien allenfalls denkökonomische »Modelle« ohne wahrhaft legitimen Realitätsanspruch. Das Positive kann eben nicht wirklich nachvollzogen, es muss einfach hingenommen werden. Das Positive müsste sich ja, um verständlich zu sein, zuletzt vor der Erkenntnis in Logos auflösen, in Vollziehbares. Das vom Physischen zu erwarten aber sei mit einer erkenntniskritisch antimetaphysischen, positivistischen oder empiristischen, kurz: *wissenschaftlichen* Haltung nicht zu vereinbaren.

Das pythagoräische Argument indes richtet sich nach wie vor gegen einen solchen Positivismus: Ein fundamentales, »vollständiges« physikalisches System – wenn es so etwas gibt (und der Pythagoräismus glaubt, dass es so etwas gibt) – wäre daher nicht eine lockere Ansammlung von Dingen, die einfach so sind, wie sie sind, weil sie nun eben ohne weitere Begründung so sind, wie sie sind. In einem ganzheitlichen, »holistischen« System setzt vielmehr das eine das andere voraus, macht das eine das andere notwendig (Interdependenz); das Einzelne im System ist nicht ein gegen anderes Einzelnes *isoliertes* Faktum; im System hängt alles mit allem zusammen, nichts ist überflüssig, nichts kann man hinzufügen, nichts ist beliebig austauschbar; es gibt keine bloße *Kontingenz*, keine Zufälle: Wenn man die Rolle der Mathematik in der modernen Physik so zuende

denkt, *muss* die Natur pythagoräisch sein, diesen Standpunkt hat in jüngster Zeit vor allem der bedeutende und einflussreiche englische Mathematiker Roger Penrose betont (in breiterer Darstellung beginnend mit seinem brillanten Werk *The Emperor's New Mind* von 1989). Geben wir ein Beispiel: Das fundamentale System der Elementarteilchen ist nicht wie eine wahllose Menge von Glasmurmeln in einem Beutel. Es gibt den äußerlichen Beutel nicht und wir können dem intrinsischen Systemzusammenhang kein Teilchen entnehmen, ohne das System zu zerstören. Das System ist nicht mehr unauflöslich faktischer *Inhalt* der Erfahrung, es ist *verständlich*, ist reine, nachvollziehbare *Form* geworden, eine »Teilchenalgebra«, bei der wir den Stellenwert jeden Operationsschritts prinzipiell verstehen können.

Ist die Physik – ist das Physische – also zuletzt sogar doch die Verkörperung reiner formaler Mathematik? Wenn ja, wäre die Mathematik durch die Physik *erfahrbar* geworden. Aber Mathematik sträubt sich gegen jede Weise von Erfahrung, sie verlangt nach Vollzug. Sie gilt, auch wenn die Welt nicht ist. Die platonische Ontologie einer »höheren Erfahrung« des Logischen wäre nur wieder ein Positivismus anderer Art, keine Rettung vor dem Positivismus. Der mathematische Platonismus, der vom Mathematischen als etwas »da draußen« *Gegebenem*, wenn auch einer Realität besonderer Art, ausgeht, zu der wir »Kontakt« aufnehmen können, unterliegt der erkenntnistheoretischen Kritik, dass die Differenz von Daseiendem und Logik eine logische Differenz ist, keine ontologische. Das spricht den logischen Vorrang des Logischen gegenüber dem Ontologischen aus. Der Logos in der Darstellung ist performativer *Akt*, nicht Blick in ein Reich *sui generis*. Form und Inhalt sind nicht *inhaltlich* unterschieden, als Realitäten, sie sind und

## Eine Theorie für Alles erscheint auf der Bildfläche

bleiben *formal* unterschieden!

Wären Form und Inhalt inhaltlich verschieden, wäre die Form ein besonderer Inhalt – ein Widerspruch in sich. Die Form ist niemals Inhalt. Wohl kann sich vermeintlicher Inhalt als Form erweisen (»Alles ist Zahl«, Alles ist Form), doch die Form *als solche* ist niemals Inhalt.

### 5.

**Die Grundlagen der Mathematik.** In der berühmten »Grundlagenkrise« der Mathematik zu Beginn des 20. Jahrhunderts schälten sich drei mögliche Standpunkte heraus: *Logizismus*, *Formalismus*, *Intuitionismus*. Der Logizismus (vertreten vor allem von Gottlob Frege, Alfred N. Whitehead / Bertrand Russell) sieht die Mathematik als Erweiterung der formalen Logik an, ein Standpunkt, dem wir in salopper Rede hier manchmal insofern folgen, als wir »historisch« Logik und Mathematik in einen Topf werfen (»Logos«). Der Formalismus (David Hilbert) sah in der Mathematik eine Sammlung formaler Systeme auf der Darstellungsebene, bestehend aus beliebigen »Axiomen« und daraus abgeleiteten »Sätzen«, deren innere Widerspruchsfreiheit durch »finite« Methoden bewiesen werden müsse (»Hilbertsches Programm«). Kurt Gödel und später Alan Turing aber zeigten, dass Widerspruchsfreiheits-Beweise viel engere Grenzen haben, als David Hilbert gehofft hatte – der Formalismus war damit, wenn auch nicht als Methode, so doch als strenge Grundlagenthese ad acta gelegt. Der Intuitionismus (Luitzen Brouwer, Arend Heyting, Paul Lorenzen) vertrat die Auffassung, die Mathematik baue sich aus primitiven, intuitiven »Operationen« mit Bleistift auf Papier auf. Es ist dies sozusagen der kognitiv »natürlichste« Standpunkt,

auch fruchtbar für die Physik, zumal diese besonders in den »höheren« Gebieten das so genannte »Operatordenken« in den Vordergrund stellt.

Uns kommt es hier augenblicklich jedoch vor allem darauf an, den Hinweis zu geben, dass »Platonismus«, die These also, die mathematischen Zusammenhänge existierten an und für sich im Reich der Ideen, unabhängig vom denkenden Gehirn und vom Bleistift auf Papier, keinen Standpunkt in der Grundlagenfrage der Mathematik abgegeben hat noch abgeben kann. Denn aus der platonistischen Sicht allein lässt sich die Mathematik nicht konkret und streng entwickeln, nicht zur Darstellung bringen. Kurz: Mathematische Theoreme nehmen nicht Bezug auf Etwas, etwas irgendwie Reales, sie denotieren nicht. Mathematische »Existenz« ist Form, nicht Inhalt.

Der Platonismus (wie er denn auch von R. Penrose in eher provisorischer, um nicht zu sagen »gefühlsmäßiger« Form vertreten wird) ist, sobald er philosophisch völlig ernst genommen werden möchte, ein »rückverlegter« Positivismus, der von der Mathematik als etwas Gegebenem »da draußen« ausgeht. Abgesehen davon, dass jeder Positivismus philosophisch unbefriedigend ist, weil er stets da, wo Performanz ist, »Verdinglichungen« vornimmt, ist festzuhalten, dass von dieser These her sich keine Mathematik betreiben lässt. Sie bleibt für die Mathematik praktisch folgenlos. Denn auch Zahlen sind nicht Gegenstände, sie sind »verdinglichte« Operationen.

### 6.

**TOE.** Die heutige Physik schickt sich an, wieder, denkt man an Pythagoras, Theorie für Alles zu werden, *Theory of Everything* (ursprünglich nach einem nur so hingeworfenen Wort der Stringtheoretiker John Schwarz und Michael Green). Doch diesmal meint die Physik es vollkommen explizit: Es geht ihr um die »Weltformel«, um eine einzige mathematische Theorie für *alles* Physische, für das All des Physischen. Das ist äußerst bemerkenswert: Ein einziges zusammenhängendes Paket von mathematischen Gleichungen, die man mit Bleistift auf Papier hinschreiben kann und die sich auf das Universum als Ganzes beziehen, mit allem drum und dran. Eine Theorie, die uns das Funktionieren des ungeteilten Ganzen erklärt. Bereits jetzt, noch unvollendet, eine gewaltige Leistung des menschlichen Geistes!

Die Theorie für Alles ist nicht enzyklopädisch gemeint, als eine Theorie für Alles und Jedes; sie ist keine Sammeltheorie, summarisch zusammengesetzt aus anderen Theorien. Allerdings erstreckt sie sich in physikalistischer Erweiterung und Vervollendung auch auf den menschlichen Geist, insofern der ein physischer Bestandteil des Universums ist; prägnanter gesagt: Die Theorie für Alles darf zuletzt nicht in Widerspruch geraten zu einer Theorie des Physik hervorbringenden menschlichen Geistes; sie muss mit physikalischen Mitteln zeigen, wie Physik und ihre Darstellung vom Innern des Universums aus möglich ist (dies beinhaltet das berühmte »Problem des Messaktes«).

Dabei steht die Darstellung des »Alles« unter zwei Perspektiven, einer makroskopischen oder makrokosmischen und einer mikroskopischen oder mikrokosmischen. Der Physik treibende