

Referentin: Uta Völkel

Zu C.F. von Weizsäcker: Die Einheit der Natur, II 5.4-5.5

Ich möchte zwei Projekte v. Weizsäckers unterscheiden:

Das "bescheidene" Projekt (II5.4), eine (modifizierte, weil finitistische) abstrakte Quantentheorie aus "Bedingungen der Möglichkeit der Erfahrung" zu deduzieren, und das "unbescheidene" Projekt (II5.5), eine transzendente Begründung der Physik zu finden, die zugleich die "Einheit der Physik" herstellt.

I. Zum bescheidenen Projekt II5.4

Definition: Das Wort "die Erfahrung" bedeutet nicht die Menge aller einzelnen Erfahrungen, sondern die Struktur des Vorgangs, der einzelne Erfahrungen überhaupt ermöglicht. (S. 217).

I.1 Drieschners Untersuchungen werden vorgestellt als der Versuch, ein Axiomensystem zu finden, aus dem die abstrakte QT deduziert werden kann und das andererseits "eine einfache Deutung im Sinne von sogenannten Vorbedingungen der Erfahrung erlaubt" (S.250). Für diese Vorbedingungen wird nicht der Anspruch strenger Notwendigkeit erhoben, sie werden vielmehr plausibel gemacht.

Dabei werden zunächst die Bedingungen der Erfahrung in den Postulaten A bis I umgangssprachlich zusammengefaßt, anschließend das von Drieschner in mathematischer Sprache formulierte, den Postulaten entsprechende Axiomensystem umgangssprachlich als Axiome A1 bis A6 wiedergegeben. Herleitbar sind daraus die Sätze a) bis d) auf S. 262, die die Hilbertraumstruktur der abstrakten QT aussagen.

I.2 Diskussion der Postulate

Definitionen:

Alternative: Eine n-fache Alternative ist eine Menge formal möglicher Ereignisse (bzw. zeitlicher Aussagen), die entscheidbar ist, deren Elemente einander ausschließen, und die vollständig ist.

man kann die Alternative auch als Liste aller möglichen Antworten auf eine Frage bezeichnen.

Letzte Aussage: Aussage über ein Objekt, die nicht aus einer anderen Aussage über dasselbe Objekt impliziert wird.

Letzte Alternative: Alternative, deren Elemente (Antworten) letzte Aussagen sind.

Bezeichnungen: $a_1, b, c \dots$ seien letzte Aussagen; $A, B \dots$ seien Mengen letzter Aussagen oder Ereignisse; $AA, BB \dots$ seien Alternativen

Postulate:

- PA: Physikalische Erfahrung besteht in der empirischen Entscheidung von Alternativen, für deren Ergebnis Wahrscheinlichkeitsvorhersagen gemacht worden sind (Logik zeitlicher Aussagen). Dieselbe (= unter denselben Begriff fallende) Alternative kann zu verschiedenen Zeiten entschieden werden (Wiederholbarkeit).

- PB: Physikalische Erfahrung ist Erfahrung an Objekten (vorläufiges Postulat). Die Antworten einer Alternative schreiben einem Objekt kontingente Eigenschaften zu. Ein Objekt kann mehr als eine Alternative zulassen.
- PC: Für jedes Objekt gibt es besondere Eigenschaften, seine "Zustände", die von letzten Aussagen beschrieben werden, und gibt es letzte Alternativen.
- PD: Jede Alternative eines Objekts hat maximal n Antworten, wobei n für das Objekt charakteristisch ist. (Diese finitistische Abweichung von der üblichen QT hält von Weizsäcker hier für die "richtigere" Auffassung, u.a. weil wir nur endliche Alternativen wirklich entscheiden können. Später (Aufbau der Physik, S.337) werden auch abzählbar unendliche Alternativen zugelassen.)
- PE: Zwei Objekte definieren als dessen Teile ein Gesamtobjekt, dessen letzte Alternativen die direkten Produkte der letzten Alternativen seiner Teile sind (mit den Antworten a_k und b_l).
- PF: Für alle a, b eines Objekts ist $p(a, b)$ definiert, die Wahrscheinlichkeit, b zu finden, wenn a notwendig ist (d.h. $p(a) = 1$ oder Objekt im Zustand a)
- PG: Für jedes aktual existierende bestimmte Objekt gibt es eine notwendige letzte Aussage a mit $p(a)=1$, d.h. eine letzte Eigenschaft, die man jedenfalls findet, wenn man sie sucht (Objektivität).

Die Postulate PH und PI sollen hier nicht angeführt werden, weil Weizsäcker selbst ihre Transzendentalität infrage stellt.

Bemerkenswert scheint, daß das vorläufige Postulat PB Voraussetzung für alle folgenden ist, da sie alle von "Objekten" reden.

Thema des Seminars sollte m.E. sein, inwieweit es sich bei PA bis PG um transzendente Begründungen handelt.

I.3 Drieschners Axiome:

Die folgenden Axiome A1 bis A6, aus denen Drieschner die abstrakte QT herleitet, sollen nun angeblich die vorstehenden Postulate mathematisch fassen.

- A1 Äquivalenz: Für alle a, b gilt $p(a, b)=1$ und $a=b$
(Äquivalenz zweier Aussagen, von denen die eine die andere impliziert).
- A2 Endlichkeit: Seien $a_i (i=1, \dots, n)$ einander ausschließend, so gilt für jedes b
- $$\sum_{i=1}^n p(b, a_i) = 1$$
- (drückt die Endlichkeit und Vollständigkeit der Alternativen aus).
- A3 Entscheidung: Zu jeder Menge A letzter Aussagen gibt es eine letzte Alternative $AA = a_1, \dots, a_n$ mit a_1, \dots, a_k aus A und a_{k+1}, \dots, a_n aus nicht A , d.h. zu jeder Entscheidung gibt es eine "passende" letzte Alternative.
- A4 Vollständigkeit:
- 4a Zu jeder Menge einander ausschließender a_1, \dots, a_k , $k < n$, gibt es a mit $p(a, a_i)=0$, $i=1, \dots, k$, d.h. jede letzte Alternative hat genau n Antworten (mit A2)
- 4b Zu jeder Menge von $n-2$ einander ausschließender a_1, \dots, a_{n-2} und b gibt es a_2 mit $p(a_2, a_i)=0$, $i=3, \dots, n$, und $p(a_2; b)=0$.

A5 Indeterminismus: Zu je zwei einander ausschließender a_1, a_2 gibt es b (aus einer anderen Alternative des Objekts?) mit $p(b, a_1)=0$ und $p(b, a_2)=0$.

=A5 drückt aus, daß die Zukunft "offen" ist, daß die Wahrscheinlichkeiten "objektive" sind, d.h. nicht nur unserem unvollständigen Wissen geschuldet (es gibt keine verborgenen Parameter).

Hier fragt sich, ob A5 aus den Postulaten folgt? Die Antwort ist offenbar nein, denn in "Aufbau der Physik" (S.330) wird der Indeterminismus als Postulat H geführt, als sogenanntes realistisches Postulat, das im Gegensatz zu den epistemischen Postulaten (Bedingungen möglicher Erfahrung) eine auf Erfahrung beruhende Hypothese über die Natur ist.

A6 Ausschließung: Für alle x, y gilt $p(x, y)=0$ impliziert $p(y, x)=0$.

II. Zum unbescheidenen Projekt II5.5

Nun soll nicht nur die "heutige Physik", sondern die "vollendete einheitliche Physik" der Zukunft transzendental begründet werden. Diese Einheit soll die heutigen getrennten Theorie 1 bis 5 umfassen mit

1. Relativitätstheorie (Raum-Zeit-Struktur)
2. Quantentheorie
3. Elementarteilchentheorie
4. Statistische Thermodynamik (Irreversibilität)
5. Kosmologie (Weltganzen)

Im Folgenden setzt von Weizsäcker die Beziehung zwischen 2 und 4 als geklärt voraus. Die restlichen Beziehungen, nämlich zwischen (2 und 5), (2, 3 und 5), (1 und 2), (1, 2 und 3), (3 und 5) und (1, 3 und 5), sollen aus einer konsistenten Verwendung des Finitismus-Postulats folgen. Dazu werden weitere Postulate benötigt:

- PJ: Das Universum kann genähert als ein Objekt der QT behandelt werden.
- PK: Alle Objekte bestehen aus letzten Objekten mit $n=2$, den Urobjekten mit ihren einfachen Uralternativen.
- PL: Die Theorie der Wechselwirkung letzter Objekte (der Ure) ist invariant bei derselben Gruppe wie die Theorie der Wechselwirkung freier letzter Objekte. (D.h. es ist mit freien letzten Objekten zu beginnen).
- PM: Keiner der Zustände eines isolierten Urobjekts ist ausgezeichnet (Symmetrie des Zustandsraums).
- PN: In zweiter Näherung (als Modifikation von PJ) läßt sich das Universum beschreiben als aus Urobjekten bestehend, deren Anzahl N mit der Zeit zunimmt.

Bemerkung: In welchem Sinne sich diese Postulate als Bedingungen der Erfahrung auffassen lassen, wird nicht deutlich gemacht. Der Weg der Vereinheitlichung der obigen 5 Theorien wird lediglich skizziert.

Zunächst verblüfft auch, daß Weizsäcker ausgerechnet mit dem Universum als Objekt beginnt. Der Grund scheint zu sein, daß er eine Welt mit endlichem Volumen braucht, um die Urobjekte zu installieren.

II.1 Der Weg zur Einheit

PJ kann aus verschiedenen Gründen nicht streng richtig sein. Schon Kant wußte, daß das Universum kein Gegenstand unserer Erfahrung sein kann, nur eine regulative Idee. Als Teile dieses Objekts können wir nicht mit ihm als Ganzem experimentieren.

Konkreter im Rahmen der vorgelegten Theorie: Als Objekt der QT wäre die Welt durch ein festes n charakterisiert (vergl. PD) und könnte nicht kontinuierlich sein. Die Kontinuität der Welt sollte aber nicht von vornherein ausgeschlossen werden.

Andererseits drückt das Finitismus-Postulat aus, daß zu jeder Zeit nur eine endliche Anzahl von Antworten gegeben sein kann, n könnte aber durchaus potentiell unendlich sein, also mit der Zeit anwachsen.

Mit diesen Einschränkungen wird nun in erster Näherung PJ als richtig betrachtet und auf der Suche nach dem Ortsraum gefragt: Wie muß der Ortsraum aussehen, damit der zugehörige Hilbertraum abzählbar bzw. endlich dimensional ist. Nach von Weizsäcker entspricht einem abzählbaren n ein Ortsraum mit endlichem Volumen, in dem man durch eine "Abschneidervorschrift" für finitistische Objekte, die Elementarteilchen sorgt.

Da in Umkehrung von Postulat PE jedes Objekt in Teilobjekte zerlegt werden kann, die, solange ihre Wechselwirkung vernachlässigbar ist, als frei behandelt werden können, diese Wechselwirkung aber etwas mit ihrer gegenseitigen Lage zu tun haben muß (Beispiel Streuprozeß), wird die Hypothese nahegelegt, der Ortsraum sei nichts weiter als der Parameter dieser Wechselwirkung.

Der nächste Schritt ist die radikale Zerlegung des Universums in "kleinstmögliche" Objekte, die mit einem zweidimensionalen Hilbertraum ($n=2$) nur eine einzige Entscheidung ja/nein zulassen, und mit ihnen als freien letzten Objekten den Aufbau der Physik zu betreiben. Diese Urobjekte haben minimalen Impuls und sind also nach der Unschärferelation über den ganzen endlichen Weltraum "verschmiert". Sie tragen die kleinstmögliche Information und werden von Lyre als Quantenbits bezeichnet (Philosophia naturalis 37(2000)S.439-454).

Mit PL und PM folgen Invarianzen gegenüber der Symmetriegruppe SU2 für wechselwirkende Ure und ihr Bewegungsgesetz, die zu der Annahme führen, daß der Ortsraum ein dreidimensionaler, reeller spärlicher Raum ist: "Eine QT letzter Objekte mit $n=2$ würde keine andere invariante Beschreibung zulassen" (S.271).

Schließlich müßten die phänomenologischen Elementarteilchen aus Urobjekten aufgebaut werden nach einem noch nicht entwickelten Modell, das die geeigneten Symmetriegruppen aus PM herleitet. Dabei ist noch das Problem der fehlenden Lorentzinvarianz der bisherigen Theorie zu bewältigen. Ein Proton würde bei einem Weltradius von $R=10^{27}$ aus ca 10^{40} Uren bestehen.

Vcm

Das letzte Postulat PN modifiziert nun PJ als zweite Näherung des Blicks auf die Welt. Es drückt die offene Zukunft aus. Eine kontingente Zahl N für die Anzahl der Ure im Universum kann schlecht als transzendental begründbar angenommen werden. Ein $N(t)$ nach PN wäre eine Maßzahl für das Alter der Welt, deren Expansion mit einer Erzeugung von Materie verbunden wäre.