

Text: Die Einheit der Physik als konstruktive Aufgabe¹

I Rekonstruktion

In diesem Text umreißt von Weizsäcker ein Programm, welches (wie bereits in der Einleitung zum Seminar formuliert) u.a. auf folgende These hinausläuft: Der Quantenmechanik gebührt der Platz, den Kant der Newtonschen Mechanik glaubte zuweisen zu können, denn: *Der abstrakte Hilbert-Raum-Formalismus der Quantenmechanik liefert die allgemeine Form, die eine physikalische Theorie allein schon deshalb annimmt, indem man von ihr ganz abstrakt verlangt und verlangen muss, dass sie Veränderungen von Objekten beschreibt und voraussagt.*

(1) Die Entwicklung der Physik zur Einheit

Physik als Wissenschaft der anorganischen Natur besteht aus verschiedenen Teildisziplinen in denen jeweils unterschiedliche Theorien zu Grunde liegen können, um die natürlichen Phänomene zu beschreiben und zu erklären. Trotz dieser Verschiedenheit bildet die Physik eine Einheit, da alle Theorien und Teildisziplinen sich auf *einen* Gegenstandsbereich beziehen: die unbelebte Natur. Ich schlage vor, von Weizsäckers Überlegungen zu diesem Punkt auf folgende Weise zu verstehen:

1. Physikalischen Theorien machen ontologische Voraussetzungen: Sie setzen voraus, dass bestimmte Entitäten existieren von denen die Theorie handelt.
2. Verschiedene physikalische Theorien können verschiedene ontologische Voraussetzungen machen.
3. Wir sollten aber physikalische Theorien so verstehen, dass sie von den selben Entitäten handeln.
4. Wir sollten daher fordern, dass unsere physikalischen Theorien dieselben ontologischen Voraussetzungen machen.

Diese Forderung ist auch deshalb sinnvoll, weil man die historische Entwicklung der Physik so verstehen kann, dass sie genau diese Forderung umsetzt (u.a. durch fortschreitende Reduzierung der Menge an vorausgesetzten Entitäten).

Es gibt noch einen zweiten Sinn der Einheitsthese: Wenn die historische Entwicklung physikalischer Theorien im wesentlichen in der Entwicklung allgemeiner werdender mathematischer Gesetzesaussagen besteht, dann bedeutet dies, dass verschiedene Theorien zu einer Theorie zusammengefasst werden können. Neben der ontologischen Einheit gibt es also eine Einheit von Gesetzesaussagen.

Was bedeutet es genau, dass eine physikalische Theorie ontologische Voraussetzungen macht. Und wie hängt dies mit der Rolle von Gesetzesaussagen zusammen? Es ist ja vorstellbar, dass

¹ C.F. von Weizsäcker: *Die Einheit der Natur*, München/Wien 1982, S.181- 206.

verschiedene Theorien dieselben Entitäten voraussetzen, aber unterschiedliche Gesetzaussagen über diese machen. Gesetzaussagen, die nicht auf *eine* Gesetzaussage zurückgeführt werden können. Ebenso ist es vorstellbar, dass dieselben Gesetzaussagen für verschiedene Entitäten gemacht werden.

Jedenfalls spielen Gesetzaussagen oder Naturgesetze eine entscheidende Rolle. Und laut von Weizsäcker sollten wir Naturgesetze als etwas verstehen, dass uns (in Form einer Regel) etwas darüber sagt, wie sich bestimmte Eigenschaften einer Entität mit der Zeit durch äussere Ursachen verändern.

(2) Der Ansatz Kants

Die Frage ist nun: Warum gelten Naturgesetze? (Wie ist der Erfolg der Physik möglich?)

Warum gelten überhaupt Naturgesetze? Warum gelten gerade die Naturgesetze unserer erfolgreichen physikalischen Theorien?

Die Aussage, dass ein Naturgesetz gilt, kann man so verstehen, dass ein Naturgesetz *sich nicht zufällig (kontingenterweise) als falsch erweisen kann*, denn erwiese es sich als falsch, wäre es entweder kein Naturgesetz oder wir würden nicht wissen können warum es falsch ist, und das würde heissen, dass wir überhaupt keine Naturgesetze aufstellen können. Woher können wir aber wissen, dass ein Naturgesetz sich nicht als falsch erweisen wird, wenn wir mit Hume akzeptieren, dass vergangene Bestätigungen eines Naturgesetzes nicht dessen Geltung garantieren können? Wir sollten von Weizsäcker so verstehen, dass die Antwort dieser Frage in der Akzeptanz von transzendentalen Argumenten besteht, wie zu Anfang des Seminars formuliert:

1. Wir streben in der Physik, wenn immer es möglich ist, ein Wissen der Form F an.
2. In Bezug auf die Gegenstände des physikalischen Wissens gilt der Sachverhalt G, falls das durch die physikalische Theorie gelieferte Wissen von der Form F ist.
3. Es ist möglich, ein Wissen der Form F hinreichend in der Physik zu realisieren.
4. Deshalb gilt G in Bezug auf die Gegenstände des physikalischen Wissens.

Dabei wird verlangt, dass sich Prämisse 2 ohne Rückgriff auf bestimmte Erfahrungen und konkrete Messresultate begründen lässt. Von Weizsäcker drückt dies so aus: „[...] wer fragt, ob Erfahrung die Naturwissenschaft begründen könne, muß zuerst fragen, was er damit schon zugegeben hat, daß er zugibt, daß es überhaupt Erfahrung gibt.“ (S.190)

Nach von Weizsäcker sollen Überlegungen dieser Art aber nicht nur eine Antwort auf die Frage geben, warum überhaupt Naturgesetze gelten, sondern sie sollen darauf antworten, warum gerade die erfolgreichen Naturgesetze unserer physikalischen Theorien gelten. Weizsäckers Punkt ist, dass wir dieser Forderung genau dann nachkommen können, wenn wir einen konkreten Vorschlag dafür haben, welche Form F unser physikalisches Wissen annehmen muss, um die Einheitsthese zu erfüllen, dh. dass es möglich ist, Wissen einer Form F in der Physik zu realisieren.

(3) Abgeschlossene Theorien

Welche Merkmale muss eine physikalische Theorie aufweisen, um als Kandidat für Wissen der Form F in obigem Sinne zu gelten, so dass insbesondere Prämisse 3 gilt.

Laut von Weizsäcker sollten Theorien dieser Form bestimmte epistemische Bewertungskriterien, wie Einfachheit, Allgemeinheit, Konsistenz, Einheitlichkeit und Erklärungskraft bestmöglich erfüllen. Theorien die derartige Kriterien oder Bewertungsmassstäbe optimal erfüllen, erweisen sich zudem als korrekturresistent: kleine Veränderungen ihrer Struktur führen auch nur zu kleinen Änderungen bzgl. des Grades an optimaler Erfüllung derartiger Kriterien. Solche Theorien nennt von Weizsäcker „abgeschlossene Theorien“.

Nun hängt es aber von der Wahl der Kriterien ab, in welchem Maße man eine Theorie als abgeschlossen betrachten kann. Auch die Kriterien können besser oder schlechter sein. Aber sie können nicht besser sein als Kriterien, die ausdrücken, was wir überhaupt unter Physik verstehen: die Kriterien sollten also derart sein, dass wenn sie nicht von einer Theorie erfüllt würden, diese Theorie keine physikalische Theorie in unserem Sinne mehr wäre.

(4) Zwei Methodische Prinzipien

Auf die Frage, wie derartige Kriterien beschaffen sind, bzw. was wir von einer Theorie fordern müssen, um sie in unserem Sinne als physikalische zu erweisen, antwortet von Weizsäcker mit zwei Maximen (Prinzipien), die beim Aufbau physikalischer Theorien berücksichtigt werden sollten.

Das erste Prinzip besteht in der Forderung, diejenigen Begriffe beim Aufbau einer Theorie zu verwenden, die wir bereits verwenden, um das Ziel oder den Zweck einer Theorie zu formulieren.

Diese Forderung wird u.a. durch folgendes Beispiel plausibilisiert:

„[Man erwartet] beim Aufbau der Quantenmechanik, daß auch die Meßgeräte, die wir klassisch beschreiben, streng genommen ebenfalls der Quantenmechanik genügen. Dann muß aber die gedutete neue Theorie diejenigen Züge des Meßprozesses, die bei der Einführung ihrer Deutung benutzt wurden, im Einklang mit der vorher benutzten Beschreibung beschreiben.“ (S.197)

Zusätzlich gilt folgende Überlegung:

1. Naturgesetze sind wesentlich zeitliche Aussagen. (Zeitliche Aussagen ermöglichen Schlüsse von Vergangenem auf Zukünftiges.)
 2. Physikalische Theorien setzen Naturgesetze voraus.
-
3. Daher setzen physikalische Theorien zeitliche Aussagen voraus.

Das Zweite Prinzip besteht in der Forderung, dass Naturgesetze hinreichend allgemein sein sollten. Ein Begründung dafür wäre:

1. Naturgesetze enthalten Konditionalausagen der Art „Wenn A, dann B“.
 2. In Bedingungsteil „Wenn A“, wird etwas über mögliche Eigenschaften eines Entität ausgesagt.
-
3. Naturgesetze sagen also etwas über mögliche Eigenschaften von Entitäten aus.
 4. Naturgesetze sagen aber nicht immer etwas darüber aus, welche die tatsächliche Eigenschaften einer Entität sind: die tatsächlich vorfindbaren Eigenschaften einer Entität sind kontingent.
-
5. Mögliche Eigenschaften sind daher nicht mit konitgenten Eigenschaften identisch.
 6. Kontingente Eigenschaften sollten als Teilmenge der Menge möglicher Eigenschaften aufgefasst werden können.
 7. Kontingente Eigenschaften können als Teilmenge der Menge möglicher Eigenschaften aufgefasst werden, wenn Naturgesetze hinreichend allgemein sind.
-
8. Naturgesetze sollten daher hinreichend allgemein sein. (Prinzip 2)

(5) Der Objektbegriff

Eine weitere Forderung ergibt sich aus folgendem Argument:

1. Es gehört zu den Zielen der Physik einheitliche Theorien zu formulieren.
 2. Eine physikalische Theorien sind u.a. dann einheitlich, wenn sie sich auf dieselben Entitäten beziehen.
 3. Dieses Kriterium ist am besten erfüllt, wenn sich alle Theorien auf eine einzige Art von Entität beziehen
-
4. Es gehört daher zu den Zielen der Physik sich auf eine einzige Art von Entität zu beziehen.

Welche Bedingung muss aber etwas erfüllen, dass im Sinne der Physik als Entität, bzw. Objekt gelten kann?

Ein Objekt wird durch mögliche Eigenschaften charakterisiert. Die tatsächlichen (aber nicht die möglichen) Eigenschaften eines Objektes können sich mit der Zeit ändern. Änderungen erklären wir uns durch äussere Ursachen. Wir sind daher darauf angewiesen, zwischen einem Objekt und seiner Umwelt zu unterscheiden: Objekte müssen idealerweise isolierbar sein.

Ausserdem sollten wir von jeder möglichen Eigenschaft fragen können, ob sie eine tatsächliche Eigenschaft ist oder nicht. Jede mögliche Eigenschaft führt zu einer (Ja-Nein)Alternative. Um etwas ein Objekt im Sinne der Physik zu sein, sollte es zumindest durch (durch Messungen entscheidbare) Ja-Nein Alternativen charakterisiert sein.

Wie lassen sich diese allgemeine Überlegungen durch Reflektion auf die Theorien der Physik konkretisieren? In den letzten beiden Abschnitten liefert von Weizsäcker skizzenhafte Bemerkungen dazu. Ich deute diese Überlegungen hier nur an, da sie den wesentlichen Inhalt folgender Texte ausmachen. Festzuhalten bleibt, dass laut von Weizsäcker es u.a. möglich sein sollte, bestimmte mathematische Strukturen, wie z.B. Symmetriegruppen, zu deduzieren.

(6) Skizze des Konstruktionsplans: Die Quantenmechanik

Einerseits fordert er uns auf, über den für die Quantenmechanik grundlegenden Begriff der Wahrscheinlichkeit nachzudenken, dessen Formalisierung dazu diene, Möglichkeiten zu quantifizieren. Die QM enthält ein Schema dafür, wie sich Wahrscheinlichkeiten in der Zeit ändern.

(7) Skizze des Konstruktionsplans: Raum und Wechselwirkung

Andererseits ist der Begriff des Raumes ein fundamentaler Begriff, den von Weizsäcker mit dem Begriff der Wechselwirkung in Verbindung bringen möchte. Er vertritt folgende These: Räumliche Eigenschaften von Objekten sind genau die Eigenschaften, von denen die Wechselwirkung mit anderen Objekten abhängt.

Eine Überlegung dazu lautet in etwa so: Stellen wir uns zwei als voneinander verschieden beschreibbare Objekte A, B vor, die zu einem Zeitpunkt t_1 nicht und zu einem Zeitpunkt t_2 miteinander in Wechselwirkung stehen. Diese können zuerst als zwei getrennte und dann als *ein* physikalisches System beschrieben werden. In diesem Sinne kann man sie auch als *ein* Objekt auffassen. Inwiefern aber plausibilisiert eine solche Überlegung obenstehende These?

Abschliessend möchte ich folgendes Diskussionsthema aufwerfen: Von Weizsäcker scheint einerseits dafür zu argumentieren, dass die Einheit der Physik eine Tatsache ist, andererseits aber ein zu erreichendes Ziel. Dabei sollen Überlegungen bzgl. der historischen Entwicklung der Physik dieses Ziel motivieren. Mir ist nicht klar geworden, welche argumentative Rolle der Hinweis auf diese Entwicklung eigentlich spielt bzw. spielen sollte.