

## **Moritz Schlick: Naturgesetze und Kausalität**

Seminar über philosophische Aspekte in der Physik WS 2007/08

Seminarleitung: Prof. Dr. G. Münster Dr. C. Suhm

Vortragender: Johannes Greber 13. 11. 2007

### **1. Einleitung**

Die Frage danach, wie ein Naturgesetz zu definieren ist, beschäftigt die Wissenschaft schon eine lange Zeit. In den 1920er und 1930er Jahren unternahm Moritz Schlick einen Versuch der Definition, der in seinem Aufsatz „Gesetz, Kausalität und Wahrscheinlichkeit“. Um seine Definition eines Naturgesetzes soll es im Folgenden gehen.

### **2. Zur Person**

Moritz Schlick (1882 – 1936) war Physiker und Philosoph. Er promovierte bei Max Planck und lehrte an den Universitäten Rostock, Kiel und schließlich Wien als Professor für Naturphilosophie. Dort gründete er in den 1920er Jahren den Wiener Kreis. Dies war ein interdisziplinär besetzter Diskussionszirkel, der sich zum Ziel setzte, durch Vergleich mit empirischen Wissenschaften und der Mathematik Kriterien zu finden, nach denen philosophische Methoden als gültig oder ungültig beurteilt werden können. Bis in die 1920/30er Jahre fehlten solche Kriterien. Solche Kriterien zu finden, ist die Zielsetzung des logischen Empirismus. Die logischen Empiristen (Moritz Schlick zählt zu diesen.) beziehen sich dabei, wie oben bereits erwähnt, auf empirische Wissenschaften. Dies bedeutet vor allem, dass sich Aussagen über Gesetze auf Beobachtbares beziehen und somit ohne einen Bezug auf die Metaphysik auskommen, wie dies in anderen Erklärungsversuchen des Begriffes „Naturgesetz“ der Fall ist.

## Was ist Kausalität?

Von Kausalität wird in den Naturwissenschaften immer dann gesprochen, wenn ein Zusammenhang zwischen irgendwelchen „Ereignissen“ besteht. Ereignisse ereignen sich in der vierdimensionalen Wirklichkeit bestehend aus den drei Raumrichtungen und der Zeit. Dies ist der Unterschied zu „Dingen“. Dinge werden durch die drei Raumkoordinaten beschrieben. Nun werden solche Zusammenhänge immer durch Angabe eines Gesetzes formuliert. Daher meint Kausalität nichts anderes als das Bestehen eines Gesetzes.

Das Kausalprinzip besagt, „dass alles in der Welt gesetzmäßig geschieht“<sup>1</sup> oder „jedes Ereignis Glied einer Kausalkette sei“<sup>2</sup>. Dies ist gleichbedeutend mit den Aussagen des Determinismus.

Um nun jedoch zu verstehen, was ein Gesetz ist, muss der Kausalitätsbegriff geklärt werden. Dies geschieht über die folgenden Fragen:

1. Was bedeutet der Begriff Kausalität?
2. Wann gilt das Kausalprinzip?

### 2.1 Was bedeutet Kausalität?

In der Physik wird ein Naturvorgang dargestellt „als ein Verlauf bestimmter physikalischer Größen.“<sup>3</sup> Diese Größen werden gemessen. Während einer Messung erhält man eine endliche Menge an Messpunkten. Diese sind mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet. Um eine Messung überhaupt vornehmen zu können bzw. auswerten zu können, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein.

Zunächst müssen Gleichheiten zwischen „Weltbezirken“<sup>4</sup> bestehen. Dies möchte sagen, dass man sagen können muss, dass ein und dieselbe Größe  $f$  an einem Ort  $x_1$  den Wert  $f_1$  und an einem anderen Ort  $x_2$  Wert  $f_2$  hat.

Weiter lassen sich die Messwerte dadurch, dass sie sich auf eine bestimmte Stelle in Raum und Zeit beziehen, anordnen. Es besteht eine „natürliche Ordnung.“<sup>5</sup> Jedoch kann man nur aufgrund dieser Ordnung keinen kausalen Zusammenhang zwischen den Messgrößen

---

<sup>1</sup> Schlick (1948) S. 5

<sup>2</sup> Ebd. S. 5

<sup>3</sup> Ebd. S. 7

<sup>4</sup> Ebd. S. 7

<sup>5</sup> Ebd. S. 7

herstellen. Es muss daher weitere Eigenschaften oder eine weitere Ordnung der Messgrößen geben, um von einem gesetzmäßigen Ablauf sprechen zu können.

Diese weitere Ordnung ist eine „intensive Ordnung“<sup>6</sup>. Dies ist eine Ordnung, die Aussagen über die Messwerte macht (z. B. die Verteilung der Messwerte ist im Rahmen der Ungenauigkeit linear, exponentiell, quadratisch,...) Diese Ordnung ist zeitlich, da bei gleichzeitigen Ereignissen von einer Koexistenz der Ereignisse, ohne dass sich diese in irgendeiner Weise beeinflussen, gesprochen wird. Diese Ordnung bringt mit sich, dass jede Art von Ordnung als Kausalbeziehung und damit als gesetzmäßiger Ablauf zu interpretieren ist. Demgegenüber steht das Chaos oder die völlige Unordnung. Liegt diese vor, so kann man von reinem Zufall sprechen.

Einem Naturgesetz liegt also irgendeine zeitliche Ordnung zu Grunde. Um es genauer definieren zu können, muss nun also geklärt werden, wie sich Ordnung beschreiben und vor allem von Unordnung unterscheiden lässt.

Eine Möglichkeit, wie in der Physik üblich, ist es, eine mathematische Funktion zu finden, die die Verteilung der Messwerte in Raum und Zeit beschreibt. Eine Eigenschaft von Funktionen ist gerade, dass sie die Ordnung zwischen Zahlen beschreibt. Nun ist jedoch die Frage, ob es genügt, eine solche Funktion zu finden. Da die Anzahl der Messwerte endlich ist, lässt sich immer eine Funktion finden, die eine gegebene Verteilung der Messwerte mit beliebiger Genauigkeit beschreibt. Findet man jedoch immer eine solche Funktion, so gibt es per definitionem keine chaotische Anordnung der Messwerte.

Es wurde also eine Möglichkeit gefunden, Ordnung zu definieren, jedoch noch keine, um sie von Unordnung zu unterscheiden. Um dies leisten zu können, liegt es nahe, bestimmte Forderungen an die Funktionen zu stellen, um eine Abgrenzung zwischen Ordnung und Chaos herzustellen.

Es wurden zwei Versuche unternommen Forderungen an die Funktionen zu stellen, so dass sie einen gesetzmäßigen Verlauf beschreiben.

Zum einen kann man fordern, dass in die Funktionen keine expliziten Orts- bzw. Zeitabhängigkeiten eingehen. Maxwell hat diese Forderung aufgestellt. Sie heißt Maxwell'sche Definition der Kausalität. Dies ist gleichbedeutend mit der Aussage: „Gleiche Ursachen, gleiche Wirkungen.“<sup>7</sup> Sie bedeutet, dass sich ein physikalischer Vorgang stets gleich ereignet, egal zu welcher Zeit und an welchem Ort er sich abspielt. Jede bisher als Naturgesetz anerkannte Formel erfüllt die Maxwell'sche Definition. Jedoch muss man sich fragen, ob sie eine notwendige Bedingung für einen gesetzmäßigen Ablauf ist. Zum Beispiel

---

<sup>6</sup> Ebd. S. 8

<sup>7</sup> Ebd. S. 11

wäre denkbar, dass die Elementarladung nicht konstant ist, sondern zeitlich schwankt. Ließe sich eine diese Schwankungen beschreibende Funktion finden, so würde die Schwankung der Elementarladung als ein Naturgesetz anerkannt werden. Die Maxwell'sche Definition ist also zu eng gefasst, um als Definition für ein Gesetz auszureichen.

Ein zweiter Versuch der Definition ist, zu fordern, dass ein Vorgang durch „Funktionen einfacher Gestalt beschrieben“<sup>8</sup> wird. Natürlich ist jeder Naturwissenschaftler überzeugt, ein Gesetz gefunden zu haben, wenn er den beobachteten Zusammenhang durch eine einfache, z. B. lineare, quadratische, exponentielle,... Funktion beschreiben kann. Jedoch bringt auch diese „ästhetische Definition“<sup>9</sup> Probleme mit sich. Gravierend ist, dass der Begriff „einfach“ nicht klar von „kompliziert“ unterschieden werden kann. Also ist dieser Forderung nach die Unterscheidung der Ordnung von Unordnung sehr willkürlich. Dies würde vor allem aber bedeuten, dass die Unordnung einem ausgezeichneten Mathematiker zugänglich wäre und die Ordnung schon einem mittelmäßigen.<sup>10</sup> Die Forderung der Einfachheit ist zu vage, um als befriedigende Definition der Kausalität zu gelten.

Bis hierher wurde versucht, ein Naturgesetz so zu definieren, dass Messwerte, die räumlich und zeitlich angeordnet sind, eine weitere, durch eine mathematische Funktion beschriebene Ordnung aufweisen. Diese Funktion muss weitere Forderungen erfüllen, um den gemessenen Naturvorgang als gesetzmäßiges vom zufälligen Ereignis unterscheiden zu können. An diesem Punkt scheitern beide Versuche befriedigende Bedingungen an die Funktionen zu stellen, sodass dieser Weg ins Leere führt. Man kann sich nun fragen, warum so das eigentliche Ziel einer Definition eines Naturgesetzes nicht erreicht wird. Diese Frage wird beantwortet, wenn die bis hierhin angestellten Überlegungen auf das Kausalprinzip angewandt werden.

## **2.2 Wann gilt das Kausalprinzip?**

Die Überlegungen beginnen damit, dass in einem System möglichst viele Messwerte bekannt seien. Es lassen sich nun Funktionen finden, die dieses beobachtete System mit hinreichender Genauigkeit beschreiben. Kennt man nun einen solchen Zustand, so lassen sich mit den Funktionen alle weiteren bereits beobachteten Zustände berechnen. Für diese Zustände gilt das Kausalprinzip immer. Wenn es aber immer gilt, können keine Erkenntnisse aus diesem

---

<sup>8</sup> Ebd. S. 13

<sup>9</sup> Ebd. S. 13

<sup>10</sup> Ebd. S. 17

Prinzip gewonnen werden. Es wäre sogar „zwecklos, es aufzustellen.“<sup>11</sup> Da aber durch Experimente Erkenntnisse über Naturvorgänge gewonnen werden, muss das Kausalprinzip eingeschränkt sein. Man muss sich fragen, wie ein Naturwissenschaftler einen vermuteten gesetzmäßigen Ablauf überprüft.

Wird eine Funktion gefunden, die ein beobachtetes System beschreibt, so wird mit ihrer Hilfe versucht Vorhersagen über Messwerte zu machen, die zur Gewinnung der Funktion nicht berücksichtigt wurden. Dabei spielt keine Rolle, ob die Daten in der Vergangenheit oder Zukunft aufgenommen werden. Lassen sich diese neuen Messpunkte mit der Funktion beschreiben, spricht man von Verifikation. Die Funktion kann in diesem Fall als gesetzmäßige Beschreibung eines Vorgangs betrachtet werden.

### **3. Einschränkung**

Das Ergebnis, dass Naturgesetze verifizierbar sein müssen, muss an dieser Stelle eingeschränkt werden. Durch Messungen von Naturvorgängen lässt sich das Bestehen von Naturgesetzen nie vollständig verifizieren. Zum Beispiel kann eine zunächst als Naturgesetz akzeptierte Aussage durch eine Messung, die Messwerte liefert, die nicht zu den gefundenen Funktionen passen, widerlegt werden. Das Durchführen von Messungen macht das Bestehen eines Naturgesetzes nur wahrscheinlich, beweist dieses aber niemals vollständig. Ein Naturgesetz ist also keine Aussage im eigentlichen Sinn, sondern eher „eine Anweisung zur Bildung von Aussagen,“<sup>12</sup> da immer nur Einzelaussagen überprüft werden, die aus einem Naturgesetz abgeleitet werden (z. B. : Unter Anlegen einer Spannung von  $U = 200 \text{ V}$  und der Verwendung eines Widerstandes  $R = 1 \text{ k}\Omega$ , zeigt nach dem Ohm'schen Gesetz ( $U = R I$ ) ein Strommessgerät einen Wert von  $I = 0,2 \text{ mA}$  an).

### **Literatur**

Moritz Schlich: Gesetz, Kausalität und Wahrscheinlichkeit Gerold & Co Wien 1948

---

<sup>11</sup> Ebd. S. 17

<sup>12</sup> Ebd. S.23