

GRUNDPROBLEME DER WISSENSCHAFTSPHILOSOPHIE  
(ÜBERBLICK 20. JAHRHUNDERT)

---

Aufgabe zum 8.5.2007

**Textgrundlage:** P. Duhem, Ziel und Struktur der physikalischen Theorien, §§ 1–2.

1. Welche beiden Arten von Experimenten unterscheidet Duhem? Überlegen Sie sich auch, welche Art von Experiment für die Entwicklung von Theorien wichtiger ist.

*Duhem differenziert zwischen experimentellen Anwendungen und experimentellen Prüfungen (243).*

*Im ersten Fall möchte der experimentierende Wissenschaftler ein praktisches Problem lösen (243). Eine bestimmte Theorie gibt nun eine Lösung des Problems an die Hand (das heißt, aus der Theorie kann man ein Verfahren ableiten, mit dem man das Problem lösen kann; ib.). Allerdings können wir die Theorie nur anwenden, wenn wir zuvor eine bestimmte physikalische Größe bestimmt haben (ib.). Um diese Größe zu bestimmen, wird eine experimentelle Anwendung durchgeführt (244).*

*Wir erläutern experimentelle Anwendungen, indem wir das Beispiel von Duhem (243 f.) etwas ausführen. Nehmen wir an, wir wollten einen Draht zum Leuchten bringen, ohne ihn dabei kaputtzumachen. Wir kennen die Beschaffenheit des Drahtes, er ist 10 cm lang, hat eine Dicke von 5µm und ist aus Kupfer. Eine Theorie sagt uns nun, daß der Draht leuchtet, wenn wir eine Spannung von 5 - 10 Volt an den Draht anlegen. Wir haben auch eine Batterie. Leider wissen wir aber nicht mehr, welche Spannung die Batterie aufweist. Daher müssen wir die Spannung der Batterie messen. Diese Messung ist die experimentelle Anwendung. Sie kann erfolgen, indem wir ein bestimmtes Gerät G an die beiden Pole der Batterie anlegen.<sup>1</sup>*

*Wenn wir die Spannung auf diese Weise messen, dann machen wir von einer Theorie (der Elektrostatik) Gebrauch. Denn es ist ja nicht selbstverständlich, daß das Gerät G die Größe der Spannung mißt. G ist nach bestimmten Prinzipien konstruiert und mißt nur dann die Spannung, wenn die Elektrostatik richtig ist. In diesem Sinne kann eine experimentelle Anwendung theorieabhängig sein. Das ist aber kein Problem, denn es geht bei solchen Experimenten gar nicht darum, eine Theorie nachzuprüfen. Duhem räumt sogar ein (244), daß die Theorieabhängigkeit noch ein Stück weiter reicht: Beim Gebrauch der Meßapparate setzen wir eine Theorie voraus, die wir nur überprüfen, indem wir die Funktion der Meßgeräte im Sinne der Theorie deuten. Auch das sei aber kein Problem, denn experimentellen Anwendungen zielten ja gar nicht auf eine Überprüfung einer Theorie.*

*Im Falle einer experimentellen Nachprüfung verfolgt ein Wissenschaftler dagegen andere Zwecke. Er möchte wissen, ob eine bestimmte Theorie zutrifft (244 f.). Er leitet daher aus der Theorie Konsequenzen ab, die sich der Theorie zufolge unter den Bedingungen X einstellen sollten. Er erzeugt dann künstlich die Bedingungen X und überprüft,*

---

<sup>1</sup> In dem Beispiel könnte man natürlich die Batterie einfach versuchsweise mit dem Draht verbinden. Doch dann könnte der Draht kaputt gehen.

ob die Vorhersage, die sich aus der Theorie ableiten läßt, in der Tat eintritt. Das ist die experimentelle Überprüfung.

Duhems Beschreibung einer experimentellen Überprüfung ist bis zu diesem Punkt gut mit dem Deduktivismus von Popper vereinbar. Nach Popper ist ein Wissenschaftler darauf aus, seine Theorie zu falsifizieren. Dazu leitet er deduktiv Folgerungen aus seiner Theorie ab, die sich empirisch überprüfen lassen.

Für die Entwicklung neuer Theorien ist sicherlich die experimentelle Prüfung wichtig, denn sie soll uns ja sagen, ob eine Theorie falsch (oder vielleicht sogar – Verifikationismus –: wahr) ist.

Das sieht auch Duhem so. Auf S. 244 schreibt er:

„Nicht durch sie [experimentelle Anwendungen] wurde die Wissenschaft geschaffen und entwickelt, sondern durch die experimentellen Prüfungen [...]“

Im folgenden geht es nur um experimentelle Nachprüfungen.

2. Für Duhem (248 unten – 249 oben) wird die experimentelle Methode oft nicht richtig wiedergegeben. Fassen Sie Duhems entscheidende Einsicht in einem Satz zusammen.

In einem physikalischen Experiment wird niemals eine einzelne Hypothese, sondern immer nur eine Gruppe von Hypothesen überprüft, ja eine einzelne Hypothese kann gar nicht überprüft werden (etwa 243, 248). In der Sprache Poppers kann man Duhems Aussage auch zusammenfassen, indem man sagt: Isolierte Hypothesen werden nicht falsifiziert, ja lassen sich nicht falsifizieren.

Streng genommen müssen wir an diesem Punkt zwei Auffassungen unterscheiden: 1. Eine isolierte physikalische Hypothese wird niemals empirisch überprüft. 2. Eine isolierte physikalische Hypothese kann niemals empirisch überprüft werden. 2 impliziert 1, aber das Umgekehrte gilt nicht. Duhem formuliert manchmal 1 (erster Satz in § 2, 243), manchmal 2 (Überschrift von § 2, 243). Man kann jedoch davon ausgehen, daß er auch 2 für wahr hält.

Duhem erläutert seine These anhand von historischen Beispielen (244–248). In einem seiner Beispiele geht es um die Emissionstheorie des Lichtes (247 f.). Diese Theorie wurde von Newton entwickelt. Sie geht unter anderem davon aus, daß Licht aus kleinen Teilchen (Projektilen) besteht, daß diese in einer bestimmten Art und Weise miteinander wechselwirken, daß diese Teilchen eine sehr große Geschwindigkeit haben etc. Aus diesen Annahmen kann man die Aussage ableiten, daß sich das Licht im Wasser schneller ausbreitet als in der Luft. Foucault konnte sich ein Verfahren ausdenken, um die Geschwindigkeit des Lichts in Wasser und Luft zu vergleichen. Er fand, daß die Geschwindigkeit des Lichts im Wasser nicht größer als in der Luft ist.

In seiner Analyse dieses Vorgangs betont Duhem folgendes (248): Die beobachtbare Vorhersage wurde nicht aus einer einzigen Hypothese, sondern aus der Theorie als Ganzes abgeleitet. Aus der Tatsache, daß die Vorhersage nicht eintrat, konnte Foucault daher zwar schließen, daß die Emissionstheorie als Ganzes falsch war. Allerdings konnte er nicht sagen, was falsch an der Theorie war. Als falsch hatte sich bloß die Gesamtheit der Annahmen, auf der die Ableitung beruhte, erwiesen. Vielleicht waren die basalen Annahmen der Emissionstheorie (insbesondere die Hypothese, daß Licht aus Teilchen besteht) richtig. Wenn in die Überprüfung der Emissionstheorie sogar noch ganz andere Theorien einging, dann kann man nicht einmal schließen, daß die Emissionstheorie falsch ist.

Beispiele aus der Praxis der Physik, in denen nur Theorien oder ganze Systeme von Hypothesen falsifiziert wurden, zeigen natürlich eigentlich nur 1, nicht jedoch 2. Denn 2 hat einen modalen Charakter – es geht im 2 nicht um das, was Physiker tun, sondern was sie tun können. 2 bestreitet, daß Physiker alle physikalischen Hypothesen isoliert falsifizieren können. Duhem macht jedoch in einigen Formulierungen deutlich, daß er das Vorgehen der Physiker für unausweichlich hält. So sagt er auf S. 246: „Diese verschiedene Lehrsätze [...] mußte er [Wien] [...] hinzufügen, damit er eine Voraussage formulieren und erkennen konnte, daß das Experiment dieselbe wiederlege.“ Nach Duhem zeigen die Beispiele also auch, daß die Physiker isolierte Hypothesen nicht überprüfen können.

Warum muß man aber physikalischen Hypothesen stets weitere Hypothesen hinzufügen, damit man aus ihnen eine Beobachtung ableiten kann, die sich im Experiment überprüfen läßt? Nun, das liegt einfach am Charakter vieler physikalischer Hypothesen. Diese treffen nämlich Aussagen über Unbeobachtbares. Ein Beispiel für eine solche Hypothese wäre: „Elektronen stoßen einander ab“. Elektronen kann man nun aber nicht sehen, riechen oder ertasten. Sie sind unbeobachtbar. Hypothesen über Dinge, die wir nicht beobachten können, kann man nicht direkt empirisch widerlegen. Nur im Zusammenhang mit anderen Hypothesen, die einen Bezug zu beobachtbaren Phänomenen herstellen, kann man diese Hypothesen überprüfen.

### 3. Was soll ein experimentum crucis leisten und warum gibt es in der Physik nach Duhem kein solches?

Ein experimentum crucis soll nachweisen, daß eine bestimmte Hypothese  $H_1$  richtig ist (allein ein bestimmtes Phänomen erklärt), indem alle möglichen alternativen Hypothesen (sagen wir  $H_2 - H_{10}$ ) durch experimentelle Nachprüfung ausgeschlossen werden. Dazu leitet man jeweils aus  $H_1 - H_{10}$  geeignete Konsequenzen ab und überprüft diese experimentell. Duhem vergleicht diese Methode mit einem Verfahren, das Euklid in seiner Geometrie anwandte. Innerhalb eines Beweises listet er dort alle Möglichkeiten auf, die sich an einem bestimmten Punkt ergeben, und zeigt dann, daß alle bis auf eine in einen Widerspruch führen. Als einen Gewährsmann für das experimentum crucis in der Physik nennt Duhem indirekt F. Bacon (der 1620 das „Novum Organon“ veröffentlichte; alles 250).

In der Physik kann es nach Duhem aber kein experimentum crucis geben. Denn zunächst einmal läßt sich eine physikalische Hypothese nicht als einzelne isoliert überprüfen. Damit ist ein für das experimentum entscheidender Schritt nicht durchführbar (251). Ein experimentum crucis kann allenfalls zwischen Gruppen von Hypothesen entscheiden.

Nun könnte man an dieser Stelle jedoch folgenden Einwand erheben. Wir können die Ausgangshypothesen  $H_i$  ( $i = 1, \dots, 10$ ) so verstärken, daß sie sich einzeln überprüfen lassen. Anschaulich gesprochen packen wir also alles, was wir benötigen, damit sich aus  $H_1$  eine empirisch direkt überprüfbare Konsequenz ergibt, in eine neue Hypothese  $H'_1$  etc. (252). Wir können  $H'_i$  als eine Konjunktion (Kombination) von  $H_i$  und  $A_{i,1}$  und  $A_{i,2}$  etc. darstellen, wobei  $A_{i,j}$  die Zusatzannahmen bezeichnen, die nötig sind, um aus  $H_i$  eine geeignete überprüfbare Konsequenz abzuleiten. Wir können also  $H'_i$  als  $H'_i = H_i \wedge A_{i,1} \wedge A_{i,2} \wedge \dots$  schreiben (dabei steht  $\wedge$  für das logische „und“). Dem Einwand zufolge sollte nun ein experimentum crucis möglich sein, das zwischen den neuen Hypothesen  $H'_i$  entscheidet.

Nach Duhem täuscht dieser Eindruck aber (252). Denn weil die Hypothesen  $H'_i$  nun viel gehaltvoller sind, schöpfen sie nicht mehr alle logischen Möglichkeiten aus. Betracht-

ten wir dazu etwa die Aussage:  $H_1 \wedge \neg A_{1,1} \wedge A_{1,2} \wedge A_{1,3} \wedge \dots$ . Dieser Aussage zufolge sind  $H_1$  und alle Hilshypothesen  $A_{1,j}$  außer  $A_{1,1}$  richtig ( $\neg$  steht für die Verneinung). Im allgemeinen stellt diese Aussage eine neue Möglichkeit dar, wie die Welt sein könnte. Sie ist im allgemeinen mit keiner der Hypothesen  $H'_1, \dots, H'_{10}$  identisch. Wenn wir nur die Hypothesen  $H'_1, \dots, H'_{10}$  betrachten, dann vernachlässigen wir andere Möglichkeiten. Nach Duhem ist es allgemeiner nicht möglich, alle möglichen physikalischen Hypothesen, die hinreichend gehaltvoll sind, aufzulisten (ib.). Damit läßt sich jedoch ein Schritt, der für das *experimentum crucis* entscheidend wäre, nicht durchführen, und das *experimentum crucis* wird insgesamt nicht möglich.

#### 4. Wie könnten die Überlegungen Duhems den Falsifikationismus gefährden?

Popper verwendet die Falsifizierbarkeit einmal, um wissenschaftliche von nicht-wissenschaftlichen Theorien oder Hypothesen abzugrenzen. Demnach ist eine Theorie/Hypothese wissenschaftlich, wenn sie mit möglichen Beobachtungen nicht vereinbar ist und in diesem Sinne falsifizierbar ist. Wenn sich Theorien/Hypothesen aber nicht isoliert falsifizieren lassen, dann fragt sich, wie man das Kriterium anwenden soll.

Die Falsifikation ist auch zentral für Poppers Versuch, das Induktionsproblem von den Wissenschaften fernzuhalten. Nach Popper betrifft das Induktionsproblem die Wissenschaften nicht, da diese nicht induktiv vorgehen, sondern nur deduktiv aus Theorien Folgerungen zögen und diese empirisch überprüfen. Insofern sei die Wissenschaft rational. Wenn sich nun aber einzelne Hypothesen/Theorien niemals empirisch widerlegen lassen, wenn also der zweite Bestandteil der wissenschaftlichen Methode so nicht durchführbar ist, dann fragt sich, ob die Wissenschaft noch als rational gelten kann (das heißt, das Rationalitätsproblem ist nicht gelöst). Mehr hierzu in ps5.pdf.