

**Zeitschrift:** Helvetica Physica Acta

**Band:** 41 (1968)

**Heft:** 6-7

**Artikel:** Kausalität und Determination im Rahmen des physikalischen Denkens

**Autor:** Lange, Heinrich

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-113962>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Kausalität und Determination im Rahmen des physikalischen Denkens

von **Heinrich Lange**, Köln

(3. IV. 68)

Zu Ihrem 60. Geburtstage möchte ich Ihnen, hochgeehrter Herr Kollege BUSCH, einige Gedanken unterbreiten, die mich in letzter Zeit gequält haben, und die, falls sie sich als zulässig erweisen sollten, ein besseres Verständnis zwischen den Wissenschaften der Philosophie und der Physik herbeiführen könnten. Es handelt sich in diesen Gedanken um die Frage: «Was bedeutet Kausalität und Determination für das physikalische Denken?»

In der Einleitung zu seinen «Prinzipien der Mechanik» sagt Heinrich Hertz zu dieser Fragestellung:

«Das Verfahren aber, dessen wir uns zur Ableitung des Zukünftigen aus dem Vergangenen und damit zur Erlangung der erstrebten Voraussicht stets bedienen, ist dieses: Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äusseren Gegenstände, und zwar machen wir sie von solcher Art, dass die denknöwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnöwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände. Damit diese Forderung überhaupt erfüllbar sei, müssen gewisse Übereinstimmungen vorhanden sein zwischen der Natur und unserem Geiste. Die Erfahrung lehrt uns, dass die Forderung erfüllbar ist und dass also solche Übereinstimmungen in der Tat bestehen.»<sup>1)</sup>

Diese Darstellung des Zusammenhanges zwischen Kausalität und Determination als eine Wechselwirkung zwischen «existentieller Wirklichkeit» und «denknöwendigen Scheinbildern» dürfte zugleich die beste und die bescheidenste sein, die in physikalischen Schriften gefunden werden kann. Es werden in ihr die Begriffe «Wirklichkeit» und «Bild», «naturnöwendig» und «denknöwendig» so streng unterschieden, dass die Problematik, die in den Begriffen der Kausalität und der Determination liegt, obwohl diese beiden Worte selbst von Hertz garnicht gebraucht werden, klar zu Bewusstsein kommt.

Die Kausalität ist ihrem Begriffe nach ein ontologisches Postulat, das als solches jeder Wissenschaft übergeordnet sein sollte, und das in ihrem Gebrauch als «regulative Idee» ein richtungsgebendes Hilfsmittel jeder Forschung darstellt. Auch wenn sie als ontologisches Postulat für die Erforschung der existentiellen Wirklichkeit unabdingbar bleibt, muss sie, eben darum, als logische Forderung stets unbeweisbar bleiben.

Hinzukommt, dass unter ihrem Begriff sich zwei scheinbar widersprechende Aussagen vereinigen lassen müssen: Die erste beruht darauf, dass jede wissenschaftliche Forschung, wenn sie nicht selbst sinnlos werden soll, ihren eigenen Sinn in den zu erforschenden Erscheinungen finden muss und führt unvermeidbar zu der Forderung einer durchgängigen Kausalität; die zweite Aussage fordert dagegen, dass es, zumindest für alles Lebende, eine in die Zukunft gerichtete Freiheit des Denkens und des Handelns gibt, deren Einwirkung auf das Naturgeschehen nicht abgeleugnet werden kann.

<sup>1)</sup> HEINRICH HERTZ: *Die Prinzipien der Mechanik*, Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1910, S. 1.

Dennoch könnten beide Aussagen im Begriff der Kausalität dann vereinigt werden, wenn diese im strengen Sinne allein in infinitesimalen Bereichen des Gegenständlichen herrschen würde, oder mit anderen Worten, in Bereichen, die im Rahmen der jeweiligen Untersuchung als «Punkt» betrachtet werden dürfen<sup>2)</sup>, und darüber hinaus ihre Auswirkung auf Lebewesen einer räumlichen und zeitlichen Verzögerung unterliegen würde, wie eine solche nach H. SIEDENTOPF<sup>3)</sup> bereits bei komplizierter aufgebauten Kolloiden beobachtet werden kann. In diesem Falle müsste, zum mindesten bezogen auf Lebewesen, von einer «schwachen» Kausalität gesprochen werden, deren Ablauf Ähnlichkeit mit den «nicht-holonomen» Bewegungsvorgängen der Mechanik haben dürfte.

Im Gegensatz zu dem ontologischen Postulat der Kausalität ist ihr «Hertz'sches Bild», die «Determination», eine als denknotwendig zu betrachtende Voraussetzung der Physik. Nach ihr soll im Rahmen der klassischen Physik alles Geschehen durch berechenbare Gesetze (durch Differentialgleichungen) im voraus streng gesichert sein. Diese Forderung einer durchgängigen und kontinuierlichen Determination kann freilich mit dem Bestehen einer «schwachen» Kausalität in der existentiellen Wirklichkeit kaum vereinigt werden, ohne dass die Determination ihren Charakter als Hertz'sches Bild der Kausalität verlieren müsste. Damit entsteht die Frage, ob die Auffassung der Determination im Sinne eines durchgängigen gesetzlichen Ablaufes aller Erscheinungen überhaupt zulässig ist, oder ob diese Auffassung nur ein Überbleibsel der rein rationalen Naturerklärung des 19. Jahrhunderts darstellt.

Eine Betrachtung der Gesetze, die den physikalischen Ablauf des Geschehens durch Differentialgleichungen beschreiben, ergibt nun sofort, dass es sich bei ihnen um mathematische Funktionen handelt, die im Grunde gar keine Determination bedeuten können, da sie ohne zusätzliche Bestimmungen sowohl in der Zeit als auch im Raume durchaus auch in umkehrbarer Richtung verlaufen könnten. Der gesetzliche, berechenbare und rein funktionelle Ablauf des Geschehens ist somit ein reiner Automatismus, dessen Verwechslung mit einer Determination nur noch zu einem völlig leeren Rationalismus führen könnte. Mit diesen Worten wird nicht in Frage gestellt, dass ein solcher funktioneller Automatismus als Vorbedingung für das Bestehen der Determination notwendig ist, wohl aber wird ausgesagt, dass diese Vorbedingung nicht mit der determinierenden Ursache verwechselt werden darf. Tatsächlich finden sich schon bei PLANCK<sup>4)</sup> die folgenden Worte:

«Unter dem Zustand eines physikalischen Systems zu einer bestimmten Zeit verstehen wir den Inbegriff aller derjenigen voneinander unabhängigen Grössen, durch welche der zeitliche Verlauf der in dem System stattfindenden Vorgänge, bei gegebenen Grenzbedingungen, eindeutig bestimmt wird; die Kenntnis des Zustandes ist also genau äquivalent der Kenntnis der „Anfangsbedingungen“.

In der klassischen Mechanik werden diese «Anfangsbedingungen» jeweils durch den Forscher dem weiteren automatischen und berechenbaren Verlauf vorgeschrieben und bilden damit die eigentliche und wirkliche Ursache, die Determination,

<sup>2)</sup> In der Astronomie kann selbst die Sonne einen solchen Punkt bedeuten.

<sup>3)</sup> Nach einem Vortrag über ultramikroskopische Untersuchungen von H. SIEDENTOPF in Jena, an dem der Verfasser selbst teilnehmen durfte.

<sup>4)</sup> MAX PLANCK: *Wärmestrahlung*, Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1921, S. 120.

dieses Verlaufes. In der Thermodynamik treten an ihre Stelle die «Randbedingungen», die unter der Voraussetzung, dass der Zustand als ein Kollektiv im Sinne der Wahrscheinlichkeitslehre behandelt werden darf, alle unbekanntes Zustandsbedingungen im Begriff der «Entropie» zusammenfassen lassen, wodurch, jedoch nur bei Voraussetzung des Begriffes der Entropie, wieder eine streng rechnerische Behandlung der Erscheinungen möglich wird. Auch in diesem Falle erfolgt die Determination nicht auf Grund des rechnerischen Automatismus, sondern auf Grund der «Randbedingungen», die unter dem Begriff der «Entropie» zusammengefasst werden und das bezeichnen, was den Antrieb des ganzen Geschehens bewirkt. In diesem Zusammenhang zitiert A. SOMMERFELD<sup>5)</sup> die folgenden Worte von Robert Emden:

«Als Student las ich mit Vorteil ein kleines Buch von F. WALD: „Die Herrin der Welt und ihr Schatten“. Damit waren Energie und Entropie gemeint. Mit zunehmender Einsicht scheinen mir die beiden ihre Plätze gewechselt zu haben. In der riesigen Fabrik der Naturprozesse nimmt das Entropieprinzip die Stelle des Direktors ein, denn es schreibt die Art und den Ablauf des ganzen Geschäftsganges vor. Das Energieprinzip spielt nur die Rolle des Buchhalters, indem es Soll und Haben ins Gleichgewicht bringt.»

Auch aus diesem Satz folgt unmissverständlich, dass der Sinn des Wortes «Determination» nicht den berechenbaren Ablauf physikalischer Gesetze treffen kann, sondern allein die «Randbedingungen», die als «Entropie» diesen Ablauf tatsächlich bewirken. Die Determination verliert damit auch ihre Deutung als ein Kontinuums-geschehen, sie wird zu einem immer aufs Neue einsetzenden Vorgang, dessen Verhältnis zu dem Kontinuum der physikalischen Differentialgleichungen darin besteht, dass er zwar nur in diesem Kontinuum in Erscheinung treten kann, selbst aber nicht als Kontinuum betrachtet werden darf. Weil nämlich die physikalischen Gesetze jedes *mögliche* Geschehen umfassen, sind sie reine Formalgesetze, die sehr viel mehr bestimmen als den jeweils einmaligen, dafür aber *wirklichen* Vorgang, der in seiner Existenz beobachtet werden kann. Allein hierin liegt der Unterschied zwischen dem *Kontinuum* aller Möglichkeiten und dem *Diskontinuum* jedes wirklichen, existentiellen Geschehens.

Es wäre auch durchaus möglich, alle Abweichungen von dem Automatismus physikalischer Funktionen als Lebensäusserungen zu betrachten, womit dann die Determination zu einem eindeutigen Bild der Kausalität im Hertz'schen Sinne gemacht würde, ohne dass hieraus auf einen allgemeinen Vitalismus geschlossen werden dürfte. Es ist ja gerade die Entropie, die als Antrieb des physikalischen Geschehens stets das Unbekannte umgreift, so dass über das Lebende selbst keine physikalische Aussage mehr möglich wird. Selbst die bei diesem Gedankengang aus der Quantenmechanik folgende Aussage, dass Lebensäusserungen schon in den kleinsten Elementarbereichen auftreten müssen, könnte wegen der Unerfassbarkeit solcher Äusserungen nicht zu einem philosophischen Panvitalismus hinführen. Tatsächlich wäre auch ein solcher Gedankengang ein Übergang von einem Hertz'schen Bild zur existentiellen Wirklichkeit und als solcher schon darum unzulässig, weil er die Freiheit des menschlichen Denkens und Handelns einschränken würde.

<sup>5)</sup> ARNOLD SOMMERFELD: *Vorlesungen über theoretische Physik*, Bd. V, Thermodynamik, Dieterich'sche Verlagsbuchhandlung, Wiesbaden, S. 39.