

EPG II Seminar: Was sind Naturgesetze?

Vortragsthema: Was ist ein Naturgesetz?

Gliederung

- Allgemeine Definition + Merkmale
- Naturgesetz nach Schrödinger
 - Definition
 - Problem
- Problem des Kausalitätsprinzips
- Merkmale physikalischer Gesetze nach Duhem
- Naturgesetz nach G. Vollmer

Allgemeine Definition

- Definition nach Lexikon:
- „Naturgesetz, feste Regel, nach der erfahrungsgemäß das Naturgeschehen verläuft und die sich meist mathematisch ausdrücken lässt, z.B. das Gesetz von der Erhaltung der Energie“

Merkmale

- Oft als physikalisches Gesetz bezeichnet
- Formulieren Veränderungszusammenhänge
- Bestätigbarkeit (durch reproduzierbare physikalische Experimente)
- Teile von Theorien (aber bestimmte Eigenständigkeit → Entwicklung der Theorien)
- Feststellung=kreativer Prozess, aber nicht willkürlich (Anspruch empirischer und theoretischer Konsistenz)
- Oft in der Sprache der Mathematik verfasst
- Spiegel des wissenschaftlichen Fortschritts

Beispiele

- Newtons Gravitationsgesetz
- Lichtgeschwindigkeit: Licht breitet sich im Vakuum mit einer universellen Geschwindigkeit aus
- Natürliche Selektion: Wenn biologische Organismen Vererbung haben und ihre Nachkommen sich unterscheiden, wird ihre Population durch Evolution verändert

Gegenbeispiele

- Licht braucht den Äther als Trägermedium (durch genaue Messungen abgeschafft)
- Organische Stoffe können nicht aus anorganischen hergestellt werden („Vis Vitalis“, → Harnstoffsynthese)
- Mathematischer Lehrsatz (beruhen auf Grundaxiomen)

Naturgesetz nach Schrödinger

- Definition (9. Dezember 1922):
- „Als Naturgesetz nun bezeichnen wir doch wohl nichts anderes als eine mit genügender Sicherheit festgestellte Regelmäßigkeit im Erscheinungsablauf, sofern sie als notwendig im Sinne des oben genannten Postulats gedacht wird“

Kausalitätsprinzip

- Postulat:
- „... ein jeder Naturvorgang ist absolut und quantitativ determiniert mindestens durch die Gesamtheit der Umstände oder physischen Bedingungen bei seinem Eintreten“
- „In diesem Postulat ... werden wir durch fortschreitende Erkenntnis spezieller bedingender Ursachen stets aufs neue bestärkt“

Problem des Kausalitätsprinzips

- Schrödinger:
- „Wo bleibt hier noch Unklarheit ... höchstens an der Richtigkeit oder allgemeinen Zweckmäßigkeit des Postulats“

Kausalitätsfrage

- 3 Stufen der Kausalitätsfrage in der Physik:
- Klassische Mechanik: Kausalität in Raum und Zeit, vollkommener Determinismus (Leibniz: vollständige, prästabilierte Ordnung)
- Klassische statistische Mechanik: Zufall auf grundlegender Stufe, nicht fundamentaler Natur (durch große Anzahl der Faktoren)
- Quantentheorie: Zufall von fundamentaler Natur, keine gesicherte Kausalität in Raum und Zeit

Schrödinger

- „... zum mindesten für die erdrückende Mehrzahl der Erscheinungsabläufe ... ist die gemeinsame Wurzel der beobachteten strengen Gesetzmäßigkeit – der Zufall“
- „bei jeder physikalischen Erscheinung wirken Milliarden einzelner Atome oder Moleküle mit“
- „... beobachtete Gesetzmäßigkeit der Massenerscheinung ... allein zugänglich durch Mittelwert über Millionen von Einzelprozessen“
- Beispiele:
 - Verhalten der Gase (Molekulartheorie)
 - Gesetzmäßige Zerfall radioaktiver Substanzen
 - Entropiesatz

Schrödinger

- Naturgesetze haben statistischen Charakter (kausale Determiniertheit des molekularen Einzelprozesses nicht erforderlich)
- Stimmt Franz Exner zu:
 - „Überzeugung von der absoluten Determiniertheit ist zwar möglich, jedoch keinesfalls notwendig, und, bei Licht betrachtet gar nicht sehr wahrscheinlich“
- „Glaube an die absolute Determiniertheit ist eine von Jahrtausenden ererbte Gewohnheit“
- „Uns von ihr zwingen zu lassen, hinter den beobachteten statistischen, absolut kausale Gesetze mit Notwendigkeit zu postulieren, wäre ein fehlerhafter Zirkelschluß, ... derartige Zwiefachheit der Naturgesetze recht unwahrscheinlich“

Schrödinger

- „Ich halte es für wahrscheinlicher, dass die Befreiung von dem eingewurzelten Vorurteil der absoluten Kausalität uns bei der Überwindung der Schwierigkeiten helfen, als dass, umgekehrt, die Theorie des Atoms das Kausalitätsdogma dennoch als – sozusagen zufällig – richtig erweisen wird“

Planck

- „... Jede physikalische Theorie ist ein Gerüst, das sich der Geist des Forschers nach freiem Ermessen zurechtzimmert... Aber das Gerüst bedarf auf jeden Fall eines festen Grundes, ..., und wenn das Postulat der unverbrüchlichen Kausalität sich nicht mehr wie bisher als Grundlage eignen sollte, ... Gegenfrage, was denn nun für die „akausale“ Physik als Grundlage eingeführt werden soll.“

Planck

- „...Sie sind es gewesen, der zeigte, wie die raumzeitlichen Vorgänge in einem atomaren Gebilde vollständig determiniert werden können, ... unter der Voraussetzung der Materiewelle, und wie die rätselhaften diskreten Eigenwerte der Energie der Eigenwerte des Gebildes mit absoluter Genauigkeit aus den von Ihnen aufgestellten Differentialgleichungen ... berechnen lassen“

Planck

- „Kausalität bedeutet, dass wir präzise Theorien entwickeln können, die sich in der Beschreibung der Natur bewehren. Kausalität als regulatives Prinzip unseres Denkens ist weiterhin mit einem hypothetischen Ansatz verträglich. Sie ist insofern für das Suchen von Naturgesetzen charakteristisch und wird durch seinen Erfolg bestätigt.“

Heisenberg (1929)

- Es gibt Kausalität:
 - „in dem Sinne, dass ein mathematisches Schema der Quantentheorie existiert“
 - Aber „nicht als einfache Verknüpfung von Dingen in Raum und Zeit“ interpretierbar
- Frage der Gesetzlichkeit von der der raumzeitlichen Beschreibbarkeit gelöst
- Kausalprinzip überschreitet raum-zeitliche Verursachung
- In diesem allgemeinen Sinne Grundlage unserer Kenntnisse über die Natur und der Naturgesetze

Merkmale nach Duhem

- Merkmale physikalischer Gesetze:
 - Physikalische Gesetze sind symbolische Beziehungen
 - Ist genau gesprochen, weder richtig noch falsch, sondern angenähert
 - Provisorisch und relativ, weil es angenähert ist
 - Provisorisch, weil es symbolisch ist
 - Detaillierter als jene des gewöhnlichen Verstandes

Physikalische Gesetze sind symbolische Beziehungen

- Resultate der physikalischen Experimente
- Unterschied: Gesetze des gewöhnlichen Verstandes  Gesetzen der Physik
- „Jeder Mensch ist sterblich“:
 - Abstrakte Ausdrücke=das Allgemeine der konkreten Objekte
 - Übergang vom Konkreten zum Abstrakten ist unbewusst
- „Bei konst. Temp. von selber Gasmasse eingenommene Volumina umgekehrt proportional den Drucken“:
 - Symbolische Ausdrücke=Abstraktionen aus physikalischen Theorien

Weder richtig noch falsch, sondern genähert

- „In Paris geht die Sonne jeden Tag im Osten auf, steigt am Himmel empor, senkt sich wieder und geht im Westen unter“:
 - Kann richtig oder falsch sein
- Physikalisches Gesetz=Symbol:
 - Weder richtig noch falsch
 - Stellt Wirklichkeit in mehr oder minder detaillierten Art dar
 - „Die Unbestimmtheit des Symbolen bringt die Unbestimmtheit der Formel mit sich“
 - Annäherung durch Genauigkeit in Beobachtung

Provisorisch und relativ durch Annäherung

- „Da jedes physikalische Gesetz nur angenähert ist, ist es vom Fortschritt abhängig, der durch die Erhöhung der Genauigkeit den Grad der Annäherung ... unzureichend macht. Es ist seinem Wesen nach provisorisch. Die Bestimmung seines Wertes ändert sich ... im Maße der Beobachtungsmittel, über die sie verfügen, und der Genauigkeit, die sie fordern. Es ist seinem Wesen nach relativ“

Provisorisch, weil es symbolisch ist

- Physikalisches Gesetz=symbolische Beziehung:
 - Geschaffene Symbol stellt in gewissen Fällen „treues Bild“ der Wirklichkeit dar, gleicht ihr aber nicht unter allen Umständen
 - „Das von der Theorie ausgeheckte mathematische Symbol paßt sich der Wirklichkeit an.“
 - Findet durch Experimente Einschränkungen der Symbole auf denen Gesetze beruhen.
 - Symbole sind zu einfach, um Wirklichkeit vollständig darzustellen → Bedarf immer wieder Verbesserungen

Detaillierte als jene des gewöhnlichen Verstandes

- Gesetze des gewöhnlichen Verstandes:
 - Sind wahr oder falsch
 - Als wahr erkannte Gesetz gilt für alle Zeiten und alle Menschen, ist fest und absolut
- Physikalisches Gesetz:
 - Immer provisorisch und relativ
 - Sicherheit „weit weniger unmittelbar und viel schwerer zu bestimmen“
 - ABER: Genauigkeit im Detail
 - Kompensation zwischen der Genauigkeit und der Sicherheit: das eine wächst nur, wenn das andere abnimmt

Naturgesetz nach G. Vollmer

- Charakterisierung des NG-Begriffs
(Philosophia naturalis 37 (2/2000) 205-239):
- „NG sind (Beschreibungen von) Regelmäßigkeiten im Verhalten realer Systeme“

System

- =abgegrenzte Gesamtheit von Elementen gegenüber der Gesamtheit/Kosmos
- Reales System:
 - Meint real existierende Dinge (z.B. Teilchen, Sterne, Individuen)
 - Gegensatz zu abstraktem System (mathematische Mengen, etc.)
 - Beinhaltet keine Metagesetze

Verhalten

- Problem der Beobachtbarkeit das tatsächlichen Verhaltens realer Systeme
- Von NG beschrieben Verhalten eigentlich nur fiktives und kein wirkliches Verhalten

Regelmäßigkeit

- Frage, ob NG die Regelmäßigkeiten in der Natur oder nur deren Beschreibung darstellt
- Ausnahmen werden außen vorgelassen, obwohl Frage nach Erklärung eventuell sinnvoll

Unstrittige Merkmale nach Vollmer

- NG sind Allaussagen:
 - Universell, allgemein gültige Aussage
 - Anspruch für alle Zeiten und Systeme zu gelten
 - Übliche Schreibweise: Quantoren-Schreibweise der Mathematik

Unstrittige Merkmale nach Vollmer

- NG sind Bedingungssätze:
 - Form einer „Wenn..., dann...“-Aussage
 - „Wenn es regnet, wird die Straße nass“
 - „Alle Körper haben Masse“
 - Nicht aber: „Alles ist relativ“

Unstrittige Merkmale nach Vollmer

- NG sind synthetische Aussagen:
 - Aussagensätze entweder „synthetisch“ oder „analytisch“
 - Analytische Aussage: Wahrheitsgehalt folgt allein aus ihrer logischen Form („Deutschland wird Weltmeister oder nicht.“ → analytisch wahr)
 - Synthetische Aussage: nicht direkt wahr oder falsch, Wahrheitsgehalt muss geprüft werden

Unstrittige Merkmale nach Vollmer

- NG sind relational:
 - Beschreiben Zusammenhänge mehrerer Größen
 - Oft in Form von Gleichungen und Ungleichungen, aber auch qualitative Aussagen (z.B. 1. Mendelsche Regel: „Bei reinerbigen Eltern sind alle direkte Nachkommen untereinander gleich“)

Quellen

- Meyer Handlexikon
- P. Duhem: Ziel und Struktur der physikalischen Theorien, Hamburg, Felix Meiner Verlag 1998
- R. Feynman: Vom Wesen physikalischer Gesetze
- E. Schrödinger: Was ist ein Naturgesetz?, München, Oldenbourg 1962
- J. Taylor: Hidden unity in nature's laws.
- G. Vollmer: „Was sind und warum gelten Naturgesetze?“, Philosophia Naturalis Nr. 37 (2/2000)
- I.O. Stamatescu: „Vom Wesen physikalischer Gesetze“