

Rainer Schimming

Kants a priori, Kuhns Paradigmen, Holtons Themata

1. Kants Ideen a priori und Vor-Urteile

Ein wesentliches Element der Philosophie Kants ist seine Ansicht vom Apriorischen. Obwohl vielfach kommentiert, soll sie hier – zur Verständigung – kurz repetiert werden. In der „Kritik der reinen Vernunft“ werden Ideen *a posteriori* und *a priori* unterschieden, d.h. nach bzw. vor der Erfahrung. Erstere enthalten Empirisches, letztere nicht, sondern sind im menschlichen Geist angelegt und werden von Kant als notwendige und allgemeine „*Bedingungen der Möglichkeit von Erkenntnis*“ verstanden; mit ihnen wird das rohe Erfahrungsmaterial zu Erkenntnis verarbeitet. Als apriorisch kennzeichnet Kant insbesondere die von ihm so genannten *reinen Formen der Anschauung* Raum und Zeit sowie die *Kategorien* Quantität, Qualität, Relation (Kausalität einschließlich) und Modalität.

Kann man dem Apriorismus etwas abgewinnen, wenn man vom Kantianismus abrückt, insbesondere wenn man eine realistische anstatt idealistische philosophische Position einnimmt? Kants Ideen a priori wären zu ersetzen durch *Vor-Urteile*, die wir als Urteile definieren, welche die Richtung des Erkenntnisprozesses mitbestimmen und nicht direkt von Erfahrungen abhängen. Vor-Urteile sind höchstens *Meta-Erfahrungen*, d.h. Erfahrungen über Erfahrungen. Tatsächlich gibt es solche in verschiedenen Erscheinungsformen: Hintergrundüberzeugungen, Vorabmeinungen, Denkschemata, Klischees, Erwartungsmuster, regulative Ideen, theoretische Prinzipien, Leitlinien, Idealvorstellungen, Orientierungswissen, Forschungsstrategien, ...

Vor-Urteile treten als wichtige Bestandteile verschiedener theoretischer Systeme auf:

- Angeborene Vorstellungen über die Welt gemäß der *Evolutionären Erkenntnistheorie*.
- Kuhns *Paradigmen*.
- Holtons *Themata*.

- *Prinzipien und Programme* in den Wissenschaften, vor allem in der Physik.

Diese Liste, mit einigen Ergänzungen, werden wir hier durchgehen.

2. Angeborene Erkenntnisstrukturen

Es liegt nahe, den (ursprünglichen oder modernisierten) Darwinismus auch auf das Erkenntnisvermögen der Tiere und des Menschen anzuwenden. Der Erkenntnisapparat hat sich demnach im Verlauf der phylogenetischen Entwicklung an die Welt, genauer an die jeweilige Umwelt, angepasst. Im Ergebnis sind die Individuen von Geburt an mit lebenswichtigen Vorstellungen über Raum, Zeit, Kausalität, ... ausgestattet.

Die sogenannte *Evolutionäre Erkenntnistheorie* hat diesen Gedanken systematisch ausgearbeitet. Ihr Hauptvertreter Gerhard Vollmer (geb. 1943) schreibt: „*Die subjektiven Erkenntnisstrukturen passen auf die Welt, weil sie sich im Laufe der Evolution in Anpassung an diese reale Welt herausgebildet haben. Und sie stimmen mit den realen Strukturen (teilweise) überein, weil nur eine solche Übereinstimmung das Überleben ermöglichte.*“ ([25], S. 102). Drastisch und einprägsam heißt es bei einem anderen Autor: „*Der Affe, der keine realistische Wahrnehmung von dem Ast hatte, nach dem er sprang, war bald ein toter Affe – und gehört daher nicht zu unseren Urahren.*“ ([21], p. 82). Der Apriorismus erfährt eine realistische Umdeutung; er „wird vom Kopf auf die Füße gestellt“. An die Stelle der Ideen a priori treten angeborene Vorstellungen, ererbte Verhaltensmuster, Instinkte. Diese sind für das Individuum a priori, für die biologische Art aber a posteriori, nämlich im Verlauf der Stammesentwicklung erworben.[15, 25]

Der Verhaltensforscher Konrad Lorenz (1903–1989) gilt als Stammvater der Evolutionären Erkenntnistheorie. Er knüpfte unmittelbar an Kants Philosophie an [15]. Die Evolutionäre Erkenntnistheorie genießt heute weithin Akzeptanz. Die 1. Auflage des Standardwerkes [25] erschien 1975, die 8. Auflage 2002.

3. Kuhns Paradigmen

Als sich der studierte Physiker Thomas Kuhn (1922–1996) der Wissenschaftsgeschichte zuwandte, fand er eine „*kumulative Historiographie*“ vor, welche ununterbrochenen Fortschritt durch Anhäufung von Wissen behauptet. In Auflehnung dagegen entwickelte er eine alternative, dynamischere Wissenschaftstheorie [13]. Danach wechseln sich relativ ruhige

Perioden, von Kuhn *normale Wissenschaft* (*normal science*) genannt, mit *Krisen* und *wissenschaftlichen Revolutionen* ab. Zu Zeiten normaler Wissenschaft werden Probleme auf der Grundlage eines Paradigmas gelöst (*puzzle solving*). Ein *Paradigma* (*paradigm*) ist dabei ein weithin anerkanntes konsistentes System wissenschaftlicher Ansichten. Der Paradigmenbegriff umfasst Inhalte, Methoden, Ziele, ... und ist nicht so formal wie der Theoriebegriff. Ein Paradigma wird von einer *wissenschaftlichen Gemeinschaft* (*scientific community*) vertreten. Genauer definiert sich die Gemeinschaft durch das Paradigma; dieses stiftet den Zusammenhalt. Nach Kuhn sind verschiedene Paradigmen *inkommensurabel*; die eine Partei versteht die andere nicht. (Die *Inkommensurabilitäts-These* ist der am wenigsten akzeptierte Punkt des Kuhnschen Entwurfs.) Die Entwicklung verläuft nun so, dass jedes Paradigma früher oder später mit neuen Erkenntnissen – aus empirischen Fakten, gesicherten Theorien, ... – in Konflikt gerät. Eine solche Diskrepanz nennt Kuhn *Anomalie* (*anomaly*). Eine Häufung von Anomalien stellt ein Paradigma ernsthaft in Frage, löst eine *Krise* (*crisis*) aus. Eine Krise wird schließlich durch eine *wissenschaftliche Revolution* (*scientific revolution*) überwunden, welche ein neues Paradigma an die Stelle des alten setzt und Ausgangspunkt einer neuen Periode normaler Wissenschaft ist.

Die Kuhnsche Wissenschaftsdynamik ist zyklisch; kumulative und sprunghafte Phasen lösen sich ab. Fügt man die Idee des Fortschritts hinzu, so kommt man zum Bild einer sich aufwärts windenden Spirale (Helix).

Kuhn argumentiert mehr als Historiker denn als Philosoph. Geschichtliche Beispiele und Fallstudien sind sein Hauptmittel; die Problematik von Fortschritt, Wahrheit, ... versucht er zu umgehen. Konkrete Paradigmen erscheinen bei ihm vorzugsweise paarweise, als altes versus neues Paradigma: Ptolemäische versus Kopernikanische Astronomie, Aristotelische versus Newtonsche Dynamik, korpuskulare versus Wellen-Optik, Phlogiston- versus Sauerstoff-Chemie, ... [13]

Kuhn hatte einen Vorgänger; der polnische Mediziner und Mikrobiologe Ludvik Fleck (1896–1961) hat bereits 1935 eine sehr ähnliche Wissenschaftstheorie vorgelegt [6]. Für *Paradigma* und *wissenschaftliche Gemeinschaft* bei Kuhn stehen *Denkstil* und *Denkkollektiv* bei Fleck.

Während die Wissenschaftstheorie Thomas Kuhns als Ganzes mindestens ebenso stark kritisiert wie akzeptiert wird, haben seine Begriffe *Paradigma*, *Paradigmenwechsel*, *wissenschaftliche Gemeinschaft*, *wissenschaftliche Revolution* voll eingeschlagen. Sie trafen offenbar auf ein Bezeichnungs-Be-

dürfnis. *Paradigma* wurde vorher selten genug verwendet, so dass Kuhn das Wort mit seiner Bedeutung belegen konnte.

Ein Paradigma ist ein Vor-Urteil im oben definierten Sinn, denn es ist relativ beständig, wird nicht aufgrund einer einzelnen Erfahrung revidiert. Erst eine kritische Häufung von Anomalien, d.h. entgegenstehenden Erfahrungen, macht einen Paradigmenwechsel notwendig. Die relative Immunität eines Paradigmas ist nach Meinung einiger Kritiker bei Kuhn ungenügend erklärt. An der Stelle setzt der ungarische Wissenschaftsphilosoph Imre Lakatos (1922–1974) an [14]. Er führt *Forschungsprogramme* anstelle von Theorien (vor Kuhn) bzw. Paradigmen (bei Kuhn) als die grundlegenden Struktureinheiten in den Wissenschaften ein. Ein *Forschungsprogramm* umfasst neben Inhalten auch ein methodologisches Programm, von Lakatos eine *Heuristik* genannt, sowie Wertungen. Es besteht aus einem relativ konstanten *harten Kern* (*hard core*) und einer veränderungsfähigen *Schutzhülle* (*protective belt*). Letztere fängt Anomalien ab, indem sie sich anpasst. Lakatos' Theorie lotet einerseits tiefer als die von Kuhn, hat andererseits weniger Akzeptanz erfahren. Ein Grund mag sein, dass die Begriffe *Forschungsprogramm*, *Heuristik*, ... bereits mit anderen Vorstellungen besetzt sind.

4. Holtons Themata

Der Wissenschaftshistoriker Gerald Holton schlug ein symbolisches *x-y-z-Koordinaten-system* für die wissenschaftstheoretische Analyse vor: x steht für den *empirischen Gehalt*, die Fakten, y steht für den sogenannten *analytischen* (logischen, mathematischen) *Gehalt*, z steht für Theorie-übergreifende langlebige Konzepte, Leitmotive, vorgefaßte Anschauungen, für welche er den Fachbegriff *Themata* einführt [9]. Es handelt sich um Vor-Urteile im oben eingeführten Sinn, weil sie den Gang der Forschung mitbestimmen und relativ unabhängig sowohl von den empirischen Fakten als auch vom analytischen Apparat sind. Holton unterteilt in *Einzel-, Doppel-, Dreifach-Themata* usw. Einzel-Themata sind z.B. bei ihm

Einfachheit, Sparsamkeit, Einheitlichkeit.

Doppel-Themata sind z.B.

Einfaches – Komplexes,
Diskretes – Kontinuierliches,
Konstantes – Veränderliches.

Holtons Liste lässt sich unschwer verlängern:

Leeres – Volles (Vakuum – Plenum),
 Ordnung – Unordnung (Kosmos – Chaos).

...

An dieser Stelle erinnert man sich an begriffliche Dualismen der Ontologie, die manchmal zu den *Kategorien* gezählt werden:

Teil – Ganzes,
 Inhalt – Form,
 Ursache – Wirkung,
 Wesen – Erscheinung,
 Absolutes – Relatives,
 Aktives – Passives,
 Quantität – Qualität,
 Zufall – Notwendigkeit,
 Möglichkeit – Wirklichkeit,
 Gesetzmäßigkeit – Kontingenz.

Ferner liegt eine Beziehung zur *Hegelschen Dialektik* auf der Hand; Doppel-Themata können als Paare *These–Antithese* interpretiert werden [17]. Holton geht aber weder dem Bezug zu ontologischen Kategorien, noch zur Widerspruchs-Dialektik nach. Ihm geht es darum, die objektiven Aspekte von Wissenschaft (x,y) durch einen subjektiven Aspekt (z) zu ergänzen. Hier ist einzuwenden, dass man Themata als Meta-Erfahrungen objektivieren kann: Ihr Auftreten in bekannten Theorien induziert Fortschreibung in neu aufzustellenden Theorien; Erfolg begründet weitere Anwendung.

Holton gibt auch ein Dreifach-Thema an:

Konstanz – Evolution – Katastrophe.

Dieses führt gedanklich zu *Entwicklungs-Ontologie* bzw. *philosophischer Systemtheorie* [12,20]; weitere Begriffe auf der Ebene sind Ruhe, Bewegung, Anfang, Ende, Wachstum, Gleichgewicht, Progress, Stagnation, Zyklizität, Stabilität, Chaos,

Gerald Holton ist auch durch wissenschaftshistorische Fallstudien sowie durch scharfsinnige Analysen von Zeitgeist-Tendenzen hervorgetreten [10]. Die geistige Atmosphäre einer Gesellschaft befindet sich, so meint er, in ständiger Pendelbewegung zwischen den Polen

Rationalität – Irrationalität,
 Aufklärung – Romantik,
 Konstruktion – Dekonstruktion.

Gegenwärtig ist das Pendel (noch?) auf der Seite der Gegenaufklärung; Holton spricht von einer *romantischen Rebellion* [10]. Die Vertreter der Irra-

tionalität bedienen sich auch rationaler Argumente, welche sie auf eine absurde Spitze treiben. Antiwissenschaft macht Anleihen bei der Wissenschaft, um glaubwürdig zu wirken.

5. Einfachheit, Einheitlichkeit, Anschaulichkeit

Die Schlagwörter in der Überschrift benennen Grundsätze bzw. große Ziele für alle Wissenschaften zu allen Zeiten. Sie klingen bei Holton [9] an, verdienen aber hier eine gesonderte Behandlung.

Gemäß dem Prinzip der *Einfachheit* möchte man die Anzahl von Aussagen (Axiome, Definitionen, Sätze, Gesetze, Hypothesen) minimieren und bevorzugt kurze, einfach zu formulierende Aussagen [4]. *Ockhams Messer* ist eine bekannte Ausprägung dieses Grundsatzes: „*Entitäten sollen nicht über das Notwendige hinaus vermehrt werden.*“

Einheitlichkeit bedeutet Erfassung möglichst vieler Gegenstände und Inhalte mit den gleichen Mitteln. „*A new theory is better, if it predicts a wider class of phenomena with no more assumptions or ad hoc hypotheses than the old one.*“ ([16], p. 906) Das erkenntnis-theoretische Prinzip der Einheitlichkeit entspricht dem ontologischen Prinzip der Ganzheitlichkeit. In der Physik gipfelt das Einheitsstreben in der Suche nach der *Weltformel* [3] oder der *Theorie für Alles* [1].

Anschaulichkeit ist die Beschreibung durch Bilder aus einem Erfahrungsbereich, welcher dem Subjekt näher liegt als der betreffende Objektbereich. Vorzugsweise geometrische und mechanische Bilder dienen der Veranschaulichung. Sprachliche Strukturen, Zeichenreihen können ebenfalls veranschaulichen. So hat auch die Mathematik, obwohl eine nicht-empirische Wissenschaft, ihre Anschaulichkeit. Carl Friedrich von Weizsäcker bestimmt Veranschaulichung als „*Beschreibung des Nichtanschaulichen nach dem Bilde des Anschaulichen*“ ([27], S. 23).

Mitunter wird *Sparsamkeit* als selbständiges Prinzip genannt [8]. Ferner findet man auch ein ästhetisches Prinzip: *Eleganz* [7]. Von P. A. M. Dirac stammt der Ausspruch: „*Ein physikalisches Gesetz muß mathematisch schön sein.*“ (Zitiert nach [2], S. 85).

Die genannten Prinzipien, vielleicht mit Ausnahme der Eleganz, bezwecken alle *Übersichtlichkeit*. Diese ist sozusagen das Über-Prinzip, das gemeinsame Ziel. Jegliche Erkenntnis ist Reduktion der unübersichtlich erscheinenden objektiven Realität auf übersichtliche subjektive Strukturen. Die Möglichkeit solcher Reduktion bedeutet die Erkennbarkeit der Welt. Der

Grad der Umsetzung von Einfachheit, Einheitlichkeit, Anschaulichkeit zeigt den Reifegrad einer Wissenschaft an.

6. Prinzipien der Physik

Die zu besprechenden Prinzipien haben die Merkmale der Themata nach Holton nur auf physikalische Inhalte eingeschränkt. Sie überspannen verschiedene Disziplinen und Theorien. Es gibt keine Einigung über die genauen Prinzipien der Physik. Wir schlagen folgende Liste vor.

1. Kovarianz

Physikalische Strukturen und Prozesse sind unabhängig vom Bezugssystem des Beobachters und von der Wahl des Koordinatensystem. Als formales Prinzip fordert es, dass physikalische Gesetze *kovariant*, d.h. form-invariant unter passiven Transformationen (Wechsel des Bezugssystems bzw. Koordinatensystems), ausgedrückt werden sollen. Der Apparat der Höheren Differentialgeometrie ist besonders geeignet, mit *Kovarianz* umzugehen. Physikalische Größen sind demnach sogenannte *geometrische Objekte*. Erkenntnistheoretisch drückt das Kovarianzprinzip *Objektivität*, d.h. Unabhängigkeit vom *Subjekt*, aus.

2. Eichinvarianz

... ist Kovarianz bezüglich innerer Zustandsräume. Man unterteilt die Zustände oder Freiheitsgrade physikalischer Materie in raum-zeitliche = *äußere* und nicht-raum-zeitliche = *innere*. *Eichung* ist die Wahl eines Bezugs- bzw. Koordinatensystems im inneren Zustands-raum. Physikalische Gesetze sollen *eichinvariant* sein.

3. Lokalität

Die primären Gesetze für *physikalische Materie*, d.h. *Teilchen, Medien* und *Felder*, sollen als Differentialgleichungen formulierbar sein – gewöhnliche mit der Zeit als unabhängiger Variablen für Teilchen, partielle für Medien und Felder. Differentialgleichungen im Gegensatz zu Integralgleichungen oder gemischten Gleichungen drücken *Lokalität* in Raum und Zeit aus: Die physikalische Materie bewegt oder verbreitet sich nur von (Zeit-)Punkt zu (Zeit-)Punkt, in *Nahewirkung* im Gegensatz zu *Fernwirkung*. Die mathematische Grobklassifikation partieller Differentialgleichungen erfasst eine physikalische Einteilung: *Hyperbolische Differentialgleichungen* beschreiben *Wellenvorgänge* (elektromagnetische Wellen u.a.), *parabolische* beschreiben *Ausgleichsvorgänge* (Wärmeleitung, Diffusion, ...), *elliptische* beschreiben

stationäre Zustände (Elektrostatik, Magnetostatik, stationäre Temperaturverteilung, ...).

Die mathematische *Hyperbolizität* modelliert die physikalische *Kausalität*. *Parabolizität* bzw. *Elliptizität* modellieren andere Weisen des *Determinismus*.

Aus den primären oder *fundamentalen Gesetzen* können sekundäre oder *phänomenologische* Gesetze abgeleitet werden, die nicht die Form von Differentialgleichungen haben (z.B. *Hookesches Gesetz* der Elastizität, *Ohmsches Gesetz* für Stromkreise, ...).

4. *Variationsprinzipien*

Fundamentale Differentialgleichungs-Gesetze für Teilchen und Felder erweisen sich als *Euler-Lagrange-Gleichungen* zu einem *Variationsprinzip*. Das physikalische Gesetz ist dann gleichbedeutend damit, dass ein bestimmter Integralausdruck, genannt *Wirkungsintegral*, stationär wird. Demnach ist die gesamte Information des Gesetzes schon im Integranden, genannt *Lagrange-funktion* oder *Lagrangian*, kodiert. Diese Reduktion kann als Ausprägung der großen Prinzipien der Einfachheit und Sparsamkeit angesehen werden [8].

5. *Symmetrie*

... hat (wie Kovarianz) eine inhaltliche und eine formale Seite. Die physikalische Welt ist nicht regellos, sondern hat die Tendenz zur Regelmäßigkeit. Letztere wird präzisiert als *Symmetrie*, d.h. Invarianz unter gewissen aktiven Transformationen von Raum, Zeit oder/und innerem Zustandsraum [22]. Als methodische Konsequenz wird jede physikalische Situation, jedes Problem zunächst auf seine Symmetrie hin überprüft. Symmetrie liefert ohne großen Aufwand eine Fülle von Einsichten. So führt eine Kombination von Variations- und Symmetriepinzip auf *Erhaltungssätze*, welche besagen, dass bestimmte physikalische Größen (Energie, Impuls, Drehimpuls, ...) zeitlich konstant bleiben [22,8]. Der adäquate mathematische Apparat zum Umgang mit Symmetrien ist die Theorie der Transformationsgruppen.

Unsere Liste bzw. Diskussion ist auf die *Klassische Physik* beschränkt, berücksichtigt noch nicht die *Quantenphysik*. Mit letzterer würden Prinzipien der *Quantisierung*, der *Korrespondenz*, des *Spin-Statistik-Zusammenhangs* u.a. hinzutreten. Das Kovarianzprinzip aufgefasst als Unabhängigkeit der physikalischen Situation vom Beobachter, und das Lokalitätsprinzip können in der Quantentheorie so nicht aufrecht erhalten werden.

7. Programme der Physik

Interpretiert man ein Thema nach Holton normativ (versieht es mit einem Ausrufezeichen), so erhält man ein *wissenschaftliches Programm*. In der Physik gibt es explizit als solche gekennzeichnete Programme.

Das Doppel-Thema

Diskretes – Kontinuierliches

wird physikalisch zu einem Dualismus von Programmen:

Atomismus – Suche nach einheitlicher Feldtheorie.

Der *Atomismus* sucht nach wenigen elementaren Bausteinen der physikalischen Welt mit Teilchencharakter; das feldtheoretische Programm sucht nach wenigen einfachen Feldern. „Atomismus“ ist nicht wörtlich zu nehmen; je nach historischem Kenntnisstand sind die kleinsten Teilchen Moleküle, Atome, Elementarteilchen oder sogar Ebenen darunter.

Der *Dualismus* ruft nach Reduktion auf einen *Monismus*. Diese wurde in der modernen Physik fast nur in einer Richtung versucht: Die Aufgabe, Teilchen feldtheoretisch zu modellieren, heißt *Partikelprogramm*, auch *Einsteinisches Partikelprogramm*, weil es vor allem durch Albert Einstein auf die Tagesordnung gesetzt wurde [5, 28]. Die Teilchen-Bausteine sollen als „*Knoten*“ des Feldes beschrieben werden. Ein solcher Knoten könnte ein Gebiet hoher Feldstärke sein oder aber eine punktförmige Singularität des Feldes. Beide Ansätze wurden von Einstein verfolgt [5]. Die sogenannte *Solitonentheorie* realisiert Teilchen, dann *Solitonen* genannt, als glatte Feldkonzentrationen. Sie arbeitet allerdings mit nichtlinearen Evolutionsgleichungen sehr spezieller Bauart, kann nicht die ganze Physik überdecken. J. A. Wheeler spekulierte (nicht erfolgreich) mit *Geonen*, das sind Feldkonzentrationen, die durch ihre Eigengravitation zusammen gehalten werden [28].

Reduktion kann auch Rückgriff auf mathematische Strukturen bedeuten. Auf dieser Ebene kommt man von den beiden obigen Programmen zu dem Paar

Diskretisierung der Physik – Geometrisierung der Physik.

In der tatsächlichen Umsetzung ist das Erste eine Folge nicht überzeugender Versuche, das Zweite eine grandiose Erfolgsstory. Der Kerngedanke der Allgemeinen Relativitätstheorie ist bekanntlich die Geometrisierung des Gravitationsfeldes: Gravitation ist gleich der Riemann-Lorentz-Geometrie der Raum-Zeit-Union. Die zweite große Geometrisierung ist die Identifizierung von Yang-Mills-Eichfeldern mit Zusammenhängen auf Faserbündeln. Der physikalische Begriff der Kraft wird dann auf die Krümmung eines Zu-

sammenhangs zurück-geführt. Über das Geometrisierungsprogramm gibt es eine sehr umfangreiche Literatur; wir zitieren [29, 23, 24, 19, 26].

8. Vor-Urteile sind konstruktive Vorurteile

Während *Vorurteil* (ohne Bindestrich) in der Alltagssprache eine eher negative Bedeutung hat, spielt ein *Vor-Urteil* (mit Bindestrich) im hier definierten Sinn eine positive Rolle: Es verkleinert den ursprünglich zu großen Suchraum des Erkennens auf überschaubares Maß. Ein Vor-Urteil ist ein *konstruktives Vorurteil*. Es ist einerseits ein Destillat aus schon gemachten Erfahrungen, andererseits ein Richtungsweiser für noch zu machende Erfahrungen. Es ist relativ immun gegenüber einzelnen Erfahrungen, was das Vor-Urteil in die Nähe einer Kantschen Idee a priori rückt [15,18]. Einige Autoren haben alternativ den Begriff *relativ apriorische Idee* vorgeschlagen [18], dem wir uns nicht anschließen. Der vorliegende Beitrag erweist eine Reihe von etablierten erkenntnis- bzw. wissenschaftstheoretischen Konzepten als Vor-Urteile und somit die Zweckmäßigkeit dieses Sammelbegriffs.

Literatur

- [1] J. D. Barrow: Theorien für Alles. Spektrum, Heidelberg 1992.
- [2] R. Corby Hoves/H. Kragh: Paul Dirac und das Schöne in der Physik. Spektrum der Wissenschaften, Juli 1993, 84–90.
- [3] P. Davies, J. Gribbin: Auf dem Weg zur Weltformel. DTV, München 1993.
- [4] H. Dingler: Über den Begriff der Einfachheit. Z. f. Physik 3 (1920) 425–436.
- [5] A. Einstein/N. Rosen: The particle problem in the general relativity theory. Phys. Rev. 48 (1935) 73–77.
- [6] L. Fleck: Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Verlag Benno Schwabe und Co., Basel 1935. Nachdruck: Suhrkamp, Frankfurt am Main 1980.
- [7] B. Greene: The Elegant Universe. Norton, New York 1999.
- [8] S. Hildebrandt/A. Tromba: The Parsimonious Universe. Springer, New York 1995.
- [9] G. Holton: Thematic Origins of Scientific Thoughts. Harvard University Press, Cambridge Mass. 1973. Deutsche Übersetzung: Thematische Analyse der Wissenschaft. Suhrkamp, Frankfurt am Main 1981.
- [10] G. Hilton: Science and Anti-Science. Harvard University Press. Cambridge Mass. 1994. Deutsche Übersetzung: Wissenschaft und Anti-Wissenschaft. Springer, Wien 2000.
- [11] H. Hörz: Zum Problem der Anschaulichkeit in der Mikrophysik. Wiss. Z. Humboldt-Universität Berlin 13 (1964) 7–12.

- [12] H. Hörz/K.-F. Wessel: *Philosophische Entwicklungstheorie*. Akademie-Verlag, Berlin 1983.
- [13] T. S. Kuhn: *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press 1962. Deutsche Übersetzung: *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Suhrkamp, Frankfurt am Main 1967.
- [14] I. Lakatos: *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes*. In: I. Lakatos/A. Musgrave (eds.): *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press 1970, p. 91–195.
- [15] K. Lorenz: *Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie*. *Blätter für deutsche Philosophie* 15 (1941), 94–125.
- [16] H. Pietschmann: *The Rules of Scientific Discovery*. *Foundations of Physics* 8 (1978), 905–920.
- [17] P. Ruben: *Problem und Begriff der Naturdialektik*. In: A. Griese/H. Laitko (Herausg.): *Weltanschauung und Methode*. DVW, Berlin 1969.
- [18] E. Scheibe: *Kant's Apriorism and Some Modern Positions*. In: E. Scheibe (ed.): *Conference of the International Academy of Philosophical Sciences 1986*. de Gruyter, Berlin, 1988, p. 1–22.
- [19] R. Schimming: *Zum Programm der Geometrisierung der Physik*. *Wiss. Z. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. Math.-naturw. Reihe* 35 (1986) Heft 3, 40–46.
- [20] R. Schimming: *Back to Bertalanffy: the system theoretical approach to biology*. *ECMTB Communications* 2003, No. 5, 11–15.
- [21] G. G. Simpson: *Biology and the nature of science*. *Science* 139 (1963), 81–88.
- [22] L. Tarassow: *Symmetrie, Symmetrie!* Spektrum, Heidelberg 1993.
- [23] H.-J. Treder: *Philosophische Probleme des physikalischen Raumes*. Akademie-Verlag, Berlin 1974.
- [24] H.-J. Treder: *Geometrisierung der Physik und Physikalisierung der Geometrie*. *Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften der DDR* N 14 (1975).
- [25] G. Vollmer: *Evolutionäre Erkenntnistheorie*. Hirzel, Stuttgart 2002.
- [26] S. Weinberg: *Der Traum von der Einheit des Universums*. Goldmann, München 1995.
- [27] C. F. von Weizsäcker: *Zum Weltbild der Physik*. Hirzel, Stuttgart 1958.
- [28] J. A. Wheeler: *Geons*. *Phys. Rev.* 97 (1955), 511–516.
- [29] J. A. Wheeler: *Einsteins Vision*. Springer, Berlin 1968.