

Physik und Ontologie
– oder Die 'Ontologiebeladenheit' der Epistemologie
und die 'Realismusdebatte'
von Rudolf Lindpointner

„Wir wollen doch dies nicht vergessen:
Wenn wir oben gesagt haben, daß das
Werden der Welt sich in einem bewußten
Geist spiegelt, so ist das nur ein Klischee,
eine Redensart, eine Metapher, die
Bürgerrecht erworben hat. Nichts spiegelt
sich! Die Welt ist nur einmal gegeben.
Urbild und Spiegelbild sind eins.“¹

Abstract:

Die Frage, welche ontologischen Einsichten aus den Erkenntnissen der Physik zu gewinnen sind (Stichwort: Ontischer Strukturrealismus) ist offenbar nicht vollkommen zu trennen von der Sicht der Physik als Wissenschaft aus erkenntnistheoretischer Perspektive. Das wird auch sichtbar an der Debatte um den 'wissenschaftlichen Realismus'. Diese Debatte macht in Form des Stellenwerts der Wahrnehmung als Kriterium für die Existenzbehauptung in Bezug auf die 'theoretischen Entitäten' der Physik deutlich, dass die Erkenntnistheorie an sich selbst 'ontologiebeladen' ist. Und zwar in Form der Annahme, dass die Dinge an sich selbst (unabhängig von der Erkenntnis, in autonomer Weise) als so-und-so bestimmte existieren. Diese ontologische Annahme bildet nicht nur die Grundlage unserer (naiven) Erkenntnisauffassung, sondern auch deren unverzichtbare Prämisse, insofern diese Auffassung eine grundsätzlich passive, 'rezeptive' ist. Das trifft in vollem Umfange auf die Metaphysik zu, und in nicht viel geringerem Ausmaß auch auf die Erkenntnistheorie. Die Deutung von Erkenntnis im Sinne von 'Beschreibung' scheint demgemäß alternativlos. In der Wissenschaftstheorie spiegelt sich diese Auffassung in der Betonung der 'Objektivität' als Wesenskern der Wissenschaft ebenso wider, wie im Glauben an die 'Induktion' als angestammte Methode der Wissenschaft, und (ex negativo) im Problem der 'Theoriebeladenheit der Beobachtung'. Zu diesen Paradigmen der Erkenntnistheorie tritt aber noch ein weiteres verschärfend hinzu, nämlich das (nur auf Basis der genannten ontologischen Prämisse sinnvolle) Kriterium der 'subjektiven Gewissheit' als Ausweis 'wirklicher' Erkenntnis. Damit wird aufgrund ihrer 'Expertise' in Sachen Erkenntnis die Erkenntnistheorie zur 'prima philosophia'. Was aber noch wichtiger ist, die reale, holistische Erkenntnissituation wird in eine lineare Erkenntnisbeziehung ummodelliert, mit der Konsequenz der 'Transzendenz' der Gegenstände.

Nun ist es allerdings bei genauerer Betrachtung nicht allzu weit her mit der Expertise der Erkenntnistheorie in Sachen Erkenntnis, denn sie besteht im Grunde nur aus Paradigmen, die aus Sicht des Holismus der realen Erkenntnissituation selbst nicht mehr als relativ simplizistische Deutungen dieser Situation sind. Wir wissen bislang aber auch nicht, wie eine andere Auffassung von Erkenntnis aussehen könnte (was angesichts der Stellung des Phänomens Erkenntnis in der Hierarchie der Phänomene nach ihrer Komplexität auch nicht zu überraschen vermag). 'Gewissheit' als Kriterium von Erkenntnis scheidet damit von vornherein aus, und damit erscheint auch das lineare Beziehungsmodell von Erkenntnis als das, was es ist, eine grobe Verzerrung der realen, holistischen Erkenntnissituation.

Die Bedeutung dieser Argumentation im Hinblick auf die Physik besteht darin, dass das lineare Erkenntnismodell der Erkenntnistheorie selbst ein wesentliches Hindernis für ein adäquates epistemologisches Verständnis der Physik darstellt. Und zwar weil es 'a priori' auf ein gegenstandsbezogenes Erkenntniskonzept, und auf 'Beschreibung' als einzigen Modus von ('echter') Erkenntnis festgelegt ist. Die Akzeptanz der realen, holistischen Erkenntnissituation stellt daher nach meiner Meinung die Bedingung für ein angemessenes Verständnis des heuristischen Erkenntniszugangs der Physik zu den Gegenständen, ihres transzendentalen, generalisierenden Erkenntniskonzepts, dar, ebenso wie für dessen ontologische Relevanz und Dimension.

Inhalt:

0. Einleitung und Prolog	S. 2
1. Das zweifelhafte Primat der Erkenntnistheorie	S. 8
2. Das physikalische Erkenntniskonzept	S. 13
3. Physik und Ontologie	S. 22
4. Epilog	S. 32
Literaturverzeichnis	S. 32

1 Schrödinger, E. (1961), S. 47

0. Einleitung und Prolog

Die philosophische Debatte über den 'wissenschaftlichen Realismus' betrifft in besonderer Weise die Physik und den Existenzstatus der 'physikalischen Entitäten'. P. Kyle Stanford beschreibt das Problem folgendermaßen: „Should we really believe that our best scientific theories simply tell us how things stand in the various inaccessible domains of nature they purport to describe? ... Or should we think of them in some other way, perhaps simply as useful conceptual tools for predicting natural phenomena and intervening to produce or prevent them ... For most of modern history ... this has been a central concern for scientist themselves ... Although today we typically describe the dispute as concerned with something we call scientific realism, at the heart of the matter is still the simple question of whether or not we should understand our best scientific theories as literally true descriptions of how things stand in nature itself.“²

Das Problem entsteht vor allem dadurch, dass die 'physikalischen Entitäten' (dazu zählen 'Kräfte' ebenso wie 'Partikel' etc.) keiner direkten Beobachtung zugänglich sind, sondern nur einer in hohem Maße 'theoriebeladenen' Beobachtung. Und die Zweifel werden zusätzlich verstärkt durch den wissenschaftlichen Fortschritt, der immer wieder zu grundlegenden Revisionen von theoretischen Konzepten führt, was impliziert, dass viele zu einem gewissen Zeitpunkt anerkannte Theorien sich im Laufe der Zeit eben als revisionsbedürftig oder als falsch herausstellen, und in diesem Sinne als 'falsche Beschreibungen'.

Unmittelbar Teil des Problems (wenn auch nicht der Debatte) ist, wie schon die Formulierung unbefangen zum Ausdruck bringt, die Erkenntnisauffassung, nämlich in Gestalt der Gleichsetzung von (echter) Erkenntnis mit (objektiver) 'Beschreibung' ('description'). Diese wird hervorgehoben durch den Gegensatz zur bloßen (pragmatischen) 'Erklärung' ('useful conceptual tools').³ In dem so skizzierten Spannungsfeld zwischen Beschreibung und Erklärung spiegelt sich zugleich eine tiefgehende epistemologische Unsicherheit bezüglich der Deutung des Erkenntnisbegriffs der Physik wider, das sich mit seiner Verzahnung von Theorie und Experiment, seiner 'Abstraktheit', ebenso wie durch die tragende Rolle der Mathematik, klar von der Metaphysik unterscheidet, und sich offenbar nur unzureichend unter 'Beschreibung' subsumieren lässt.

Das kommt auch in der Form der Argumentation in der Realismusdebatte zum Ausdruck. Denn da bei physikalischen Theorien dem 'erklärenden' Aspekt ein deutliches Übergewicht gegenüber dem 'beschreibenden' zukommt, der 'beschreibende' aber den vermeintlichen Bezug zur unabhängigen Realität repräsentiert, ergibt sich aus dieser Sicht die Frage der Berechtigung, vom 'Erfolg der Erklärung' auf die 'Richtigkeit der Beschreibung' zu schließen, was die postulierten 'theoretischen Entitäten', und damit deren Existenz, unabhängig von der Theorie, angeht. Eine solche Art von Schlussfolgerung ist z.B. das berühmte 'No-miracles-argument', formuliert von Hilary Putnam: „The positive argument for realism is that it is the only philosophy that doesn't make the success of science a miracle“.⁴ Dagegen gibt es starke Einwände. P. Kyle Stanford erwähnt neben den bereits erwähnten Zweifeln mit Blick auf den permanenten Fortschritt der Wissenschaft (er bezeichnet dieses Argument als 'the pessimistic induction'), vor allem 'the underdetermination of theories by the evidence' and 'the problem of unconceived alternatives'.⁵

Um der Realismusdebatte auf den Grund zu gehen, ist es aber notwendig, nicht nur epistemologisch begründete Argumente auszutauschen, sondern schlussendlich auch die ontologischen Prämissen der Epistemologie selbst ins Rampenlicht zu rücken. Gemeint ist damit primär jene Prämisse, die

2 Stanford, P. K. (2006), S. 5

3 In diesem Sinn schreibt auch James Woodward zum Thema 'Erklärung': „My account of causal explanation: we are in a position to explain when we have information that is relevant to manipulating, or changing nature, in an 'in principle' sense of manipulation.“ (Woodward, J. (2003), S. 9f.)

4 Zitiert nach Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 69, wo es auch eine ausführliche Diskussion erfährt. Siehe dazu auch Stanford, P. K. (2006), S. 6ff.

5 Stanford, P. K. (2006), S. 7-8 u. 18

der Wahrnehmung ihre 'Substanz' verleiht, die der Vorstellung der (unmittelbaren) Wahrnehmung (bzw. der Beobachtung) als Zeugnis der Realität logisch zugrunde liegt, und von der sich ihre maßgebliche Rolle als Kriterium der Legitimation für die Behauptung der 'Realität' von theoretischen Entitäten ableitet: Die ontologische Prämisse der 'Bestimmtheit der Dinge an sich'. Was das 'Zeugnis der Wahrnehmung' angeht, liegt die Betonung deshalb sehr stark auf der Unmittelbarkeit. Aus diesem Grunde bildet die These des 'erkenntnistheoretischen Holismus' von der 'Theoriebeladenheit der Beobachtung' (deren bloßem Indiziencharakter) den harten Kern des Problems, das in der Realismusdebatte verhandelt wird.⁶ Dieses besteht, kurz gesagt, in der unleugbaren Diskrepanz zwischen dem an die Unmittelbarkeit gekoppelten 'Zeugnis-Anspruch' der Wahrnehmung und der 'theoretischen Realität'. Das Problem ist auf dieser Ebene unlösbar.

Das eigentliche Problem liegt aber tiefer. Der Punkt ist folgender: Unser Konzept von Realität besteht, grob gesprochen, darin, dass die Gegenstände der Erkenntnis 'objektiv' vorhanden sind, das heißt, gänzlich 'unabhängig von der Erkenntnis', und zwar als an sich selbst bestimmte (auf Basis einer impliziten gedanklichen Subtraktion). Und dieses Konzept von Realität bildet zugleich die Grundlage unserer (naiven) Auffassung von Erkenntnis,⁷ denn diese besteht in nichts anderem, als in der Vorstellung der Beziehung ihrer 'Inhalte' (der Wahrnehmung, des Denkens und der Begriffe) auf eine autonom (unabhängig von der Erkenntnis) bestimmte, gegenständliche Realität.

Realitätskonzept und Erkenntnisauffassung sind also beide (aus unterschiedlicher Richtung) durch die Unabhängigkeit der Realität von der Erkenntnis definiert, mit der gemeinsamen Klammer der 'Inhalte' der Erkenntnis, und deren Auffassung in 'beschreibendem' Sinn. Realitätskonzept und ErkenntnisKonzept verweisen also wechselseitig aufeinander, sie korrespondieren und bedingen einander. Das macht es im Grunde unmöglich, das eine ohne das andere in Frage zu stellen.

Dieses Realitätskonzept bedingt logisch eine grundsätzlich passive, rezeptive Erkenntnisauffassung (wie sie dem Empirismus entspricht). Die passive Rezeption, die Wahrnehmung durch die Sinne, bildet demnach unseren einzigen Zugang zu den Dingen, und die Quelle der Inhalte des Denkens. Das Problem, das sich dabei stellt, und um das sich die gesamte Erkenntnistheorie dreht, ist allerdings, dass sich bei genauerer Reflexion herausstellt, dass nicht alle Inhalte der Erkenntnis auf die Wahrnehmung zurückgeführt werden können, vor allem nicht die ontologischen Kategorien.⁸

Die Erkenntnisauffassung, die auf dem Realitätskonzept beruht, münzt sich logisch um in ein gegenstandsbezogenes ErkenntnisKonzept, das die Metaphysik mit der Erkenntnistheorie verbindet. Die traditionelle Epistemologie unterscheidet sich diesbezüglich nicht von der Metaphysik, und auch die Wissenschaftstheorie geht (wie das sog. 'Abgrenzungsproblem' zeigt), vollkommen selbstverständlich davon aus.⁹ In diesem Sinne spreche ich von der Ontologiebeladenheit der Epistemologie.

Die Erkenntnistheorie unterscheidet sich allerdings in einer anderen Hinsicht grundlegend von der

6 Eine logische Konsequenz und ein Aspekt dieser fundamentalen These ist die sog. Duhem-Quine-These (die These der 'Unterbestimmtheit einer Theorie durch Beobachtungsdaten'). Die 'Nicht-Beobachtbarkeit' der Entitäten ist in diesem Sinne nur eine Draufgabe.

7 Ich bezeichne diese Erkenntnisauffassung als 'naiv', weil es zwar der Wahrheit entspricht, dass wir über keine andere Auffassung von Erkenntnis verfügen, und auch die Naturwissenschaft bislang keine 'andere Beschreibung' (bzw. Erklärung) für das 'Phänomen Erkenntnis' anzubieten hat, sie aber andererseits aus wissenschaftlicher Sicht schon aus dem Grund zu hinterfragen ist, weil das Phänomen Erkenntnis in der Rangordnung der natürlichen Phänomene nach ihrer Komplexität an ziemlich oberster Stelle steht. Die grundsätzliche Auffassung der Erkenntnis als 'natürliches Phänomen' bedeutet daher notwendig, der naiven Erkenntnisauffassung maximal provisorischen Status einzuräumen.

8 Kants Diktum: „Gedanken ohne Inhalt sind leer, Anschauungen ohne Begriffe sind blind.“ (Kant, I. (1975), S. 98) beschränkt sich in dieser Tradition, was sein eigenes System der Transzendentalphilosophie betrifft, auf die 'Ermittlung' der Quelle der Verstandesbegriffe. Die Quelle aller übrigen Begriffe des Denkens bleibt außer Betracht. Diese scheinen also doch im wesentlichen der Anschauung 'entnommen' zu sein. Erst der Pragmatismus und Heidegger verändern diese Sichtweise grundlegend.

9 Die erbitterte Gegnerschaft der Wissenschaftstheorie zur Metaphysik beruht auf dieser (was die Physik betrifft, wie sich zeigen wird, irreführenden) Überzeugung.

Metaphysik, nämlich in der Auffassung der Erkenntnissituation. Die Metaphysik geht von der holistischen Erkenntnissituation aus, d.h. sie betrachtet den Menschen, das erkennende Wesen, selbst als Teil jener Gesamtheit, die sie auf klassifizierende Weise beschreibt, und so das 'Wesen' jedes Einzelnen bestimmt, auch das des Menschen (zu dem auch das 'Erkenntnisvermögen' gehört). Sie verbindet diesen holistischen Erkenntnisansatz (und -anspruch) epistemologisch allerdings mit der naiven, rezeptiven Erkenntnisauffassung, im Sinne von Erkenntnis als 'wahrnehmendem und denkendem Nachvollzug'. Dem entspricht die Auffassung des 'Verstandes' und der 'Vernunft' als grundsätzlich passiver 'Vermögen', mit der logischen Konsequenz des 'Universalienrealismus'.¹⁰

Die Erkenntnistheorie modelliert dagegen – der klaren Stimme des nominalistischen Zweifels am Universalienrealismus, aber zugleich und vor allem dem Streben nach subjektiver Gewissheit folgend – die reale, holistische Erkenntnissituation radikal um in eine lineare Beziehung, in das Modell der Subjekt-Objekt-Beziehung.¹¹ In Hinsicht auf das Realitätskonzept bleibt damit zwar grundsätzlich alles beim alten (bei der Annahme der autonomen Bestimmtheit der Gegenstände), ebenso beim (metaphysischen, gegenstandsbezogenen) Erkenntnisbegriff, doch aus dem realen Holismus der Erkenntnissituation wird nun eine strikte Transzendenz der Gegenstände. Maßgeblich dafür ist aber nicht der Nominalismus (dieser macht keinen Unterschied zwischen Subjekt und Objekt), sondern die Idee bzw. Forderung der 'Gewissheit' (als Kriterium 'echter' Erkenntnis).

Ich spreche diesbezüglich von den Paradigmen der Erkenntnistheorie, die schließlich auch zu den epistemologischen Paradigmen der Wissenschaftstheorie werden. Es handelt sich um Paradigmen von großer Suggestionskraft, denen sich die Behauptung des 'Primats der Erkenntnistheorie' (ihre Stellung als 'prima philosophia') verdankt.¹²

Das Realitätskonzept der Erkenntnistheorie besteht also, grob gesprochen, in der Annahme der Beziehung der Erkenntnis (also der Wahrnehmung oder der Begriffe des Denkens) auf etwas, das von der Wahrnehmung und vom Denken unabhängig (autonom) in distinkter Form existiert, und zwar in vollkommener Transzendenz, also in einer Weise, derer wir uns epistemisch, in unserer solitären Angewiesenheit auf unsere Sinneseindrücke und unser Denken, höchstens auf unklare Weise 'annähern' können (sofern die 'Dinge an sich', aufgrund der transzendentalen Konstitution unseres Erkenntnisvermögens, nicht überhaupt 'unerkennbar' sind).

Die Erkenntnistheorie bringt also die Erkenntnis zwar als 'Tätigkeit' (nicht bloß als 'Vermögen') ins Spiel, aber ohne von der grundsätzlich passiven Erkenntnisauffassung abzuweichen. Die Vorstellung der 'passiven Rezeption' (der 'Gegebenheit der Sinneseindrücke') bleibt für die Erkenntnisauffassung bestimmend.¹³ Ergänzt um den Beitrag des Denkens wird daraus die Auffassung von Erkenntnis im Sinne von mentaler Referenz (als Tätigkeit) bzw. mentaler Repräsentation (als Ergebnis).

10 Also die Annahme der Präsenz der 'Universalien' (der Allgemeinbegriffe) 'in den (singulären) Gegenständen', eine Annahme, die durch den Nominalismus in die philosophische Rumpelkammer geschoben wird.

11 Ich spreche von 'Ummodellierung' deshalb, weil sich am Holismus der Erkenntnissituation grundsätzlich ja nichts ändert, am allerwenigsten durch den Nominalismus. Der Umbau folgt nur dem Wunschstreben nach Gewissheit, aufbauend auf der Idee der 'Selbstgewissheit des Subjekts' (die jedoch eine bloß 'performative' ist, und sofort in Deutung übergeht, sobald man z.B. mit den begrifflichen Bestandteilen des 'Cogito, ergo sum' Inhalte verbindet. Versuchen Sie einmal jemandem zu erklären, was Sie unter 'Denken' verstehen!). 'Gewissheit' in dem gemeinten Sinn setzt zwar keinen Universalienrealismus, aber einen unmittelbaren 'Universalienpräsentismus' (in einem Wahrnehmungs- oder Denkkontakt) voraus, es ist per se (der Erkenntnisauffassung konform) ein passives Konzept, aber mit Aktivität verknüpft, und daher natürlich unendlicher Reflexion zugänglich (siehe den Topos der 'Gegebenheit').

12 Die Stärke dieser Suggestionskraft zeigt sich am Beispiel Quines, der selbst nachdem er aus Gründen des 'erkenntnistheoretischen Holismus' das Primat der Erkenntnistheorie preisgegeben hat, noch immer am linearen Erkenntnismodell festhält, anstatt konsequent den Holismus der realen Erkenntnissituation zur Ausgangsbasis der Erkenntnisreflexion zu nehmen.

13 Kant schreibt in diesem Sinne: „Gedanken ohne Inhalt sind leer, Anschauungen ohne Begriffe sind blind.“ (Kant, I. (1975), S. 98). Und Carnap schreibt: „Man pflegt in der Erkenntnistheorie zu sagen, daß die ersten Sätze sich auf 'das Gegebene' beziehen; es besteht aber keine Übereinstimmung, was als das Gegebene anzusprechen ist.“ (Carnap, R. (2004), S. 85)

Wie passt die Physik in dieses Bild? Das Trilemma, das in der Realismusdebatte zum Ausdruck kommt (Beschreibung vs. Erklärung oder beides), hat seinen Grund darin, dass die Physik (von Anfang an) am metaphysischen Erkenntniskonzept vorbei arbeitet, ohne darüber epistemologisch zu reflektieren. Ihr Zugang ist nicht der beschreibende, sondern der forschende. Unsere naive Erkenntnisauflassung münzt sich, wie wir gesehen haben, logisch in das Erkenntniskonzept der Metaphysik um, das gegenstandsbezogen und spezifizierend (beschreibend) ist. So wie die Erkenntnistheorie hält auch die Wissenschaftstheorie (in deren Fußstapfen) daran fest, und münzt dieses Erkenntniskonzept auf die Physik (allerdings nun mit veränderter Fragestellung). Denn ihr Ziel ist ein klar ausgesprochen apologetisches, nämlich die epistemologische Rechtfertigung des Allgemeingültigkeitsanspruchs der 'physikalischen Gesetze' auf empirischer Basis. Nun ist dieser Anspruch aber ein normativer, und kein beschreibender. Daraus ergeben sich erhebliche Probleme, aber an der 'Beschreibung' als Grundfeste (auf die dann die 'Induktion' aufbaut) wird nicht gerüttelt. So beschreibt z.B. Bas van Fraassen in seinem eindrucksvollen Werk 'The Empirical Stance' (auf das ich mich im folgenden beziehe) das, was er als Kennzeichen der Wissenschaft betrachtet, nämlich 'objectifying inquiry', durch folgende Merkmale: „A science, or a research project within a science, has a domain. It is tempting to think of its initial delimiting as specifying a set of things. ... [But] it is more accurate to delimit such a domain in terms of the quantities or parameters allowed to figure in the description of the phenomena to be studied. Under quantities I include properties and relations.“¹⁴ Und sodann: „So the first step in setting up the scientific inquiry is to select the 'relevant' quantities. ... The paradigm example of this procedure was Galileo's list of primary qualities for physics. Physical description was to proceed solely in terms of these qualities; no others were to be admitted.“¹⁵

Der fundamentale Punkt, auf den es hier ankommt, das Wort 'description', steht meines Erachtens für ein fundamentales Missverständnis. Denn das Erkenntniskonzept der Physik ist weder beschreibend noch gegenstandsbezogen, sondern vielmehr transzendental und generalisierend. Nicht die Beobachtung des Verhaltens der Gegenstände bildet den Ausgangspunkt, sondern die Frage bzw. die Forschung nach dem Grund dieses Verhaltens. Die Physik lässt sich von ihrer Heuristik leiten, von dem Ziel der Begründung des Verhaltens der Gegenstände durch die Herstellung exakter Korrelationen zwischen den Gegenständen und ihrem Verhalten, und zwar mathematisch, in Form von Größengleichungen. 'Bedingungsverhältnisse' sind alles, worum es der klassischen Physik geht,¹⁶ und sie versucht diesen auf die Spur zu kommen durch die Annahme gegenstandsübergreifender, transzendentaler Konzepte (physikalischer Basisgrößen). Die Physik substituiert die Gegenstände in heuristischem Kontext durch 'relevant quantities' (die relevanten 'Parameter').¹⁷ In solchem Sinne schreibt auch van Fraassen an einer Stelle: „As we saw, identifying a domain of inquiry takes in general the form of specifying a set of 'relevant' parameters instead of things.“¹⁸ Diese Einsicht in den (heuristisch angeleiteten) transzendentalen Erkenntnisansatz der

14 Van Fraassen, B. C. (2002), S. 160

15 Van Fraassen, B. C. (2002), S. 162

16 © Carnap, R. (1926), S. 10f. (Carnap deutet diese 'Bedingungsverhältnisse' allerdings, dem gegenstandsbezogenen Denken gemäß, bloß funktional als 'konditionale Relationen'.) Die Gegenstände als solche interessieren die Physik überhaupt nicht. Auch das metaphysische, gegenstandsbezogene Erkenntniskonzept ist übrigens ein heuristisches Konzept, das übereinstimmt mit der naiven Erkenntnisauflassung, und aus diesem Grund gar nicht als Form von Heuristik erscheint. Diese Heuristik folgt der Logik der 'Was ist ...?'-Frage. Das Problem, auf das die Metaphysik dabei stößt, ist aber, dass es keine absolute Bestimmtheit gibt, dass alles und jedes immer nur bestimmt ist im Verhältnis zu anderem, und sie beginnt darüber zu 'spekulieren'.

17 Die Differenz zwischen 'Quantität' und 'Parameter' entspricht übrigens der Differenz zwischen (messbarer) 'Eigenschaft' und 'transzendentalen Konzept', also beispielsweise zwischen der 'Ausdehnung' als einer 'Eigenschaft' eines spezifischen Gegenstandes, und 'Ausdehnung' als einem 'gegenstandsübergreifendem Konzept' in heuristischem Zusammenhang. Aber nur insofern ein Parameter heuristisch zur Entdeckung von exakten Bedingungsbeziehungen (in Form von Größengleichungen) führt, oder dazu beiträgt, ist er ein 'relevanter' (wirksamer) Parameter.

18 Van Fraassen, B. C. (2002), S. 190

Physik wird allerdings gewöhnlich vollständig überlagert vom metaphysischen Erkenntnisbegriff und dem linearen Subjekt-Objekt-Modell der Erkenntnis.

Denn van Fraassen will zwar den Empirismus nicht mehr im klassischen erkenntnistheoretischen Sinne von Annahmen ('dogma or doctrine') über die Grundlagen und den Aufbau der Erkenntnis verstanden wissen (als „construction of a ... theory of the processes of cognition“)¹⁹, sondern als „stance (attitude, commitment, approach ...)“²⁰ d.h. als Einstellung, im Sinne einer 'undogmatischen Haltung', analog derjenigen der Wissenschaft („The very spirit of empirical science is the antithesis of dogmatism“),²¹ aber das ändert nichts am Festhalten am metaphysischen Erkenntnisbegriff und am Erkenntnismodell der Erkenntnistheorie.²² Demgemäß betrachtet er 'Wissenschaft' ganz im allgemeinen unter dem Gesichtspunkt der 'Objektivität': „Scientific inquiry is an objectifying procedure.“²³ 'Die Wissenschaft' verkörpert also die 'empiristische Erkenntniseinstellung' ('empirical stance'), indem sie diese 'undogmatische' Haltung gewissermaßen zu einer 'Methode' ('objectifying procedure') verfeinert.

Die Konsequenz dieser prozeduralen Auffassung von Wissenschaft aus Sicht der Physik besteht darin, dass ihre Heuristik, ihr spezifischer (forschender, nicht beschreibender) Zugang zu den Dingen, einfach der 'Undogmatik' (der empiristischen Haltung, der wissenschaftlichen 'Methode') zugeschlagen wird.²⁴ Die ontologischen Prämissen der naiven Erkenntnisauffassung (die auch die der Metaphysik und Erkenntnistheorie sind) diktieren so weiterhin das (Un-)Verständnis der Physik, die transzendente, ontologische Dimension ihrer Heuristik landet epistemologisch im 'Off'. So schreibt van Fraassen selbst explizit: „We must distinguish Galileo's requirement as methodological discipline from his insistence that these are the basic parameters of reality. The methodological requirement shaped modern science even while the list of 'primary qualities' kept changing.“²⁵

Das Missverständnis besteht darin, dass Galileis 'list of primary qualities' unter rein methodischem Gesichtspunkt (als 'methodological requirement') aufgefasst wird – im Sinne einer gewissen Selektion von 'Eigenschaften' der Gegenstände, die zu ihrer 'objektiven Beschreibung' in Hinblick auf die Phänomene zugelassen sind –, und diese Vorgangsweise (in Übereinstimmung mit dem gegenstandsbezogenen Erkenntnisbegriff) im Sinne einer objektiven Aussage über die Gegenstände gedeutet wird (die sich durch die nachfolgende Entwicklung der Physik als 'unwahr' herausstellt). Eine ganz andere Sichtweise ergibt sich aber, wenn man Galileis 'list of primary qualities' als 'Parameter' sieht, mit denen die Physik den Gegenständen 'zu Leibe rückt', als gegenstandsübergreifende Konzepte, auf deren Grundlage sie ihr Verhalten analysiert, und dabei durch die Entdeckung von Größengleichungen den individuellen Gegenständen sukzessive ihre vorgebliche Autonomie entzieht. Galileis Beharren ('insistence') hat nicht den Stellenwert einer Behauptung, die für sich genommen als wahr oder unwahr zu qualifizieren wäre, sondern vielmehr den einer programmatischen Ansage, die es (durch die Forschung) einzulösen gilt. Die sukzessive

19 Van Fraassen, B. C. (2002), S. 77

20 Van Fraassen, B. C. (2002), S. 47

21 Van Fraassen, B. C. (2002), S. 44

22 Sogar im Gegenteil, denn die Begründung für den solitären Standpunkt des Subjekts gegenüber den Objekten lastet jetzt nicht mehr auf der 'dogmatischen' Theorie über den Aufbau der Erkenntnis, und der These der Selbstgewissheit des Subjekts, sondern sie liegt, losgelöst von allem, beim Subjekt als unhintergehbarem 'Reflexionsstandpunkt'.

23 Van Fraassen, B. C. (2002), S. 156. Und er expliziert die Bedeutung der 'Objektivierung' in mehrfachem Sinne, als 'objective distancing', 'objective neutralization', und wie bereits gehabt, 'objectifying inquiry'. (Ebenda, S. 156ff.), Und an anderer Stelle: „Science is a paradigm of rational inquiry. To take it as such is precisely to take up one of the most central attitudes in the empiricist stance.“ (Ebenda, S. 63)

24 Siehe dazu Van Fraassen, B. C. (2002), S. 159. Es gehört zum gängigen Selbstverständnis und zur Untugend der Wissenschaftstheorie, über 'die Wissenschaft' im allgemeinen zu philosophieren (nach der Devise 'One size fits all'). So heißt es z.B. auch bei van Fraassen: „As I see it, with some minor adjustments the pattern of objectifying inquiry is certainly general enough to include the sciences and in fact all disciplines pursued with academic discipline.“ (Van Fraassen, B. C. (2002), S. 165). Die Wurzeln dieses Ansatzes liegen natürlich im Versuch der Abgrenzung 'der Wissenschaft' gegenüber der Metaphysik.

25 Van Fraassen, B. C. (2002), S. 162

Veränderung der relevanten Parameter im Zuge des Fortschritts der Physik hat nicht den Charakter einer Widerlegung früherer Aussagen, denn der Maßstab ihrer Beurteilung ist nicht eine ominöse transzendente Realität, sondern die eigenen heuristischen Ansprüche (der Aufweis von Bedingungsbeziehungen).²⁶ Ansprüche, die durch die wachsende Zahl an Phänomenen, die den Gegenstand der physikalischen Forschung bilden, auch immer wieder zu Modifikationen der relevanten Parameter führen, die sich daher mit dem Fortschritt der Physik ebenso verändern, wie ihr 'Bild (Konzept) der Realität'. Dieses ist abhängig vom Forschungsstand, und in diesem Sinne voraussichtlich niemals vollständig abgeschlossen.²⁷

Das liegt aber nicht an der ominösen 'Transzendenz' der Realität, sondern eher im Gegenteil, am Holismus der realen Erkenntnissituation, daran, dass das Subjekt selbst Teil jener Realität ist, die es zu erkennen versucht. Die reale, holistische Erkenntnissituation schließt Gewissheit von vornherein aus. Das hat unmittelbar grundlegende Konsequenzen für die Epistemologie im allgemeinen. Die Konstruktionsleistung des Denkens rückt in den Vordergrund gegenüber der grundsätzlich passiven (rezeptiven) Erkenntnisauffassung der Erkenntnistheorie. Das betrifft nicht nur die Auffassung der Objekte, sondern ebenso die Selbstauffassung des Subjekts, also die Auffassung der gesamten Wirklichkeit.²⁸ Das Konzept von Realität ist daher kein fester Maßstab, den die Epistemologie an die Physik anlegen könnte, die Physik selbst hat vielmehr diesbezüglich ein entscheidendes Wort mitzureden.

Der zentrale Punkt meiner Argumentation ist daher, dass die tief in der neuzeitlichen Philosophie verankerte These vom Primat der Erkenntnistheorie (und die damit verbundenen Paradigmen) selbst das größte Hindernis für eine adäquate Auffassung des Erkenntniskonzepts der Physik (und für das Verständnis ihrer ontologischen Kompetenz) bilden.²⁹ Das epistemologische Verständnis der Physik muss bei ihrer Heuristik anknüpfen, und die Voraussetzung dafür bildet die Anerkennung der realen, holistischen Erkenntnissituation.

Thema des ersten Abschnitts wird daher die Epistemologie sein, deren ontologische Prämissen im allgemeinen, und die (Begründung der) Paradigmen der Erkenntnistheorie (in Konfrontation mit der realen Erkenntnissituation) im besonderen. Das bildet die Vorbereitung für den zweiten Abschnitt, in dem es um die adäquate Auffassung des transzendentalen, generalisierenden Erkenntniskonzepts der Physik geht, und zwar in Konfrontation mit den erkenntnistheoretisch fundierten Anschauungen (und grundlegenden Problemen) der Wissenschaftstheorie. Im dritten Abschnitt geht es schließlich um die Schlussfolgerungen, die sich aus dem transzendentalen Konzept 'Elektrische Ladung', in Bezug auf den ontologischen Status der 'theoretischen Entitäten' der Mikrophysik ziehen lassen.

26 Darin liegt, wie wir später sehen werden, auch der Grund der Erkenntnissicherheit der Physik.

27 Die 'beschreibende' Auffassung der Physik führt sich übrigens dort selbst ad absurdum, wo es um theoretische Entitäten geht. Auch die Auffassung der Physik im Sinne 'bloßer Erklärung' verliert dort ihren Sinn, wo die Erklärung, wie bei den bekannten quantentheoretischen Paradoxien, versagt. In beiden Fällen greift die bloße epistemologische Reflexion (ohne die Thematisierung deren 'Ontologiebeladenheit') zu kurz. Die Richtung der ontologischen Reflexion weist die Physik selbst. Denn die Vorgangsweise der klassischen Physik entzieht den Gegenständen sukzessive ihre Autonomie, ohne sie als Referenzpunkte missen zu können. Dieses Szenario verändert sich aber noch einmal grundlegend mit der Entdeckung der elektrischen und magnetischen Phänomene. Die Gegenstände als Referenzpunkte kommen damit heuristisch aus dem Spiel, sie werden ontologisch abgestuft. Die entscheidende Frage betrifft sodann den ontologischen Status der postulierten theoretischen Entitäten.

28 Auch was die Erkenntnisauffassung betrifft. Van Fraassen selbst schreibt richtigerweise: „There is no way to write a theory of cognition while escaping from our general beliefs about what we and our world are like.“ (Van Fraassen, B. C. (2002), S. 81). Er meint allerdings, die Erkenntnisreflexion (die natürlich ein bestimmtes Erkenntnismodell voraussetzt), sei (weil 'undogmatisch', deshalb auch) unberührt von derlei empirischen Fragen. Wir sind aber nicht nur 'in diese Welt geworfen' („thrown into this imperfect, fallen world, ... engaged in an 'enterprise of knowledge“ [ebenda, S. 82]), sondern wir sind vollkommen Teil dieser Welt.

29 Eine gewisse Schwierigkeit, die sich dabei herausstellen wird, ist allerdings, dass die Physik selbst, aufgrund des Umstands, dass unser Denken und unsere Sprache sehr stark von der naiven Erkenntnisauffassung und dem korrespondierenden Realitätskonzept (Stichwort: 'qualities') durchdrungen ist, in ihrer Selbstreflexion und Selbstdarstellung gewöhnlich nicht entsprechend ihrer tatsächlichen Vorgangsweise differenziert.

Dabei wird die Auseinandersetzung mit dem sogenannten 'Ontischen Strukturenrealismus' im Fokus stehen.

Alle drei Abschnitte sind so konzipiert, dass sie auch für sich genommen verständlich sind.

1. Das zweifelhafte Primat der Erkenntnistheorie

Unser naives Verständnis von Realität, von 'Wirklichkeit', umfasst, wie angedeutet, zwei Aspekte, dessen einen man grob als 'objektiven' (wahrnehmungsbasierten) und dessen anderen man als 'holistischen' (eher erfahrungsbasierten) bezeichnen könnte, und deren Vereinbarkeit in verschiedener Hinsicht bereits der klassischen Metaphysik große Probleme bereitete.

Das 'objektive' Verständnis von Realität ist konstitutives Element unserer Erkenntnisauffassung. Denn Erkenntnis beinhaltet immer auch eine Vorstellung davon, was Erkenntnis ist, und diese besteht im wesentlichen in nichts anderem, als in der Vorstellung der ('mentalen') Beziehung auf etwas, das von der Erkenntnis unabhängig (autonom) in distinkter Form existiert. Dem entspricht ontologisch das Konzept der autonomen Substanz mit bestimmten 'Eigenschaften'. Beide Konzepte, das Erkenntnisconcept und das Realitätsconcept verweisen also aufeinander. Erkenntnis scheint gar nicht anders denkbar zu sein, als unter dieser ontologischen Prämisse. Dieser korrespondiert logischerweise eine passive, rezeptionslastige Erkenntnisauffassung.

Der zweite, 'holistische' Aspekt unseres 'naiven' Verständnisses von Realität, der nichts mit der Erkenntnisvorstellung zu tun hat, besteht in der Auffassung (bzw. Erfahrung) der Realität als etwas Umfassendes, von dem wir auch selbst Teil sind (als Gegenstand unter Gegenständen), auf das wir zugleich in hohem Maße existenziell angewiesen sind (und dem wir zugleich ausgeliefert sind). Dieses Konzept von Realität hat seine Wurzeln in unserer (Lebens-) Erfahrung, unserem Umgang mit den Dingen und unserer Betroffenheit von Ereignissen. Dieser zweite, holistische Aspekt der 'Realität im Ganzen' kommt in Begriffen wie 'Welt' oder 'Natur' zum Ausdruck.

Ein weiterer Gesichtspunkt, der in Verbindung mit diesen beiden Aspekten der Wirklichkeit eine Rolle spielt, ist der der Vergänglichkeit der Dinge, der Unbeständigkeit ihrer Existenz. Man kann das einzelne Seiende daher pauschal als das Unbeständige betrachten, das einem steten Wandel, einem Werden und Vergehen, unterliegt, oder als das Konkrete, tatsächlich Vorhandene, das in seinem bestimmten Sosein über ein gewisses Maß an Kontinuität und Beständigkeit verfügt.³⁰ Das eigentlich Reale ist im einen Fall dasjenige Substrat oder Prinzip, das allem Wandel zugrunde liegt, und sich dabei in allem Wandel gleich bleibt ('die Materie'), und im anderen Fall ist es das konkret vorhandene (wahrnehmbare), substanzhafte, einzelne Seiende (bzw. Soseiende).³¹

Diesen unterschiedlichen ontologischen Betrachtungsweisen entspricht auf epistemologischer Seite eine unterschiedliche Bewertung des Verhältnisses von Wahrnehmung und Denken. Der 'naiven', rezeptionslastigen Erkenntnisauffassung steht im anderen Fall eine Erkenntnisauffassung gegenüber, die vom Primat des Denkens und seiner Prinzipien ausgeht, und sich durch Skepsis gegenüber der unmittelbaren Wahrnehmung hervortut. Es ist diese Strömung, die am Anfang der Philosophie und der 'wissenschaftlichen Befragung' der Natur steht, manifestiert in den divergierenden Standpunkten der vorsokratischen Philosophen.

Die klassische Metaphysik geht dagegen von einer 'naiven', passiven Erkenntnisauffassung aus, gegenstandsbezogen, spezifizierend, klassifizierend, auf der Grundlage der (scheinbar) 'objektiven' Wahrnehmung von Unterscheidungen (mit Unterstützung des Verstandes). Die Annahme, dass diese

30 Wobei Vergänglichkeit und Beständigkeit, wie das Phänomen 'Fortpflanzung' zeigt, auch eine gewisse Symbiose eingehen können.

31 Eine besondere Stellung nimmt in dieser Hinsicht der antike Atomismus ein, der die beiden Sichtweisen verknüpft, indem er den Aspekt der Unbeständigkeit der konkreten Dinge unserer Wahrnehmung mit der These konkreter (substanzhafter), unteilbarer und unvergänglicher Entitäten verknüpft, die gesetzmäßig, auf synthetische Weise, alle unbeständigen Dinge hervorbringen.

Unterscheidungen, in Form von Allgemeinbegriffen (Universalien), eine direkte Entsprechung 'in den (konkreten, einzelnen) Dingen' selbst haben, bezeichnet man als Universalienrealismus. Das Einzelne, Konkrete, ist damit immer zugleich ein 'spezifisch Allgemeines', insofern ist Erkenntnis eben im wesentlichen aufzufassen im Sinne von 'passiver Rezeption' (Wahrnehmung). Platon und Aristoteles bestimmen innerhalb dieses Rahmens das Verhältnis von konkretem Einzelem und spezifisch Allgemeinem je unterschiedlich, und ihre Sichtweisen und Positionen reflektieren dabei zwei grundlegende Probleme, die beide an der Schnittstelle von Realität und Erkenntnis, von Ontologie und Epistemologie liegen.

Platon räumt dem Allgemeinen (den Ideen) den ontologischen Vorrang ein. Denn die Welt in der Weise, wie wir sie wahrnehmen, besteht zwar aus einzelnen Gegenständen verschiedenster Art, die wir erkennen, indem wir sie kategorisieren, d.h. indem wir ihnen bestimmte Allgemeinbegriffe ('Ideen') zuordnen. Die entsprechenden Gegenstände selbst mögen sich in vielem unterscheiden (z.B. in ihrer Größe, Gestalt und Farbe etc.) und außerdem unbeständig sein, unsere Ideen sind davon jedoch gänzlich unberührt. Platon zieht daraus (in seinem berühmten Höhlengleichnis) den Schluss, dass die reinen Ideen das eigentlich Reale sind, und damit auch der einzig würdige Gegenstand der Erkenntnis (im Sinne von 'Ideenschau'). Die konkreten, sinnlich wahrnehmbaren, vergänglichen Dinge sind hingegen nur unvollkommene (schemenhafte) Abbilder des wahren Seienden. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass der in sich selbst meist wenig schlüssige, eher indizienhafte Charakter der Wahrnehmung der Dinge ein getreues Abbild ihrer realiter verworrenen, laufenden Veränderungen unterworfenen, Existenz ist.

Aristoteles räumt dagegen dem konkreten Einzelnen den ontologischen Vorrang ein, und ordnet demgemäß die Universalien unmittelbar dem konkreten Sosein der Dinge zu, er vertritt einen ontischen Universalienrealismus. Dieser führt allerdings via 'spezifische Allgemeinheit' zum Problem der Dialektik. Denn jeder Begriff verweist so (wie sich anhand seiner Definition zeigt) über sich hinaus auf andere, allgemeinere Begriffe. Dieser begriffliche Holismus führt (in seiner strengen Ausprägung in Form der Klassifikation) im Kontext des ontischen Universalienrealismus zu einer stufenweisen Dialektik, in letzter Konsequenz aufsteigend bis zum Gedanken des 'absolut Allgemeinen', der 'absoluten Substanz'. Damit gerät aber der Pfeiler des Realitätskonzepts der klassischen Metaphysik, die Autonomie der einzelnen Substanz, ins Wanken.³² Und epistemologisch kommt damit, neben der Wahrnehmung und dem Verstand ein weiteres 'Erkenntnisvermögen' ins Spiel, die Fakultät der (rationalen, 'spekulativen') Vernunft.

Die Deklaration von Wahrnehmung, Verstand und Vernunft als 'Erkenntnisvermögen', als einer 'Eigenschaft des Menschen', ist einerseits dem Substanzdenken geschuldet, das die 'dynamischen' Aspekte der Wirklichkeit generell nur im Wege der Zuordnung zu den 'konkreten', als 'Potential' oder als 'Streben' verbuchen bzw. auffassen kann. Andererseits ist sie aber auch dem Umstand geschuldet, dass die Annahme einer eindeutigen Korrespondenz zwischen 'objektiver Bestimmtheit' und 'objektiver Wahrnehmung' unter den Bedingungen des Holismus der Erkenntnissituation, von dem die ja Metaphysik ausgeht, 'realiter' (ohne 'Vogelperspektive') nicht nachvollziehbar ist. Erkenntnis wird als schlichtes Faktum verbucht und bleibt daher ein Mysterium.

Mit dem Zweifel des Nominalismus an der konkreten Realität der Universalien tritt schließlich die Erkenntnistheorie in ihr Recht. Denn dieser Zweifel entzieht der naiven, rein passiven (rezeptiven) Erkenntnisauffassung die Grundlage, und setzt damit die Frage der Erkenntnis erstmals als Problem in vollem Umfang (im Sinne einer aktiven Tätigkeit) auf die Agenda der Philosophie. Allerdings schränkt die Erkenntnistheorie die Frage der Erkenntnis von vornherein stark ein, durch ihren Fokus auf die bloße Frage der 'Gewissheit'. Das heißt, sie hält grundsätzlich am metaphysischen (gegenstandsbezogenen, spezifizierenden) Erkenntniskonzept fest, ebenso an der grundsätzlich

32 Die ontologischen Konsequenzen finden sich am radikalsten übrigens bei Spinoza ausgedrückt. Er denkt den Gedanken des 'absolut Allgemeinen' konsequent zu Ende, indem er alles einzelne Seiende als bloße 'Attribute' der 'einen', absoluten Substanz auffasst. Eine Art von metaphysischem 'Reduktionismus'.

passiven, rezeptiven Erkenntnisauffassung. Die Rolle des Denkens (des 'Verstandes') ändert sich durch den (formalen) Verzicht auf die Annahme des Universalienrealismus allerdings dahingehend, dass seine Tätigkeit nicht mehr vorwiegend passiv, 'nachvollziehend' (klassifizierend), sondern aktiv (kategorisierend) aufgefasst wird, und zwar auf Basis der subjektiven Sinneseindrücke.³³ Diese sind es, die nun als inhaltliche Grundlage und Ausgangsmaterial des Denkens, und (in der empiristischen Tradition) als Quelle der Gewissheit bzw. Erkenntnissicherheit aufgefasst werden.³⁴

Die Assoziation der Sinneseindrücke mit Gewissheit (sofern diese sich nicht bloß auf den Akt der Perzeption beschränken soll) setzt deren grundsätzliche Eindeutigkeit voraus. Das setzt zum einen die Vorstellung einer unabhängig vom Denken ('objektiv') bestimmten Realität voraus, deren 'Signale' wir durch das Denken zu einem 'objektiven' Bild der Realität zusammensetzen versuchen, und es unterstellt bzw. verlangt zum anderen aber auch die Eindeutigkeit der Signale selbst. Hier beginnt es sich allerdings zu spießen. Denn spätestens dort, wo es nicht bloß um diskrete Qualia (Farben und Formen), sondern um Inhalte geht, kommt die Deutung ins Spiel, hört sich die Eindeutigkeit (ohne gleichsam 'blind' verfügbare Deutungsschemata) auf. Das heißt, Eindeutigkeit und damit Gewissheit kommt den Sinneseindrücken höchstens in der Weise zu, dass man sie als 'eindeutiges Indiz' auffasst, indem man ihnen also eine Deutung semantisch zuordnet, ihnen eine Bedeutung gibt, bzw. einen verfügbaren Raster zur Anwendung bringt.³⁵

Subjektive Gewissheit ist deshalb nicht notwendig gleichbedeutend mit objektiver Erkenntnis. Es ist aber genau diese Assoziation, und zwar in umgedrehter Form, d.h. die Assoziation von ('echter') Erkenntnis mit Gewissheit (hinter der in versteckter Form der alte Universalienrealismus steht), durch die die subjektive Gewissheit von der Erkenntnistheorie zum Kriterium echter Erkenntnis erhoben wird. Und insofern die subjektive Gewissheit (als Kriterium der Legitimation von Erkenntnis) von der Auffassung und Beurteilung des 'Erkenntnisvermögens' abhängt, schlüpft die Erkenntnistheorie damit in die Rolle der 'prima philosophia'.

Hinter dem erkenntnistheoretischen Anspruch der 'Legitimation von Erkenntnis' stecken also eine Unzahl an unterschiedlichsten Annahmen. Begonnen bei den ontologischen Prämissen, die der naiven Erkenntnisauffassung und dem metaphysischen Erkenntniskonzept zugrunde liegen (nicht zuletzt der Annahme der beiderseitigen Autonomie), bis zu der Vorstellung von den diversen 'Erkenntnisvermögen', die ihrerseits wieder mit unterschiedlichen Konstrukten (wie z.B. die Wahrnehmung mit den 'Sinneseindrücken') unterlegt werden, die wiederum ihrerseits verschiedene Konnotationen und Assoziationen mit sich führen. Das alles ist Teil dessen, was ich als 'Paradigmen der Erkenntnistheorie' bezeichnen würde, und in dieser Hinsicht unterscheidet sie sich auch nicht grundsätzlich von 'normalen' Wissenschaften. Das folgenreichste Paradigma der Erkenntnistheorie

33 Ich spreche hier nur von der empiristischen Tradition, denn der Rationalismus, der vor allem von Descartes und Leibniz repräsentiert wird, vertraut nur den Prinzipien des Verstandes. Descartes benutzt den methodischen Zweifel und die Gedankenfigur der Gewissheit im Grunde nur dazu, die zu seiner Zeit dominante (in ihrer religiösen Ausprägung sogar einzig zulässige) metaphysische Weltsicht (mit einem Schlag) beiseite schieben zu können, um an ihre Stelle das physikalische Erkenntniskonzept (konzipiert als Forschungsprojekt) zu setzen. Und zwar ausgehend von der Substitution der konkreten Gegenstände durch das Generalkonzept der 'res extensa' (als Ausgangsbasis der Aufgabe einer wissenschaftlichen Rekonstruktion der konkreten Gegenstände), und dabei ausschließlich vertrauend auf den eigenen Verstand, dessen Prinzipien er zur (eigenen?) Sicherheit als 'gottgegeben' betrachtet. Diese 'göttliche Versicherung' unterscheidet sich insofern grundlegend vom Kantischen Weg der Verankerung der Kategorien des Verstandes im Subjekt (als transzendente Bedingung der Möglichkeit der 'Synthese der Sinneseindrücke'), als das Vertrauen auf Gott auch angezweifelt werden kann, und damit auch die Prinzipien (Kategorien) des Denkens, von denen wir gewöhnlich ausgehen. Sie sind also nicht grundsätzlich unhinterfragbar, wie das bei Kant der Fall ist.

34 Womit allerdings keineswegs ausgemacht ist, wie weit diese Gewissheit (vor allem in Bezug auf die physikalische Erkenntnis) 'trägt'. In gewisser Weise kommt mit dem Vertrauen in die 'sinnliche Gewissheit' bzw. die 'Gegebenheit' der Sinneseindrücke der Universalienrealismus 'durch die Hintertür' (als 'Universalienpräsentismus') wieder herein.

35 Die Quelle der Eindeutigkeit (bzw. überhaupt der Deutung) der Signale liegt in der Erkenntnistheorie vollkommen im Dunkeln, sie nimmt von diesem Problem aber gar keine Notiz. Man kann allgemein sagen, das eigentliche Problem der Erkenntnistheorie ist, dass sie die Einwände des Nominalismus gegen den Universalienrealismus nie wirklich ernst genommen hat. Das betrifft auch ihre eigenen Universalien (Begrifflichkeit).

entspringt allerdings der genannten Assoziation von Erkenntnis mit Gewissheit, die dazu führt, dass die reale, holistische 'Erkenntnissituation' in eine lineare 'Erkenntnisbeziehung' umgedeutet wird, in das Modell der Subjekt-Objekt-Beziehung. Folgenreich ist dieses Paradigma vor allem durch die damit verbundene 'Unhintergebarkeit des Subjekts',³⁶ wodurch die Erkenntnistheorie zur letzten Instanz in allen Erkenntnisfragen wird. Darauf beruht das 'Primat der Erkenntnistheorie', ihr Anspruch der 'Legitimation' von Erkenntnis. Besonders folgenreich ist dieses Paradigma vor allem für die philosophische Reflexion über die Wissenschaft im allgemeinen, und für das Verständnis der Physik als Paradewissenschaft im besonderen.³⁷

In Wahrheit stellt dieses lineare Beziehungsmodell von Erkenntnis (mit seiner Annahme der strengen 'Transzendenz der Gegenstände') aber eine völlige Verzerrung der 'realen', holistischen Erkenntnissituation dar. Diese ist per se deutungsoffen, weil sie keinen fixen Anhaltspunkt bietet. Das 'reale', empirische Subjekt nimmt sich selbst (reflektierend oder auch unreflektiert) als Teil eines Ganzen (seiner Umgebung, oder der 'Wirklichkeit') wahr, in dessen Rahmen es die Gegenstände und sich selbst, kategorisierend, analysierend und reflektierend, nur mühsam begreift, ohne festen, eindeutigen Anhaltspunkt, im wesentlichen nur anhand mehr oder minder grober Schemata.³⁸ Das 'empirische Subjekt' verfügt daher über keine 'Erkenntnissicherheit', weder die Gegenstände, noch sich selbst betreffend. Auch nicht was seine Stellung im Rahmen 'des Ganzen' (sowie die verworrenen Beziehungen zu diesem und dessen 'Teilen') betrifft, denn die Transzendenz der Gegenstände ist (wie unser Umgang mit ihnen zeigt) beileibe keine strenge.³⁹ Das bedeutet, dass der unmittelbaren Wahrnehmung als solcher kein 'Offenbarungscharakter', sondern grundsätzlich ein (bloßer) 'Indiziencharakter' zukommt, weshalb die Konstruktionsleistung des Denkens (des 'Verstandes') grundlegend in Bezug auf jedwede Art von Erkenntnis ist.⁴⁰ Die grundsätzlich passive (rezeptive) Erkenntnisauffassung der Metaphysik und der Erkenntnistheorie (die bereits in ihrer Rede von 'Erkenntnisvermögen' zum Ausdruck kommt) ist nicht haltbar.⁴¹ Unsere Erkenntnis kann aufgrund des Holismus der realen Erkenntnissituation den Status der 'Deutung' grundsätzlich nicht überschreiten.⁴² Das trifft nicht zuletzt auch auf die Erkenntnisauffassung selbst zu. Denn diese ist nichts anders, als eine Deutung unserer Erkenntnisbeziehung(en) auf Basis der (wissenschaftlich durchaus nicht unzweifelhaften) Annahme der beiderseitigen Autonomie (welche wiederum die Grundlage und notwendige Bedingung für die Idee der 'Gewissheit' ist).

Mit Blick auf die Wissenschaftstheorie ist zunächst vor allem wesentlich, dass sich die Umdeutung der realen Erkenntnissituation in eine lineare Beziehung begründungstechnisch ausschließlich der zweifelhaften Assoziation von Erkenntnis mit Gewissheit verdankt, und deren Ummünzung in eine

36 Das erkennende Subjekt wird dadurch zu einer reinen (epistemisch unhintergehbaren) Instanz (streng geschieden von allen Gegenständen der Erkenntnis, denen es daher in vollkommener Transzendenz gegenübersteht). Auf Descartes trifft das übrigens nicht zu, denn er transzendiert beide 'summa genera', 'res extensa' und 'res cogitans' noch einmal mit Bezug auf eine höchste Substanz einen gemeinsamen Ursprung (Gott). Er führt damit, abstrakt betrachtet, einen reduktionistischen Gedanken ein.

37 Den konkreten Link der Erkenntnistheorie zur Physik bildet dabei die Abmilderung des Kriteriums der Gewissheit zur Erkenntnissicherheit, und deren Assoziation mit dem manifesten Erkenntnisfortschritt der Physik.

38 Dass die holistische Erkenntnissituation außerdem eine existenzielle Situation ist, darauf verweisen übrigens die Schemata selbst. Es gibt wenig in unserer Umwelt, das nicht durch seinen Gebrauch oder seinen Nutzen oder seine Wirkung auf uns 'definiert' ist, selbst das Wetter oder der Computer. Ein 'objektiveres' Bild (wie z.B. in der Metaphysik) ergibt sich erst, wenn der Bezugsrahmen verändert (bzw. erweitert) wird (wenn es um den Zusammenhang des 'Ganzen', und damit auch um die Deutung unserer selbst geht). Der Verweis unserer üblichen Schemata (als Raster der Wahrnehmung) auf Gebrauch oder Nutzen erinnert übrigens an die Bedeutung des Begriffs 'Rezeption' in der Biologie.

39 Geht man (wissenschaftlich) vom Gegenteil, von Immanenz (als Grundzustand) aus, so lässt sich feststellen, dass (die Genese von) Selbstbewusstsein die Bedingung der Möglichkeit ist, überhaupt etwas 'von sich' zu unterscheiden.

40 Man denke z.B. an die Beobachtung eines Spieles! In diesem Punkt besteht natürlich eine Nähe zum Rationalismus.

41 Da sie aber gleichzeitig 'erfahrungsmäßig' nicht von der Hand zu weisen ist, wird sich eine künftige Theorie der Erkenntnis auf wissenschaftlicher Grundlage letztlich auch dieses Charakterzugs annehmen müssen.

42 Die Deutung wird üblicherweise 'unterstützt' durch semantische Konventionen. Erst in Kontrast dazu wird sich die Bedeutung und Tragweite des Erkenntniskonzepts der Physik in vollem Umfang erschließen!

Anforderung an die Wissenschaft. Es ist das bleibende Verdienst des Neopositivismus, dieser 'Begründung' demonstrativ (durch das Scheitern der Intention seines apologetischen Ansatzes) die Grundlage entzogen zu haben.⁴³ Dieses Scheitern lässt im Grunde nur einen Schluss zu, nämlich die Preisgabe des Ideals der Gewissheit als Maßstab der Erkenntnis, und damit auch die Abkehr vom linearen Beziehungsmodell von Erkenntnis (als methodische Implikation), und folglich die Akzeptanz der realen, holistischen Erkenntnissituation als Grundlage der Erkenntnisreflexion. Dieser Schluss bedeutet in Hinblick auf die Wissenschaftstheorie zunächst einmal nichts anderes, als den erkenntnistheoretischen Anspruch der 'Legitimation' in Bezug auf die Physik aufzugeben, und sich der unvoreingenommenen Reflexion des Erkenntniszugangs der Physik zuzuwenden.⁴⁴

Der Schluss, den die nachfolgende Wissenschaftstheorie auf die Herausforderung durch das Scheitern des neopositivistischen Ansatzes gezogen hat, war bekanntlich ein anderer. Nämlich das Festhalten am Ideal der Gewissheit und am linearen Beziehungsmodell von Erkenntnis, allerdings mit dem Unterton der Resignation (im Sinne der Beschränkung des Anspruchs).

Das Paradox der Wissenschaftstheorie besteht im Grunde darin, dass sie die von ihr selbst propagierte These vom hypothetischen Status der wissenschaftlichen Theorien nicht auch auf die 'Erkenntnistheorie', also ihre eigene Grundlage, appliziert (was einer unmittelbaren Anerkennung der realen Erkenntnissituation gleichkäme), sondern (unbeeindruckt von ihren eigenen Einsichten, die für eine solche Anerkennung sprechen) am Primat der Erkenntnistheorie festhält.⁴⁵ Dieses Festhalten führt auch dazu, dass die Wissenschaftstheorie nicht nur die epistemologische, sondern ('vermöge' der ontologischen Prämissen der Erkenntnistheorie) implizit auch die ontologische Deutungshoheit über die Erkenntnisse der Physik behauptet, während diese umgekehrt drauf und dran ist, nicht weniger als das Fundament der Erkenntnistheorie, nämlich das gegenständliche Verständnis von Realität, (schrittweise) zu demontieren.

Das alles spricht in Summe weniger für die wissenschaftliche Fundiertheit der Erkenntnistheorie, als für ihre Suggestionskraft.⁴⁶ Diese hat ihren Grund nicht zuletzt darin, dass jede Form von Erkenntnistätigkeit (auch die Physik), eine bestimmte Auffassung von Erkenntnis immer schon implizit voraussetzt, wir aber bislang über keine andere Erkenntnisauffassung verfügen, als über die 'naive' (mit ihren 'theoretischen' Ausformungen). Es macht aber einen Unterschied, ob man eine bestimmte Auffassung von Erkenntnis (mangels bisher vorhandener Alternativen) provisorisch annimmt, also (unter Vorbehalt oder einfach unreflektiert) zum Ausgangspunkt nimmt, oder zur dezidierten Grundlage, wie es die Wissenschaftstheorie tut.

Die Akzeptanz der realen, holistischen Erkenntnissituation als Grundlage und Ausgangspunkt der Erkenntnisreflexion zwingt jedenfalls dazu, den Erkenntniszugang der Physik, ihr spezifisches Erkenntnisconcept, unvoreingenommen, bzw. unbeeinflusst von den Paradigmen (und 'Idealen') der Erkenntnistheorie in Augenschein zu nehmen. Ausgehen möchte ich dabei aber zunächst von den beiden Eckpunkten des heuristischen Zugangs der Wissenschaftstheorie zur Physik, nämlich bei

43 Ich habe bereits vor einiger Zeit in einem kleinen Aufsatz mit dem Titel „Das epistemologische Paradigma der Wissenschaftstheorie“ darauf hingewiesen, dass im Grunde genommen die gesamte (daran anschließende) Entwicklung der Wissenschaftstheorie, nicht anders gedeutet werden kann, denn als eine Dekonstruktion des grundlegenden 'ideellen' Paradigmas der Erkenntnistheorie, der Idee der Gewissheit als Maßstab der Erkenntnis.

44 Quine vollzieht zwar den Schritt der 'Preisgabe des Ziels einer Ersten Philosophie' (Quine, W. V. O. (1991), S. 94), allerdings ohne die Paradigmen der Erkenntnistheorie selbst in Frage zu stellen. Er begründet seinen Sprung zum 'Naturalismus' daher rein dezisionistisch, wenn er schreibt: „Die andere negative Quelle des Naturalismus ist der unbereute Realismus, die robuste Geisteshaltung des Naturwissenschaftlers, der nie irgendwelche Bedenken empfunden hat, die über die wissenschaftsinternen, überwindbaren Ungewißheiten hinausgingen.“ (Ebendort). Sein 'Naturalismus' propagiert einen Glauben an die Wissenschaft, der durch die Wissenschaftstheorie nicht gedeckt ist.

45 Vollends inkonsistent wird dieses Verhalten übrigens, wenn Wissenschaftstheoretiker zu Fragen der Philosophie des Geistes Position beziehen, und dabei einer künftigen Erklärung des 'Phänomens Erkenntnis' durch die empirischen Wissenschaften das Wort reden.

46 Das Defizit an 'wissenschaftlicher Fundiertheit' wird meist kompensiert durch Autorität, durch die Referenzierung 'großer Namen'.

ihren beiden Grundproblemen, dem Abgrenzungsproblem und dem Induktionsproblem.

2. Das physikalische Erkenntniskonzept

Das sogenannte 'Abgrenzungsproblem', nämlich die Frage nach einem zuverlässigen Kriterium der Abgrenzung der empirischen Wissenschaft, respektive der Physik, gegenüber der Metaphysik,⁴⁷ bildet den historischen Ausgangspunkt der Wissenschaftstheorie, der ihren methodischen Ansatzpunkt hervortreibt. Bemerkenswert ist an der Fragestellung, dass sie schon in ihrer Formulierung offen zum Ausdruck bringt, dass die Wissenschaftstheorie bezüglich des Erkenntniskonzepts keinen Unterschied zwischen der Metaphysik und der Physik macht, und die 'ersehnte' Abgrenzung daher nur die Rolle der Empirie, in Verbindung mit dem Thema der 'Erkenntnissicherheit' betreffen kann. Die fundamentalen heuristischen Unterschiede zwischen Metaphysik und Physik finden im linearen Beziehungsmodell von Erkenntnis keinen Platz. Die beiden, vom Neopositivismus und vom Kritischen Rationalismus ins Treffen geführten Kriterien, 'Verifizierbarkeit' vs. 'Falsifizierbarkeit', reflektieren demgemäß auf ihre Weise (bezogen auf das Thema der Rechtfertigung des Erkenntnisanspruchs) zwei unterschiedliche Sichtweisen der Rolle der Empirie in Bezug auf den wissenschaftlichen Status der Theorien.

Der Unterschied der beiden Kriterien erklärt sich aus der unterschiedlichen Haltung zur Frage der Induktion. Der Neopositivismus geht davon aus, die empirische Wissenschaft gelange auf dem Weg der Induktion (durch die 'induktive Methode') von der Beobachtung zu ihren Theorien. Darin steckt die grundlegende Annahme, dass es eine logische Brücke zwischen Beobachtung und Theorie gebe, nämlich den 'Induktionsschluss', dass die Theoriebildung mithin ein rational nachvollziehbarer Vorgang sei. Der Kritische Rationalismus bestreitet diese Annahme.

Der Gedanke der Induktion, des Schlusses vom Einzelnen (d.h. der einzelnen Erfahrung oder Beobachtung) auf das Allgemeine (eine Aussage mit allgemeinem Geltungsanspruch), gehört zum Standardinventar der empiristischen Erkenntnisauffassung. Der Gedanke ist einleuchtend (man denke an das beliebte Beispiel des Satzes 'Alle Schwäne sind weiß'), stößt in Hinblick auf die Physik aber auf zwei Probleme. Das eine Problem besteht darin, dass es sich bei physikalischen Aussagen meist um solche mit 'gesetzesartigem' Charakter handelt ('Naturgesetze'), die einen normativen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erheben, der durch bloße Verallgemeinerung logisch nicht begründet werden kann. Das ist das eigentliche 'Induktionsproblem'. Damit verknüpft ist aber noch ein zweites, das darin besteht, dass physikalische Aussagen dem Anschein nach so etwas wie 'kausale Verknüpfungen' zum Gegenstand haben, deren Beobachtbarkeit schon prima vista zweifelhaft erscheint. Wie David Hume schreibt: „When we look about us towards external objects, and consider the operation of causes, we are never able, in a single instance, to discover any power or necessary connexion; any quality, which binds the effect to the cause, and renders the one an infallible consequence of the other. We only find, that the one does actually, in fact, follow the other.“⁴⁸ Die Notwendigkeit der Verknüpfung ist in der Tat niemals aus der bloßen Beobachtung ableitbar, insofern steht der Induktionsschluss im Falle der Physik von Anfang an auf schwachen Beinen.⁴⁹

Es stellt sich allerdings im Hinblick auf den Induktionsschluss ganz allgemein die Frage, was denn

47 In der Formulierung von Karl Popper: „Die Aufgabe, ein solches Kriterium zu finden, durch das wir die empirische Wissenschaft gegenüber Mathematik und Logik, aber auch gegenüber 'metaphysischen' Systemen abgrenzen können, bezeichnen wir als *Abgrenzungsproblem*.“ (Popper, K. R. (1976), S. 9)

48 Hume, D. (1975), S. 63

49 Versucht man die gedankliche Herstellung einer kausalen Verknüpfung selbst induktiv zu begründen, also durch die wiederholte Beobachtung, so würde das, wie Karl Popper schreibt, „ein Induktionsprinzip höherer Ordnung voraussetzen“, und zu einem „unendlichen Regreß“ führen. (Siehe Popper, K. R. (1976), S. 5). Ein strenger und universeller Determinismus ist auf solcher Basis schon gar nicht zu begründen. Der Glaube daran muss eine andere Wurzel haben.

eigentlich konkret an den Beobachtungen 'verallgemeinert' wird. Gegenstand der Beobachtungen sind offenbar individuelle Gegenstände, ihre Eigenschaften und ihre (dynamischen) Beziehungen und Wirkungen. Worauf nimmt die Verallgemeinerung überhaupt Bezug? Die übliche Auffassung ist offenbar, die Verallgemeinerung (im Wege der Theoriebildung) beziehe sich unmittelbar auf die Beobachtung des 'Zusammenhangs' zwischen dem Gegenstand (mit seinen Eigenschaften) und der Wirkung. Sie schließt also die Beobachtung via 'Verallgemeinerung' direkt mit der Theorie kurz. In dieser Form sind die „Schwierigkeiten der Induktionslogik“, wie Karl Popper schreibt, tatsächlich „unüberwindlich“. ⁵⁰ Er konstatiert deshalb, dass „der Schluß von den durch 'Erfahrung' verifizierten besonderen Aussagen auf die Theorie ... logisch unzulässig [ist]. Theorien sind somit niemals empirisch verifizierbar.“ ⁵¹ Und er zieht daraus den weiteren Schluss: „Das Aufstellen der Theorien scheint uns einer logischen Analyse weder fähig noch bedürftig zu sein.“ In der Folge ordnet er die „Frage, wie es vor sich geht, daß jemandem etwas Neues einfällt“ ⁵² als Thema (unter Bezugnahme auf Kant) der bloßen 'Erkenntnispsychologie' zu, ⁵³ wohingegen „die Aufgabe der Erkenntnistheorie oder Erkenntnislogik“ darin bestehen soll, „daß sie lediglich die Methoden der systematischen Überprüfung zu untersuchen hat, der jeder Einfall, soll er ernst genommen werden, zu unterwerfen ist.“ ⁵⁴ Poppers Vorschlag betreffend die angesprochene Methode besteht in der „deduktive[n] Überprüfung der Theorien“, der Ableitung von empirisch überprüfbaren Aussagen „aus der vorläufig unbegründeten Antizipation, dem Einfall, der Hypothese“. ⁵⁵ Seine Antwort in Betreff des 'Abgrenzungsproblems' (also die Frage nach einem Kriterium der Unterscheidung zwischen bloß 'spekulativer Metaphysik' und 'empirischer Wissenschaft') besteht demgemäß in der Propagierung des Kriteriums der 'Falsifizierbarkeit'. Denn „nur solche Sätze (Satzsysteme) sagen etwas über die 'Erfahrungswirklichkeit' aus, die an ihr scheitern können.“ ⁵⁶ Der 'reale' Bezug der Theorien auf die transzendente Realität ist also nicht in rational nachvollziehbarer Weise begründbar, sondern bloß 'teilentscheidbar', via doppelte Negation. Denn der Stellenwert einer möglichen 'Bestätigung' der Theorie durch ein Experiment (vermittels der Deduktion von empirisch überprüfbaren Aussagen) besteht logisch gesehen nur im Nachweis des 'Nicht-Scheiterns' (das in vager Form als 'Annäherung an die Wahrheit' gedeutet werden kann).

Ich denke aber, dass Popper die Flinte der rationalen Begründbarkeit der physikalischen Theorien zu früh ins Korn wirft, und zwar weil seine Position auf die Lösung des Induktionsproblems abzielt. Dessen Darstellung (in Form des Kurzschlusses der Beobachtung via 'Verallgemeinerung' mit der Theorie) ⁵⁷ lässt aber, wie ich meine, soweit es die Physik betrifft einen wesentlichen Punkt außer Acht. Denn die Vorgangsweise der Physik stützt sich nicht auf die Beobachtungen per se (als 'empirisches Fundament'), und sie geht auch nicht einfach pauschalisierend vor, sondern sie achtet vielmehr zunächst (als erster 'methodischer' Schritt) auf die Vergleichbarkeit der Beobachtungen. ⁵⁸

50 Popper, K. R. (1976), S. 5

51 Popper, K. R. (1976), S. 14. Wobei seine Definition von 'Theorie' ganz unspezifisch lautet: „Wissenschaftliche Theorien sind allgemeine Sätze.“ (Ebenda, S. 31)

52 Popper, K. R. (1976), S. 6. Siehe dazu Poppers instruktive und ausführliche Kritik an „the assertion that Newton's theory was derived from observation“, in dem Aufsatz: „On the status of science and of metaphysics“ (in: Popper, K. R. (1978), S. 184ff.)

53 Die Reduktion der Kantischen 'transzendentalen Logik' auf bloße 'Erkenntnispsychologie' enthält natürlich auch eine Spitze gegen Kant.

54 Popper, K. R. (1976), S. 6. Man spricht diesbezüglich von der Trennung von 'Entdeckungszusammenhang' (bzw. 'Entstehungszusammenhang') und 'Rechtfertigungszusammenhang'.

55 Popper, K. R. (1976), S. 7

56 Popper, K. R. (1976), S. 255. Auf der Folgeseite heißt es: „Man könnte somit ... die 'Wirklichkeitswissenschaften' durch den Satz definieren: *Insofern sich die Sätze einer Wissenschaft auf die Wirklichkeit beziehen, müssen sie falsifizierbar sein, und insofern sie nicht falsifizierbar sind, beziehen sie sich nicht auf die Wirklichkeit.*“

57 Diese Form von Verallgemeinerung entspricht im wesentlichen der Methode der Metaphysik, nämlich der Subsumtion auf der Basis von Analogiebildung. Siehe ihre Erklärung des Verhaltens der Gegenstände im Sinne eines 'Strebens'. Das Konzept der 'Kausalität' als 'Prinzip der Erklärung' spielt eine ähnliche Rolle, und entspricht (bzw. verdankt sich) dem metaphysischen (gegenstandsbezogenen) Erkenntniskonzept der Erkenntnistheorie.

58 Aus dieser Sicht ersetzt Kant den Kurzschluss der Theorie mit der Beobachtung nur allzu schnell durch den

Doch dieser Schritt der Herstellung von Vergleichbarkeit erfolgt nicht ziellos.

Denn weder die Beobachtungen als solche, noch dieser methodische Schritt bildet den tatsächlichen Ausgangspunkt ihrer Theoriebildung, sondern ihr heuristischer Zugang zu den Gegenständen (bzw. die Fragen, die sie an 'die Natur' stellt). Gegenstand der Beobachtungen sind, wie oben gesagt, individuelle Gegenstände, ihre Eigenschaften und ihre (dynamischen) Beziehungen und Wirkungen. Im Unterschied zur Metaphysik richtet die Physik den Fokus aber nicht auf die Gegenstände selbst, sondern auf ihr Verhalten, also auf ihre (dynamischen) Beziehungen und Wirkungen. Die Physik bekümmert sich m.a.W. gar nicht um die individuellen Gegenstände als solche, ihr Interesse gilt vielmehr der Frage nach dem Grund und (in Verbindung damit) der Gesetzmäßigkeit ihres dynamischen Verhaltens. Das Ziel ist nicht Beschreibung der Gegenstände, sondern Begründung ihres Verhaltens.

Das Erkenntniskonzept der Physik, ihr heuristischer Zugang zu den Gegenständen, besteht ganz allgemein in der Frage nach dem 'Grund' des Verhaltens der Gegenstände, und zwar in der Weise des Versuchs, Gesetzmäßigkeiten, im Sinne exakter Korrelationen, zwischen den Gegenständen 'im allgemeinen' und ihrem dynamischen Verhalten aufzudecken.⁵⁹ Ihr Bezug auf die Gegenstände ist daher ein mittelbarer. Das spezifische Erkenntniskonzept der Physik (ihr heuristischer Zugang) ist also, in deutlichem Kontrast zur Metaphysik, nicht gegenstandsbezogen, spezifizierend (im Wege der Unterscheidung und Kategorisierung), sondern transzendental und generalisierend.⁶⁰

Der transzendente heuristische Zugang kommt in der generellen Betrachtung der dynamischen Beziehungen und Wirkungen der Gegenstände als 'Phänomene' zum Ausdruck. Diese Qualifizierung dokumentiert den Anspruch der Begründung in einem allgemeinen, über die 'kausale Erklärung' des Einzelfalls hinausgehenden, Sinn.⁶¹ Und sie dokumentiert auch, dass die Physik der Beobachtung (mitsamt ihrer unmittelbaren 'Evidenz') bloßen Indiziencharakter einräumt.⁶²

Der Schlüssel zu einem adäquaten epistemologischen Verständnis der Physik liegt aber – wie das Induktionsproblem deutlich macht – beim Thema Generalisierung (Verallgemeinerung). Der springende Punkt dabei ist, kurz gesagt, dass die Generalisierung nicht nur Ziel, sondern auch Mittel der Theoriebildung ist. Das heißt, es ist nicht die Generalisierung der unmittelbaren Beobachtungen, die (auf logisch unbegründbaren Wegen, via Induktion oder Intuition) von der

Kurzschluss mit der Intuition.

59 Bezeichnend für die erkenntnistheoretische Deutung der Rolle der Heuristik in Bezug auf die Physik erscheint mir die Darstellung bei van Fraassen, der im Anschluss an ein diesbezügliches Kant-Zitat schreibt: „I cannot emphasize this too much: ... these forms of objectification in science ... are among the very keys to success of our modern science.“ (Van Fraassen, B. C. (2002), S. 159). Die Herstellung von Korrelationen wird also unter 'objectification' verbucht, und damit sofort in das Schema 'Transzendenz' und 'Beschreibung' eingeordnet. Gleich darunter spricht van Fraassen übrigens von der 'relativity revolution' die bereits mit der antiken Astronomie begonnen habe.

60 Der Begriff 'transzendental' ist dabei natürlich (entgegen dem Kantischen Verständnis) in subjektungebundenem Sinn zu verstehen. Transzendente (physikalische) Konzepte sind schlicht solche, die einen heuristischen Zweck erfüllen, bzw. heuristischen Ursprungs sind

61 In diesem Sinn transzendiert der Begründungsanspruch der Physik das bloße Kausalprinzip, denn dieses ist ja ein rein heuristisches Prinzip, das im Grunde mit jeder Art von Erklärung, auch teleologischen, animistischen, religiös-fatalistischen etc. Erklärungen vereinbar ist (in Abhängigkeit vom 'Weltbild'). Er bezieht sich also auf jene Ebene der (Deutung der) Wirklichkeit, die vom Kausalprinzip als solchem nicht spezifiziert wird. Er gibt diesem gleichsam ein neues, wissenschaftliches Fundament, aufbauend auf die Idee der Gesetzmäßigkeit von Bedingungsverhältnissen.

62 Das ist übrigens keineswegs außergewöhnlich, sondern entspricht vollständig der Art und Weise, wie wir das Kausalprinzip häufig auch im Alltag anwenden, wenn wir z.B. 'Schritte hören', und daraus auf die Anwesenheit jemand Anderes (möglicherweise sogar jemand Bestimmtes) schließen, noch bevor wir ihn gesehen haben. Wir deuten die Wahrnehmung 'automatisch' als Indiz. D.h. die 'Evidenz' der Wahrnehmung (das bloße Geräusch) überträgt sich mittelbar auf ihre Deutung. Die Mittlerrolle in Bezug auf die Deutung spielt in diesem Fall die 'Erfahrung'. Die Deutung der Wahrnehmung als Indiz ist übrigens ein Grundzug unseres Verhältnisses zur Wirklichkeit (der mit dessen existenziellem Charakter zu tun hat). Er durchzieht unser Denken so sehr, dass wir ihn gar nicht mehr bemerken, denn er hängt mit der 'Situiertheit' zusammen, die auch darüber entscheidet, welchen Wahrnehmungen wir überhaupt Relevanz beimessen bzw. Beachtung schenken. Diese Rolle spielt in der Physik der heuristische Zugang, der den herkömmlichen 'Raster der Erfahrung' selbst zur Disposition stellt.

Beobachtung zur Theorie hinführt, sondern der Generalisierung kommt vielmehr selbst eine grundlegende Rolle im Rahmen der Theoriebildung zu. Sie ist auf eigentümliche Weise ein wesentlicher Faktor und Kernbestandteil der Theoriebildung. Und zwar im Sinne einer (präsumptiven) Substitution der individuellen Gegenstände durch gegenstandsübergreifende (transzendente) Konzepte, in (ausschließlich) heuristischem Zusammenhang.⁶³ Diese Vorgangsweise dient methodisch der Reduktion des Faktors Kontingenz (im Hinblick auf die unendliche Vielfalt der Gegenstände), als Grundlage für die Entdeckung von Gesetzmäßigkeiten.⁶⁴ Und zwar zunächst im Rahmen der 'modularen, faktoriellen Analyse' des Verhaltens, im Wege der Quantifizierung und des Vergleichs, auf experimenteller Ebene.

Den Ansatzpunkt der Analyse bildet die Herstellung der Vergleichbarkeit der jeweils fraglichen Phänomene, ihre 'Parametrisierung', und zwar (ihrem dynamischen Charakter gemäß) auf konditionale Weise (z.B. im Wege der Beobachtung des Verhaltens unterschiedlicher Gegenstände unter gleichen Bedingungen, oder gleicher Gegenstände unter variablen Bedingungen, oder im Wege des Versuchs der Evokation eines Effekts unter kontrollierten, variablen Bedingungen etc.). Durch diese Vorgangsweise wird aus dem einzelnen dynamischen Verhalten ('der Wirkung') mittelbar ein 'konditional präpariertes Phänomen', auf dem die modulare, faktorielle Analyse der Bedingungsverhältnisse gezielt aufbaut. Die analytische Rolle des Experiments in diesem tentativen Stadium der Theoriebildung besteht in der 'Präparation' und Erforschung des Verhaltens vermittelt gegenstandsübergreifender Annahmen.⁶⁵ Es dient, anders gesagt, der Konzeptfindung, und erst in zweiter Instanz der Bestätigung oder Widerlegung der Theorie.

In Betreff des epistemologischen Status der physikalischen Konzepte (und auch die ontologische Einschätzung der 'präsumptiven Substitution' der Gegenstände durch die Konzepte) ist es von grundlegender Bedeutung, die reale, holistische Erkenntnissituation und ihre Deutungsoffenheit (auch was die ontologischen Konzepte angeht) in das Kalkül einzubeziehen. Diese hat es an sich, dass die transzendentalen Konzepte eben nicht rein 'subjektive' (im Kantischen Sinn sind), sondern (ungeachtet ihres Ursprungs im Subjekt) subjektungebunden, d.h. ihre einzige Bindung ist die an die Begründung (bzw. gesetzmäßige Erklärung) der Phänomene.⁶⁶ Sie gelten der Physik daher

63 Das ist wichtig und führt andernfalls (aufgrund der Gegenstandsbezogenheit unseres vorstellenden Denkens) leicht zu einer (falschen) Identifikation von transzendentalen Konzepten (wie Galileis 'list of primary qualities' oder Descartes' Generalkonzept der 'res extensa') mit 'Eigenschaften'. Doch diese Konzepte dienen der 'Erschließung', nicht der 'Beschreibung'. Das alles bezieht sich übrigens auf die klassische Physik. Die Situation verändert sich grundlegend auf der Ebene der Mikrophysik, wo die Gegenstände ganz aus dem Spiel kommen, und exakt (durch Konzepte) definierte Entitäten an ihre Stelle treten.

64 Diese Vorgangsweise hat mehr Gemeinsamkeit mit formaler (mathematischer) Klassenbildung, als mit Induktion. Die formale Klassenbildung unterscheidet sich ihrerseits von der Kategorisierung oder Klassifizierung dadurch, dass sie eben nicht gegenstandsbezogen, nicht spezifizierend ist. Ich verweise dazu auf die Darstellung von Newtons Vorgangsweise bei Katherine Brading, wo sie auch Newtons „Rule 3 of Reasoning“ zitiert: „Those qualities of bodies that cannot be intended and remitted and that belong to all bodies on which experiments can be made should be taken as qualities of all bodies universally.“ (Brading, K. (2017), S. 18). Darauf gründet die Prognosefähigkeit.

65 Ein Umstand, der das Vorhaben der Physik und ihre experimentelle Vorgangsweise wesentlich kompliziert, ist natürlich die erforderliche Rücksichtnahme auf mögliche unterschiedliche (oft nicht unmittelbar erkennbare) Einflussfaktoren, also die Analyse der 'Bedingungsverhältnisse' in einem holistischen Kontext, der die Entwicklung diffiziler Strategien erfordert. Zu den Erkenntniswerkzeugen der Physik zählen deshalb auch Axiome und Modelle etc., doch das will ich hier außen vor lassen. Siehe dazu z.B. Katherine Brading, die über Newtons Vorgehen schreibt: „Newton's *Principia* ... opens with a series of definitions of the terms he will use, including „quantity of matter“, „quantity of motion“, „inherent force of matter“, and so forth. Immediately following these definitions he turns his attention to time, space, place, and motion, ...“ (Brading, K., (2017), S. 15). Das eigentliche Thema ihres aufschlussreichen Artikels sind die Unterscheidungen, die Newton in Bezug auf den Zeitbegriff vornimmt: „Thus, Newton is explicit in applying to time the three distinctions of absolute versus relative, true versus apparent, and mathematical versus common. What does he mean by these distinctions, and why do they matter?“ (Ebenda, S. 15)

66 Die reale, holistische Erkenntnissituation stellt, insofern sie selbst Gegenstand der Deutung durch die Erkenntnis ist, kein anderes Kriterium von Wahrheit zur Verfügung, als das durch die heuristische Zielsetzung vorgegebene. Das ist im Falle der Physik der Erfolg der Begründung/Erklärung. Darüber hinaus gehende Forderungen, wie 'Verifikation' oder 'Gewissheit' gehen von einem anderen Erkenntniskonzept (einer anderen Heuristik) oder/und einer bestimmten

ontologisch als das eigentlich 'Wirkliche', ohne die individuellen Gegenstände damit ganz zu verdrängen, da die Substitution durch die Konzepte ja keine vollständige ist (nicht alle Aspekte umfasst). Die Substitution der Gegenstände durch transzendente, gegenstandsübergreifende Konzepte hat daher in ontologischer Sicht den Charakter einer (zunehmenden) 'Reduktion'.⁶⁷ Aus substanzontologischer Sicht stellt sich diese Substitution als (zunehmender) Entzug der Autonomie dar (die im normativen Charakter der 'Naturgesetze' ihre Entsprechung hat).

Diese transzendente Substitution der Gegenstände durch die physikalischen Konzepte ist aus zwei zusammenhängenden Gründen schwer zu verstehen. Der eine Grund besteht darin, dass der Bezug der Konzepte auf die Gegenstände, wie schon erwähnt, eben nur ein mittelbarer ist (auf dem Weg über die Begründung der Phänomene),⁶⁸ und die Substitution dementsprechend ein heuristisch motivierter, sukzessiver Vorgang. Den Hauptgrund bildet aber unsere naive, gegenstandsbezogene (metaphysische) Erkenntnisauffassung, die auf dem ontologischen Konzept von Substanz und Eigenschaften beruht, und die auch dazu verführt, von physikalischen Konzepten in Form von 'Eigenschaften', und darauf Bezug nehmenden 'theoretischen Begriffen', zu denken.

Das Verständnis des methodischen Schritts der Substitution der Gegenstände durch transzendente Konzepte ist nach meiner Auffassung von entscheidender Bedeutung für ein adäquates Verständnis des physikalischen Erkenntnisbegriffs in allen seinen Facetten. Auf die wichtigsten möchte ich daher im folgenden kurz eingehen.

a) Kennzeichnend für den (experimentellen) Erkenntniszugang der Physik ist der präsumptive Status der transzendentalen (physikalischen) Konzepte durch ihre logische Bindung an den Begründungszusammenhang. Die betreffende 'Verallgemeinerung' (im Wege der Substitution der Gegenstände durch die Konzepte) ist aus diesem Grund auch immun gegen Zweifel genereller Art (à la Induktionsproblem), da sie auf den Begründungsanspruch und -zusammenhang bezogen ist, und daher auch ein Zweifel an den Konzepten begründet werden muss. Ein solcher begründeter Zweifel kann im Einzelfall (immer mit Bezug auf die Phänomene) die Form einer Widerlegung (einer 'Falsifikation') annehmen, und führt damit in der Regel zu einer Modifikation oder auch zu grundlegenden Anpassungen.⁶⁹ Dazu kommt, dass die Konzepte der Physik selbst einen Beitrag zur 'Entdeckung von Phänomenen' leisten, die sie im Extremfall selbst in Frage stellen können.⁷⁰ Der 'begründete Zweifel' ist in diesem Sinne praktisch 'systemimmanent', nicht zuletzt auch bedingt durch den Umstand, dass das Verhalten der Gegenstände viele unterschiedliche Aspekte hat, und damit auch immer wieder (der 'Logik der Substitution' gemäß) die Frage entsteht, wie diese Verhaltensweisen zusammenhängen, was wiederum ein Anstoß zur Revision vorhandener Konzepte sein kann.

Es ist diese Bindung an den Begründungszusammenhang, der präsumptive Status ihrer Konzepte, der die Erkenntnissicherheit der Physik verbürgt. Das Markenzeichen der Physik in puncto Erkenntnissicherheit ist nicht die Gewissheit (qua Unmittelbarkeit der Beobachtung), sondern im Gegenteil die Revisionsfähigkeit.⁷¹ In dieser Hinsicht ist der präsumptive Status der Konzepte ein

Deutung der Erkenntnisbeziehung (im Sinne von Transzendenz der Gegenstände) aus. Andererseits ist es die Forderung der Gewissheit selbst, die die absolute Transzendenz 'generiert'. Siehe den radikalen Skeptizismus.

67 Es ist in dieser Hinsicht allerdings meist von 'Abstraktion' die Rede, aber das trifft nicht den Punkt, denn es entspricht einer gegenstandsbezogenen Erkenntnisauffassung, die von der Physik, wie ich zu zeigen versuche, sukzessive unterminiert wird.

68 So ist z.B. das physikalische Konzept 'Masse', dem die physikalische Basisgröße 'Gewicht' zugeordnet ist, nicht unabhängig definierbar noch feststellbar, und kann daher genau genommen auch nicht im strengen Sinn als autonome 'Eigenschaft' eines Gegenstandes aufgefasst werden. (Siehe dazu: Weizsäcker, C. F. v. (2004), S. 139f.)

69 Auch Stanfords 'unconceived alternatives' können dabei natürlich zum Zug kommen.

70 Ein solcher Extremfall ist z.B. das Konzept der 'dunklen Materie', das einen Zweifel an dem universellen Anspruch der 'angestammten' Konzepte der Physik in den Raum stellt, allerdings eben begründet durch den Zusammenhang mit der Begründung bestimmter Phänomene, deren 'Entdeckung' selbst auf den angestammten Konzepten beruht.

71 Die Vorstellung der Erkenntnissicherheit der Physik hat sich übrigens immer mehr von ihrer Exaktheit, und ihrem (scheinbar 'geregelten') Erkenntnisfortschritt gespeist, als von der Idee der Gewissheit. Die durchschlagende

Spiegel der realen Erkenntnissituation und ihrer Deutungsoffenheit.

Das ist allerdings nur ein Teil der Geschichte, deren anderer Teil sehr wohl mit der Beobachtung zu tun hat, allerdings nicht als 'empirisches Fundament' mit dem Anspruch unmittelbarer Gewissheit (also in begründender Funktion), sondern mit deren Rolle als Indizienlieferant im Zuge der Konzeptfindung und Theoriebildung, bzw. im Zuge der experimentellen Prüfung der Theorie.

b) Experiment und Theoriebildung. Die gegenstandsübergreifenden Konzepte stehen im Dienste der Theoriebildung und bilden deren Dreh- und Angelpunkt, im Sinne des heuristischen Zieles der Begründung des Verhaltens der Gegenstände (bzw. der Erklärung der Phänomene) im Wege der Herstellung exakter Korrelationen zwischen den Gegenständen (vertreten durch die Konzepte) und den Phänomenen. Die Konzeptfindung ist also selbst integraler Teil der Theoriebildung, sie bildet das logische Scharnier zwischen der Theorie und den Phänomenen, und zwar (empirisch) im Wege der (zunächst tentativen) Demonstration durch das Experiment. Die Konzeptfindung bildet den heuristischen Anhaltspunkt für das Setting des Experiments, sie ist heuristisch ein integraler Aspekt der konditionalen Präparation des Verhaltens der Gegenstände, sowohl beim initialen Entwurf des Experiments, als auch bei dessen weiterführender Analyse. Und zwar angeleitet von hypothetischen theoretischen Annahmen, von Vermutungen, 'Intuitionen', hinter denen wiederum – als Pate – das transzendente heuristische Erkenntniskonzept der Physik steht. Diese engen Verschränkungen kennzeichnen die tentative, experimentelle Herangehensweise der Physik, bei der 'Spekulation' und Beobachtung Hand in Hand gehen. Wenn die induktive Schlussfolgerung in diesem Rahmen eine Rolle spielt, dann in Verbindung mit der initialen Intuition, und bezüglich der Schlüsse, die aus dem Experiment zu ziehen sind (also in analytischer, nicht in begründender Funktion).

Entscheidend ist, dass alle diese Komponenten gemeinsam, in ihrer Abstimmung aufeinander, die 'rationale Methode' der physikalischen Theoriebildung konstituieren. Deren Rationalität erschließt sich aber nur, wenn man von der realen, holistischen Erkenntnissituation und dem spezifischen heuristischen Erkenntniskonzept der Physik ausgeht. Der Versuch, diese experimentelle, nicht-lineare methodische Vorgangsweise, und deren spezifische Form von Rationalität, auf Basis eines vollkommen anderen Settings nachzuvollziehen, nämlich unter der Supposition eines linearen Beziehungsmodells von Erkenntnis, dessen Input-Output-Logik von vorne bis hinten am Kriterium der Gewissheit hängt, ist logischerweise zum Scheitern verurteilt. Der induktive Kurzschluss der Beobachtung mit der Theorie ist ebenso Ausdruck dieses Scheiterns, wie die Zuflucht bei der Black Box 'Intuition' als Quintessenz der Theoriebildung, und (als logische Folge dieser Kapitulation der 'Ratio') das Kriterium der 'Falsifizierbarkeit'.⁷²

Assoziation mit Gewissheit verdankt sich ausschließlich dem Erkenntnismodell der Erkenntnistheorie. Auch das Poppersche Kriterium der 'Falsifizierbarkeit' hängt ja am Tropf der Gewissheit der Beobachtung.

Das Faszinierende am Neopositivismus ist, dass er im Unterschied zum Kritischen Rationalismus auch die Theoriebildung rational zu verstehen versucht, und dabei von einem grundsätzlichen Verständnis für den transzendentalen heuristischen Erkenntnisansatz der Physik ausgeht – so z.B., wenn Carnap schreibt: „Wir haben gesehen, dass die physikalischen Aussagen Aussagen über Bedingungsverhältnisse sind.“ (Carnap, R. (1926), S. 10) –, diesen aber epistemologisch (gleichsam mit aller Gewalt) in das Korsett der Erkenntnistheorie und deren gegenstandsbezogenes Erkenntniskonzept einzuordnen versucht. So z.B., wenn Carnap ebendort bemerkt: „Die Messung von Qualitäten“ sei „nichts anderes als eine besondere Art der Benennung“. (Ebenda, S. 61). Carnaps kleine Schrift über 'Physikalische Begriffsbildung' hat in dieser Hinsicht geradezu Lehrbuchcharakter.

72 Man kann der Meinung sein, dass es generell dieses Setting ist, der ('erkenntnistheoretisch motivierte') Rückzug des 'autonomen' Subjekts aus der Erkenntnissituation, der den Grund fast aller Probleme der Erkenntnistheorie bildet. Das betrifft, wie ich denke, auch die epistemologischen Versuche der Begründung für unsere Überzeugung von der Geltung ('a priori') des Kausalprinzips, also des „Satz[es], dass jede Veränderung eine Ursache haben müsse“. (Kant, I. (1975), S. 47). Denn es ist im Grunde nicht schwer, eine 'reallogische' Begründung dafür zu finden, wenn man unsere körperliche Existenz einbezieht. Denn all unser Handeln, jede einzelne Bewegung, und zwar von unserem ersten Atemzug an, ist auf elementare Weise durchdrungen und zugleich ermöglicht davon, dass wir in einen realen Bedingungs-zusammenhang eingebettet sind. Selbst unser Körperbau, jeder einzelne Muskel, ist ein 'Ergebnis' dieses Eingebettetseins in (und der existenziellen Angewiesenheit auf) diesen umfassenden Bedingungs-zusammenhang. Die Idee der 'Kausalität' ist Ausdruck der Substantivierung eines reinen Bedingungsverhältnisses, die Deutung von 'Bedingungsverhältnissen' als 'Wirkungsverhältnissen'. (Siehe dazu Carnap, R. (1926), S. 10ff.). Der ontologische

Der Erfolg der Theoriebildung beruht auf der Angemessenheit der Konzepte. Diese sind es daher, die im Experiment mittelbar auf dem Prüfstand stehen. Der Zweck des Experiments (in Gestalt des entsprechenden Settings) besteht daher in der Prüfung der Annahmen, was einer 'mittelbaren Verifikation' (im heuristischen Zusammenhang) entspricht, eine Art von Verifikation, die Revision oder Modifikation in allen Facetten (auch Substitution, Limitation oder Desertion) grundsätzlich nicht und niemals ausschließt.⁷³ Diese Mittelbarkeit der Verifikation korrespondiert dem Indiziencharakter bzw. -status der Beobachtung, ihrer 'Theoriebeladenheit'.⁷⁴

Theoriebildung, Konzeptfindung und Experiment (unter der Patenschaft des heuristischen Zugangs) sind also nicht (und in keiner Phase) voneinander zu trennen.⁷⁵ In unserem Versuch der rationalen Rekonstruktion des physikalischen Zugangs zu den Dingen fehlt bisher aber noch ein wesentlicher Faktor der Erkenntnissicherheit der Physik, von dem (in Gestalt des Begriffs 'Exaktheit') bereits indirekt die Rede war, nämlich die Quantifikation. Sie ist es, die in diesem Geflecht von Theoriebildung, Konzeptfindung und Experiment am ehesten der Idee und dem Anspruch der direkten (eindeutigen) Bezugnahme und Gewissheit entspricht, und zwar in Gestalt der Messung.

c) Die Quantifikation ist die konkrete Weise der Umsetzung (und daher im Ergebnis zugleich die Manifestation) des transzendentalen, generalisierenden Erkenntniskonzepts der Physik, in Form der Substitution der Gegenstände durch Messgrößen bzw. Messergebnisse.⁷⁶ Die Quantifikation per se repräsentiert jene radikale, gegenstandsbezügliche Generalisierung, die im heuristischen Setting nicht anders, denn als präsumptive Substitution zu begreifen ist. Die Messwerte 'vertreten' die Gegenstände (ungeachtet ihrer sonstigen Eigenschaften), die Gegenstände werden zu bloßen Instanzen, zu definiten Werten von Variablen.⁷⁷ Die Funktion und Bedeutung der Quantifikation, und damit auch die fundamentale Rolle der Mathematik und ihre zentrale Stellung im Rahmen der Physik, ist nur in Verbindung mit dem transzendentalen, generalisierenden Erkenntnisansatz der Physik angemessen zu verstehen.⁷⁸

Die Differenzierung der Gegenstände erfolgt ausschließlich durch die Messung. Diese hat zwar 'objektiven' Charakter, da die Maßstäbe aber auf Konvention beruhen, also willkürlichen Charakter haben, bleibt als absoluter (im strengen Sinn objektiver) Wert nur die Relation, das Verhältnis. Dieses ist unabhängig vom Maßstab. Das trifft auch zu, wenn es um die Beziehung der Messwerte verschiedener Basisgrößen (denen verschiedene Maßstäbe zugrunde liegen) geht, und ermöglicht

Hintergrund ist die Idee der Autonomie (der 'Unbedingtheit') der Substanz.

73 Ein weiterer Aspekt des erwähnten dichten Geflechts aus Theoriebildung, Konzeptfindung und Experiment ist, dass bereits vorhandene Theorien (als präsumptiver Teil der Lösung) wiederum Konzeptfunktion (bzw. Konzeptstatus) in Bezug auf weitere Problemstellungen einnehmen (bzw. erhalten) können. Das ist wiederum ein zusätzlicher Aspekt der 'mittelbaren Verifikation', ähnlich einem Puzzle. Radikale Umwälzungen, 'Paradigmenwechsel', sind dadurch keineswegs ausgeschlossen, denn die Deutung der Phänomene hat der Erkenntnissituation gemäß das letzte Wort. Die rationale Kontinuität der Physik als Wissenschaft (ihres 'Erkenntnisfortschritts') ergibt sich mit Bezug auf den präsumptiven Status der Konzepte aus der Nachvollziehbarkeit des Begründungszusammenhangs, dem sich die Konzepte verdanken, selbst die, die späterhin (begründet) verworfen worden sind. Die Kuhnsche These der 'Inkommensurabilität' beruht auf der Assoziation von Erkenntnissicherheit mit Gewissheit.

74 Nicht die 'Theoriebeladenheit' der Beobachtung ist daher das wirkliche Problem, wenn es um ein adäquates Verständnis der 'physikalischen Methode' geht, sondern vielmehr die 'Ontologiebeladenheit' der Epistemologie!

75 Im Falle der Relativitätstheorie freilich bezieht sich die Theoriebildung auf die bereits vorhandenen Konzepte der klassischen Physik (Raum, Zeit, Geschwindigkeit, Masse / bzw. Geschwindigkeit, Masse und Energie) und deren Interdependenz, aber auch sie beruht auf (in diesem Fall rein gedanklichen) Experimenten, die den Beobachter (das 'Subjekt') direkt einbeziehen, also ohne die reale, holistische Erkenntnissituation gar nicht denkbar sind! Da sie sich direkt auf die transendentale Konzeptebene beziehen, sind die entsprechenden Indizien, in Form von beobachtbaren Effekten, auch extrem 'theoriebeladen'.

76 Der Zusammenhang der transzendentalen Konzepte mit den physikalischen Basisgrößen, die Frage der 'Referenz', ist Thema des nächsten Punktes.

77 Dieser Umstand der Variabilität in Verbindung mit der Exaktheit der Messung, die beliebige Skalierbarkeit, hat große Bedeutung in Hinblick auf die Bestätigung der Allgemeingültigkeit der Theorie im Experiment.

78 Aus Sicht der gegenstandsbezogenen Erkenntnisauffassung erscheint die Rolle der Mathematik in Bezug auf die Physik (ihre 'Anwendbarkeit') im Grunde als rätselhaftes Faktum, beinahe wie ein merkwürdiger Zufall.

die Formalisierung der effektiven Relationen. Dieser Umstand legt die Spur zur Entdeckung von 'Naturgesetzen' in Gestalt von invarianten Größengleichungen, die es ermöglichen, ein bestimmtes Verhalten von Gegenständen generell zu begründen und in formale 'Bedingungsverhältnisse' aufzuschlüsseln. Die Formalisierung der Relationen in Gestalt der Theorie ist eine Generalisierung höherer Potenz, aber die Grundlage bilden die transzendentalen Konzepte, und diese sind aufgrund ihres gegenstandsübergreifenden Charakters auch der Grund für den normativen Anspruch der 'Naturgesetze' (bezogen auf die möglichen einzelnen Objekte oder Fälle). Die physikalische Theorie oder das Naturgesetz liefert in seiner Form die generelle, transzendente 'Begründung' für ein bestimmtes Verhalten der Dinge. Die 'Erklärung' des Verhaltens entspricht im Unterschied dazu der konditionalen Sichtweise.⁷⁹

d) Die Frage der Referenz. Aus der epistemologischen Sicht der Dinge kommt der Frage der Referenz in Bezug auf die 'theoretischen Begriffe' der Physik fundamentale Bedeutung zu. An ihr hängt das gesamte Verständnis der Physik als Wissenschaft, die entscheidende Frage ihres Realitätsbezugs.

Es liegt in der Natur der naiven, gegenstandsbezogenen Erkenntnisauffassung, dass den Begriffen Etwas (im Sinne von 'Eigenschaften') an den (autonomen) Gegenständen entsprechen muss, auf das sie Bezug nehmen (referieren). Das gilt nach dieser Auffassung selbstverständlich auch für die (in dieser Hinsicht nicht ganz einfach nachvollziehbaren) 'theoretischen Begriffe' der Physik, und spitzt sich im Falle der Postulation von 'nicht beobachtbaren Entitäten' weiter zu, zum Zweifel an deren realer Existenz, dem Gegenstand der Debatte um den sogenannten 'wissenschaftlichen Realismus'.

Nach der hier vorgetragenen Auffassung vom transzendentalen Erkenntnisbegriff der Physik handelt es sich bei den 'theoretischen Begriffen' der Physik aber gar nicht um Begriffe im üblichen Sinn, die auf Gegenstände oder deren Eigenschaften referieren (bzw. diese 'mental repräsentieren'), sondern vielmehr um transzendente Konzepte, die die Gegenstände (im heuristischen Kontext der Begründung ihres Verhaltens) präsumptiv substituieren, und zwar generell (ohne Ansehen). Sofern in Bezug auf die physikalischen Konzepte von 'Repräsentation' gesprochen werden kann, sind es die physikalischen Basisgrößen.⁸⁰ Die einzige Form der direkten Referenz auf die individuellen (konkreten) Gegenstände im Rahmen der physikalischen Erkenntnis ist die Messung.⁸¹ Auf sie trifft übrigens zu, was auf die unmittelbare Beobachtung nicht zutrifft, nämlich die Erfüllung der wesentlichen Bedingung von inhaltlicher Gewissheit, die Eindeutigkeit.⁸²

Alles bisher Gesagte bezieht sich allerdings vorwiegend auf die klassische Physik. Für diese ist die Referenz auf die vorhandenen Gegenstände (in Form der Messung) maßgeblich. Ihre ontologische

79 Es ist der transzendente Aspekt der 'Begründung', der entscheidend ist für ein adäquates Verständnis der Physik und ihres heuristischen Erkenntniszugangs. Denn der, auf das je einzelne Ereignis bezogene Aspekt der kausalen 'Erklärung' ist ein praktischer Zuschnitt, der das Spezifische des physikalischen Erkenntniszugangs außer Acht lässt. Das Kausalprinzip, auf das die Erklärung referiert, ist nämlich ein rein heuristisches Prinzip, und ist als solches, wie bereits erwähnt, mit jeder Art von Erklärung bzw. Deutung von Ereignissen vereinbar. Unter dem Gesichtspunkt der bloßen 'Erklärung' steht die physikalische Erklärung daher in Konkurrenz zu allen anderen möglichen Arten von Deutungen. Siehe Paul Feyerabends radikale Devise: „Anything goes“ (Feyerabend, P. (1986), S. 32). Die Unterscheidung zwischen 'Begründung' und 'Erklärung' korrespondiert übrigens dem 'deduktiv-nomologischen' Modell von Erklärung von Hempel und Oppenheim. Their „basic idea is that an explanation must take the form of a sound deductive argument in which a law of nature occurs as an essential premise.“ (Woodward, J. (2003), S. 152)

80 Wobei man diesbezüglich wohl eher von einem Verhältnis der Translation sprechen kann, denn wie bei der experimentellen Konzeptfindung generell ist auch hier die Verschränkung der Vorgangsweisen und Gesichtspunkte charakteristisch. D.h. die Messung ist von Anfang an Teil der Konzeptfindung, und daher von heuristischen Gesichtspunkten (Auswahl der Basisgrößen) angeleitet.

81 Das führt im Rahmen der gegenstandsbezogenen Erkenntnisauffassung häufig dazu, die Vorgangsweise der Physik im Sinne bloßer Abstraktion und technischer Beherrschung der Natur zu deuten.

82 Zumindest bis zum Auftreten der Relativitätstheorie, die auch den Standpunkt des Messenden in den Bedingungs-zusammenhang und damit in die Erforschung der Bedingungsverhältnisse einbezieht. Besondere Bedeutung kommt im Rahmen der Vorgehensweise der Physik übrigens generell der Annahme oder der Entdeckung von Konstanten zu.

Position in Bezug auf die Gegenstände ist zwar ambivalent, denn sie untergräbt ihre Autonomie, aber dennoch sind sie für sie als Referenzpunkte bzw. Anhaltspunkte unverzichtbar. Der transzendente Erkenntniszugang und die gegenstandsbezogene Erkenntnisauffassung halten sich irgendwie die Waage.⁸³ Das wird auch deutlich an der geläufigen Deutung bzw. Auffassung der physikalischen Konzepte in Kategorien von 'Eigenschaften' der Gegenstände. Diese Assimilation der transzendentalen Konzepte an die gegenstandsbezogene Erkenntnisauffassung wird natürlich begünstigt durch die Affinität der gegenstandsübergreifenden Konzepte der klassischen Physik zu den beobachtbaren Eigenschaften der Gegenstände.⁸⁴ Schließlich geht ja auch die Konzeptfindung selbst von der Beobachtung des Verhaltens der Gegenstände aus. Das verändert sich grundlegend mit dem Übergang zur Mikrophysik. Die Phänomene übernehmen nun die alleinige Führerschaft in Bezug auf die Konzeptfindung, die 'Gegenstände' kommen aus dem Spiel und treten in gewisser Weise erst in Gestalt 'theoretischer Entitäten' wieder auf (man könnte auch sagen, sie kommen in dieser Gestalt 'durch die Hintertür' wieder herein).

Die Entdeckung und experimentelle Erforschung der elektrischen und magnetischen Phänomene markiert in dieser Hinsicht eine ontologische Zäsur: Das Ende der Gegenstandsontologie (nicht jedoch des Gegenstandsdenkens!). Die Gegenstände kommen methodisch (als Referenzpunkte) zusehends aus dem Spiel (auch was die Erklärung ihrer 'Eigenschaften' betrifft), die Phänomene als solche übernehmen die Führerschaft bei der Konzeptfindung. Dabei ging es um ein ganzes Spektrum an Phänomenen, die zunächst sowohl jedes für sich, als auch in ihrer Verbindung zueinander rätselhaft waren, und die zu einem langwierigen und schwierigen Prozess der Theoriebildung und der Konzeptfindung führten, bei dem die Deutung der Phänomene und ihre Begründung heuristisch Hand in Hand gehen.⁸⁵ Phänomenale und transzendente Aspekte vermischen sich, die betreffenden Phänomene haben bezüglich ihrer Deutung als Indizien keinen externen Bezugspunkt ihrer Erklärung mehr. Nur das Auftreten der Phänomene selbst bietet einen Anhaltspunkt, um unter dem heuristischen Gesichtspunkt der Herstellung exakter Korrelationen (in Verbindung mit der aktiven Evokation der Phänomene unter kontrollierten Bedingungen)⁸⁶ auf inhärente Bedingungsbeziehungen zu schließen. In dieser Hinsicht kann man von einer 'begründenden Erklärung' sprechen.

Was folgt daraus für den transzendentalen und ontologischen Status des Konzepts 'Elektrische Ladung', als Ergebnis des Prozesses der Konzeptfindung, das als Schlüssel zu den Phänomenen in unterschiedliche Teilgebiete der Physik und der Chemie Eingang findet, und auf dem Weg über die 'Wiederentdeckung' der Atomtheorie zu dem Grundkonzept der Mikrophysik wird?

Das Konzept 'referiert' grundsätzlich auf die betreffenden Phänomene als Indiz, und via Phänomene auch auf die jeweiligen 'Ladungsträger' (Entitäten, Partikel). Der Indiziencharakter überträgt sich damit auch auf die Entitäten selbst. Das Konzept ist also logisch primär gegenüber den Entitäten, und insofern materiell ungebunden. Es handelt sich gleichermaßen um ein transzendentales Konzept, wie um ein Prinzip. Dem Konzept 'Elektrische Ladung' selbst entspricht deshalb, im

83 Die heuristische Vorgangsweise der Physik stellt die gegenstandsbezogene Erkenntnisauffassung zwar indirekt in Frage, allerdings ohne diesem Umstand besondere Beachtung zu schenken. Es ist ein grundlegendes Merkmal der Physik, dass sie die 'großen Fragen' der Ontologie und der Epistemologie (zunächst) einfach offen lässt. Das ist ein wichtiger Aspekt ihres Status und Nimbus als Grundlagenforschung, dass sie nicht mit fertigen Antworten auf Grundsatzfragen an die Dinge herangeht.

Eine (künftige) wissenschaftliche Erkenntnistheorie wird nicht von der Annahme der Autonomie des Subjekts ausgehen können, sondern wird ihren Ausgang von der Betrachtung der Erkenntnis als 'Phänomen' nehmen müssen. Siehe dazu das Eingangszitat von Erwin Schrödinger.

84 Aus der allgemeinen, gegenstandsübergreifenden Perspektive der Theorie müsste in Bezug auf die einzelnen Gegenstände anstelle von 'Eigenschaften' eigentlich von 'Merkmalen' die Rede sein.

85 Der Unterschied zur Situation der klassischen Physik gründet vor allem darin, dass bei jener die Phänomene als solche unstrittig waren. Ich verweise dazu auf die Darstellung bei Thomas Kuhn (in: Kuhn, T. S. (2012), S. 14-22 u. 117-118).

86 Während in der klassischen Physik die Experimente heuristisch von der Theoriebildung und Konzeptfindung angeleitet wurden, leiten nun umgekehrt die Experimente heuristisch die Theoriebildung und Konzeptfindung an.

Unterschied zu den Konzepten der klassischen Physik, auch keine physikalische Basisgröße.⁸⁷

Die 'kontingenten Gegenstände' haben als theoretische Bezugspunkte damit ausgedient, an ihre Stelle treten 'theoretische Entitäten'. Für diese ist 'a priori' der Zusammenhang mit der Begründung der Phänomene konstitutiv. Sie werden nicht einfach vorgefunden und 'beschrieben', bzw. vermessen, sondern sie werden definiert, supponiert und detektiert, mittels der Analyse der Phänomene auf Basis der transzendentalen Konzepte (zu denen ja neben der 'elektrischen Ladung' auch noch andere Konzepte, wie die 'Masse', gehören).

Wichtig ist, dass sich der transzendente Status der Konzepte auf die Phänomene bezieht (um deren Erklärung es geht), nicht auf die Entitäten! Diese werden ja, im Unterschied zu den Gegenständen, auf die sich die klassische Physik bezieht, nicht durch die Konzepte substituiert, sie sind vielmehr selbst mittelbar Teil des Konzepts.⁸⁸

Die theoretischen Entitäten werden, wie gesagt, durch die Konzepte 'definiert', und somit in metaphysischer (unmittelbar 'beschreibender') Sichtweise unter diese 'subsumiert' (siehe die 'Tafel der Elementarteilchen'). Sie nähern sich damit in unserer 'Vorstellung' auf täuschende Weise wieder den Gegenständen der Metaphysik an!

So ist es auch nicht überraschend, dass an dieser Stelle gewöhnlich – vollkommen unauffällig – wieder die naive, gegenstandsbezogene Erkenntnisauffassung das Kommando über unser Denken (und damit die Deutungshoheit über die Theorie) übernimmt, und mit ihr das korrespondierende Konzept von Realität, nämlich die Vorstellung der unabhängigen (autonomen) Bestimmtheit der Gegenstände (in diesem Fall der 'Ladungsträger'). Das schlägt sich nieder in der ontologischen Interpretation der 'Ladung' als 'Eigenschaft' der Ladungsträger, und damit der Behauptung des ontologischen Primats der Substanz (Ladungsträger) vor den Eigenschaften, – das bedeutet in Übertragung auf die Elementarteilchen: ihre Auffassung als 'Bausteine der Materie'.

Die bekannteste, ontologisch ausformulierte Position, die gegen diese Auffassung opponiert, ist der sogenannte 'Ontische Strukturalismus', ein Ansatz, der den Versuch unternimmt, weitreichende ontologische Schlussfolgerungen aus physikalischen Forschungsergebnissen abzuleiten, allerdings ohne sich auf epistemologischer Ebene kritisch mit der Frage nach dem Erkenntnisbegriff der Physik auseinanderzusetzen.⁸⁹

3. Physik und Ontologie

Das ontologische Konzept der autonomen Substanz bildet das Fundament unserer Vorstellung von Realität. Nicht nur das Konzept der 'Eigenschaften' hängt daran, sondern auch andere Konzepte, wie 'Kausalität' oder 'Kraft' etc. John Locke schreibt eindrucksvoll über dessen transzendentalen Status: „The *Idea* then we have, to which we give the general name Substance, being nothing, but the supposed, but unknown support of those Qualities, we find existing, which we imagine cannot subsist, *sine re substante*, without something to support them, we call that Support *Substantia*; which, according to the true import of the Word, is in plain *English*, *standing under, or upholding*. An obscure and relative *Idea* of Substance in general being thus made, we come to have the *Ideas of particular sorts of Substances*, by collecting such Combinations of simple *Ideas*, as are by Experience and Observation of Men's Senses taken notice of to exist together, and are therefore

87 Die diesem korrespondierende Basisgröße ('Ampere') bezieht sich nicht auf die singulären Entitäten (die 'Ladungsträger'), sondern auf 'Mengen', auf die Intensität des Flusses.

88 Aus der Gesamtsicht der Wirklichkeit (bestehend aus Phänomenen und Entitäten) handelt es sich daher um theoretische Konzepte und theoretische Entitäten.

89 Den Ausgangspunkt des Strukturalismus bildet allerdings ein epistemologisches Problem, nämlich die Frage bzw. die Suche nach einem Element der Kontinuität im Wandel der physikalischen Theorien. (Siehe dazu: Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 67). Dieses Problem ist eine direkte Konsequenz des Popperschen Fokus auf die bloße Theorie, d.h. seines irrigen Verzichts, den Prozess der Theoriebildung und Konzeptfindung rational zu begreifen.

supposed to flow from the particular internal Constitution, or unknown Essence of that Substance. Thus we come to have the *Ideas* of a Man, Horse, Gold, Water, *etc.* of which Substances, whether any one has any other clear *Idea*, farther than of certain simple *Ideas* coexisting together, I appeal to every one's own Experience.“⁹⁰

Den Kern des Konzepts der Substanz bildet die Idee der Autonomie, der autonomen Existenz und Bestimmtheit der Dinge, als reale, distinkte Einheiten. Was dieses transzendente Konzept so essenziell (und scheinbar unverzichtbar) für unser Denken macht, ist der Umstand, dass es nicht nur den Verständnishorizont für die Dinge (und uns selbst) bildet, sondern auch die Grundlage und Voraussetzung für unsere naive (im Kern passive, rezeptive) Auffassung von Erkenntnis.

Dennoch ergeben sich daraus, besonders im Bereich der Quantenphysik manifeste Probleme. Es ist demgemäß auch dieser Kern des Konzepts der Substanz, die Autonomie, der vom sog. 'Ontischen Strukturalismus' ('OSR') dezidiert widersprochen wird, und zwar mit empirischen Argumenten.

Ich beziehe mich im folgenden kurzen Abriss von dessen Position und Argumentation auf die Darstellung im Werk „Every Thing Must Go“ von James Ladyman und Don Ross (gemeinsam mit David Spurrett und John Collier), das einen beeindruckenden Überblick über die wissenschaftlichen und philosophischen Positionen und Debatten in diesem Zusammenhang bietet. Ich möchte davon zum Einstieg nur kurz einige wesentliche Aussagen wiedergeben.

„Ontic Structural Realism (OSR) is the view that the world has an objective modal structure that is ontologically fundamental, in the sense of not supervening on the intrinsic properties of a set of individuals. According to OSR, even the identity and individuality of objects depends on the relational structure of the world.“⁹¹ „Ernst Cassirer rejected the Aristotelian idea of individual substances on the basis of physics, and argued that the metaphysical view of the 'material point' as an individual object cannot be sustained in the context of field theory. He offers a structuralist conception of the field. [Zitat:] The field is not a 'thing', it is a system of effects (*Wirkungen*), and from this system no individual element can be isolated and retained as permanent, as being 'identical with itself' through the course of time.“⁹² Unterstützt wird diese These durch die Feststellung: „When it comes to fundamental physics, objects are very often identified via group theoretic structure.“⁹³ Um dann fortzufahren: „To be an alternative to both traditional realism and constructive empiricism, structural realism must incorporate ontological commitment to more than the empirical content of a scientific theory, namely to the 'structure' of the theory. We have argued that relational structure is ontologically subsistent, and that individual objects are not. However, the idea that there could be relations which do not supervene on the properties of their relata runs counter to a deeply entrenched way of thinking.“⁹⁴ Nach einer ausführlichen Erörterung der Argumente für verschiedene Standpunkte in dieser grundlegenden ontologischen Frage kommen Ladyman und Ross zu der Feststellung: „There is thus growing convergence among philosophers of physics that physics motivates abandonment of a metaphysics that posits fundamental self-subsistent individuals. Since this is essentially a negative point, it might seem to be grist to the mill of the constructive empiricist.“⁹⁵ Ihre eigene Position begründen sie durch die Anführung von Argumenten gegen den epistemologischen Standpunkt des 'konstruktiven Empirismus' und kommen so zu dem Schluss: „We thus suggest that in addition to the negative thesis that physical theory should not be interpreted in terms of underlying objects and properties of which the world is made,

90 Locke, J. (1979), S. 296

91 Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 130.

92 Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 140. Das Zitat lautet im Original: „Das Feld ist kein 'Ding', es ist ein System von Wirkungen; und aus diesem System läßt sich nicht ein einzelnes Element herauslösen und als permanent, als im Laufe der Zeiten 'mit sich selbst identisch' festhalten.“ (Cassirer, E. (2004), S. 213)

93 Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 145

94 Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 148

95 Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 153

we are motivated ... to take seriously the positive thesis that the world is structure and relations. Individual things are locally focused abstractions from modal structure. By modal structure we mean the relationships among phenomena.⁹⁶ Dem Argument „Relations are impossible without relata“ begegnen sie mit dem Hinweis: „A core aspect of the claim that relations are logically prior to relata is that the relata of a given relation always turn out to be relational structures themselves on further analysis. ... We may not be able to think about structure without hypostatizing individuals as the bearers of structure, but it does not follow that the latter are ontologically fundamental.“⁹⁷

Die ontologische Position des Ontischen Strukturenrealismus besteht also im Kern in der Annahme des 'Primats der Strukturen und Relationen vor den Relata' (vor den 'Substanzen'). Das Argument für die These, dass Relationen 'logisch' primär sind gegenüber Relata ('the claim that relations are logically prior to relata') ist allerdings bloß ein empirisches ('that the relata of a given relation always turn out to be relational structures themselves on further analysis'). Darin liegt der Kern des Problems des OSR, der Schluss auf das 'logische' Primat der Relationen beruht auf einem Argument 'a posteriori'. Der Grund dieses Problems liegt, wie ich zu zeigen versuchen werde, in der naiven, passiven Erkenntnisauffassung (im Kleid der 'objektiven Erkenntniseinstellung', ergänzt um „institutional norms“),⁹⁸ die von der 'objektiven Bestimmtheit' der Gegenstände ausgeht. Dabei stellt sich nun aber laut Ladyman und Ross 'objektiv' heraus, dass (zumindest „according to the OSR), even the identity and individuality of objects depends on the relational structure of the world. Hence, a first approximation to our metaphysics is: 'There are no things. Structure is all there is'.“⁹⁹

Eine ähnliche Schlussfolgerung ergibt sich, allerdings rein logisch (ganz unabhängig von der Empirie), wenn man die Konzepte der Physik (in Übereinstimmung mit deren transzendentalen heuristischen Erkenntniszugang) nicht in beschreibendem (prädikativem) Sinn auffasst (also davon ausgeht, dass sie 'auf die Gegenstände referieren'), sondern in transzendentalen Sinn, als transzendente Konzepte (die sie der Erforschung der Gegenstände präsumptiv zugrunde legt, und deren Bezug auf die Gegenstände daher nur ein mittelbarer ist). Bedingung für die ontologische Relevanz dieser Konzepte ist dabei die Beachtung ihrer Subjektungebundenheit. Denn so wesentlich die Erkenntnisreflexion (gerade für ein adäquates Verständnis der Physik) ist, so haltlos ist der wissenschaftliche Status der Erkenntnistheorie.

Gehen wir also zurück zum Konzept 'Elektrische Ladung', und seiner transzendentalen Stellung in Bezug auf die begründende Erklärung der Phänomene. Ich möchte dazu wiederum mit einem Zitat von Ernst Cassirer beginnen: „Seit der Erforschung der Tatsachen der Elektrolyse, seit den Untersuchungen über die Natur der Kathodenstrahlen und über die Erscheinungen der Radioaktivität ist der Grund zu einer Theorie der Materie gelegt, die ihr eine rein elektrische Konstitution zuschreibt. Der Begriff der elektrischen Ladung wird jetzt als das eigentliche Grundelement der Naturerkenntnis eingeführt, und die Entwicklung drängt immer mehr dazu, auch die Masse des Elektrons nur noch als 'scheinbare Masse' anzusehen und sie ganz in die elektrische Ladung aufzulösen.“¹⁰⁰

Das Konzept 'Elektrische Ladung' ist, wie wir festgestellt haben, logisch primär gegenüber den 'Ladungsträgern', da es nicht aus diesen selbst 'ableitbar' ist, sondern nur aus der begründenden Erklärung der Phänomene. Dennoch qualifizieren wir die 'elektrische Ladung' üblicherweise (der Logik unserer Erkenntnisauffassung, bzw. der 'objektiven Erkenntniseinstellung' folgend) als Prädikat, als eine 'Eigenschaft' der Ladungsträger.

96 Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 153

97 Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 155

98 „Thus science is, according to us, demarcated from non-science solely by institutional norms: requirements for rigorous peer review ..., requirements governing representational rigour ...“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 28)

99 Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 130

100 Cassirer, E. (2004), S. 179. Cassirer selbst schwenkt (als 'Neokantianer') allerdings sofort wieder auf den 'erkenntniskritischen' Standpunkt ein, wenn er gleich im Anschluss an dieses Zitat gerade im heuristischen Wert der Atommodelle zugleich ihre 'erkenntniskritische Schranke' sieht. Erkenntnistheorie schlägt Heuristik.

Gehen wir also zunächst einmal davon aus, so stellt sich bei eingehender Reflexion schnell heraus, dass dieses Konzept aufgrund seiner binärlogischen Struktur seiner substanzontologischen Auffassung als 'Eigenschaft' bzw. als 'Prädikat' Hohn spricht.¹⁰¹ Denn die Grundlage dieses Konzepts, der Gegensatz zwischen 'positiver' und 'negativer' Ladung, ist die Manifestation einer rein logischen Unterscheidung, keiner kontingenten (unter Bezugnahme auf ein gewisses Spektrum, wie z.B. 'weiß' oder 'schwarz'). Das heißt, dass ihre 'Teile' ausschließlich mit Bezug aufeinander definiert sind, sie können nicht getrennt, unabhängig voneinander (mit Bezug auf einen Oberbegriff oder ein Spektrum von Begriffen) definiert werden. Was diese Unterscheidung daher logisch auszeichnet, ist nicht der Gegensatz als solcher (als bloß semantischer), sondern vielmehr die inhärente Einheit in der Differenz, ihr binärlogischer Charakter. Die semantische Unterscheidung ist als 'logische Einheit' vollkommen 'autonom', sie weist in keiner Weise 'über sich hinaus', während die 'Teile' vollkommen dependent sind.

In der Ausdrucksweise der klassischen Metaphysik: Die spezifische Allgemeinheit der dem Konzept 'Elektrische Ladung' zugeordneten gegensätzlichen Bestimmungen (positiv oder negativ, +/-) hebt sich binärlogisch (nicht dialektisch) auf in der reinen Allgemeinheit ihrer inhärenten Einheit in der Differenz, denn keine der beiden Seiten kann logisch ohne die andere gedacht werden.¹⁰² Dieser hohe Grad an Allgemeinheit entspricht einem 'Minimalholismus', dessen einzelne 'Bestimmtheiten' (in prädikativem Sinne gedacht) auf nichts anderes, als auf ihren Zusammenhang verweisen. Der (minimal)holistische Bezugsrahmen ist logisch primär gegenüber dem semantischen Bezug.¹⁰³

Im Hinblick auf die Elementarteilchen ergeben sich daraus vier (onto)logische Schlussfolgerungen:

- a) Die 'Elektrische Ladung' kann aus logischen Gründen nicht als intrinsische 'Eigenschaft', als einfache 'Qualität' aufgefasst werden (vielmehr eher als 'Merkmal' im Rahmen eines strukturellen Zusammenhangs). Das Konzept 'Elektrische Ladung' schließt namens seiner binärlogischen Struktur gänzlich aus, dass die betreffenden Entitäten (die 'Ladungsträger'), als selbständige (geschweige denn autonome) Substanzen aufgefasst werden können (und folglich auch nicht die Elementarteilchen als 'Bausteine').¹⁰⁴
- b) Die Preisgabe der Idee der Autonomie der (elementaren) Entitäten führt (rein formal) logisch zwingend zum Gedanken des Primats der Konstellation.¹⁰⁵ Die 'Konstellation' ist im Unterschied zur 'Struktur' nie etwas 'objektiv' Gegebenes oder Feststellbares, denn sie hat formal gesehen nichts 'außer sich', sie schließt (bei genauerer Überlegung) auch immer den 'Beobachter' (und seinen Standpunkt) mit ein. Die Bezugnahme auf einzelne, konkrete Konstellationen involviert notwendig

101Dieses genauere Nachdenken wird üblicherweise dadurch geblockt, dass wir gewohnt sind, bei 'metaphysischen Schwierigkeiten' jede 'Spekulation' zu vermeiden. Schließlich haben ja genau solche 'Spekulationen' die Metaphysik in Misskredit gebracht, und die Erkenntnistheorie hat dieser 'Spekulation' grundsätzlich die Zähne gezogen, und zwar indem sie vermöge des Kriteriums der 'Gewissheit' (und der damit verbundenen Umdeutung der holistischen Erkenntnissituation in eine lineare Beziehung) einen intellektuellen Bann über den Holismus verhängt hat. In diesem Sinne ist der 'empirisch begründete Holismus des OSR' revolutionär, aber er geht nicht an die Wurzeln.

102Die Analogie zur Einheit des 'Bit' (0/1) liegt auf der Hand. '0' bedeutet in diesem Falle nichts anderes, als die Abwesenheit von '1', vice versa. Die synthetische Einheit in der Differenz entspricht auch dem, was Hegel unter 'reiner Begriff' versteht.

103Die begriffliche Unterscheidung von positiver und negativer Ladung hat aufgrund dessen auch mehr oder minder bloßen Chiffrencharakter für eine grundlegende Polarität.

104Wenn sich die darin zum Ausdruck kommende metaphysische Sehnsucht der Physik (deren Grund, wie erwähnt, in der Erkenntnisauffassung liegt), auf diese Weise nicht erfüllt, so erfüllt sie sich doch auf andere Weise. Denn die Einheit, auf die sie stößt, ist zwar keine letzte Einheit im angestrebten Sinne von Unteilbarkeit (und somit im Sinne einer an sich bestimmten, substanzhaft autonomen Einzelheit), sondern vielmehr Einheit im Sinne von prinzipieller Untrennbarkeit. Werner Heisenberg schreibt in diesem Zusammenhang: „Am Anfang war die Symmetrie“, das ist sicher richtiger als die Demokritische These 'Am Anfang war das Teilchen'. Die Elementarteilchen verkörpern die Symmetrien, sie sind ihre einfachsten Darstellungen, aber sie sind erst eine Folge der Symmetrien.“ (Heisenberg, W. (2017), S. 280). Auch darin zeigt sich allerdings wieder die 'objektive Erkenntniseinstellung'.

105Ich zitiere hier Ladyman und Ross: „As Ernan McMullin says: 'imaginability must not be made the test for ontology' ...“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 132)

die Einnahme eines Standpunkts.¹⁰⁶

c) Die Autonomie liegt daher ausschließlich auf Seiten der Gesamt-Konstellation. Das bedeutet, dass die Prozesshaftigkeit das Fundament der Realität ist.¹⁰⁷ 'Partielle Autonomie', sofern davon die Rede sein kann, überschreitet daher niemals den Status kontingenter (mehr oder minder starker) Autarkie. Die Bildung von raum-zeitlich beständigen Einheiten kann demgemäß nur nach dem Prinzip der 'kontingenten Autarkie' gedacht werden (dazu später).¹⁰⁸ Deren 'Eigenschaften' haben daher grundsätzlich emergenten Charakter.

d) Raum und Zeit sind nicht etwas unabhängig, getrennt von der Konstellation, sie sind vielmehr integraler 'Teil' derselben. Nachdem die Konstellation aber nicht selbst 'etwas' ist, getrennt, oder unabhängig von ihren 'Teilen', gleichwohl aber der determinierende Faktor, sind Raum und Zeit sowohl Aspekte als auch (wirksame) Faktoren der Konstellation.

Damit ist bereits auch angedeutet, dass die bisherige, auf die rein formalen, logischen Aspekte Bezug nehmende Darstellung natürlich kein vollständiges Bild ergibt. Denn sie lässt unberücksichtigt, dass es sich bei der strukturellen ('binärlogischen') Einheit in der Differenz auf Ebene der Mikrophysik, anders als beim 'Bit' (als der grundlegenden Einheit der Information) nicht um eine bloß logische, konzeptionelle handelt, sondern um eine intrinsische, virulente, und daher notwendig dynamische.¹⁰⁹

Die Unvollständigkeit des Bildes von der strukturellen Einheit in der Differenz auf Ebene der Mikrophysik bezieht sich, abgesehen davon, aber auch und vor allem auf zwei Faktoren, die in ihrer Kombination erst zu jener Dynamik führen, die zugleich Ordnung hervorbringt und zerstört. Der eine (interne) Faktor ist der Umstand, dass es natürlich neben der Elektrischen Ladung noch andere strukturbildende Elemente oder Konstituenten gibt, wie z.B. den Spin, ohne die die besagte Virulenz vermutlich in Selbstauslöschung enden würde.¹¹⁰ Der andere (externe) Faktor besteht in dem schlichten Faktum von Ungleichgewichten, das sich dem Umstand verdankt, dass das Prinzip der strukturellen Einheit in der Differenz in seiner Wirkung beschränkend und zugleich in seiner Wirksamkeit unbeschränkt ist.¹¹¹ Beschränkend, weil es 'lokal' abgrenzend wirkt (durch die Etablierung, d.h. Formation und virulente Aufrechterhaltung, von relativ autarken strukturellen Einheiten, in Form von dynamischen Gleichgewichten), und unbeschränkt, weil eben dieses Prinzip

106Die Vorstellung 'objektiver Erkenntnis' beruht auf der Annahme, es gebe einen Standpunkt 'außerhalb' der Gesamt-Konstellation (einen 'unbeteiligten Beobachter'), gemäß dem linearen Subjekt-Objekt-Schema der Erkenntnistheorie. Das Primat der Konstellation bedeutet in Summe, dass jeder denkbare fixe Anhaltspunkt der Erkenntnis wegfällt. Die Gesamt-Konstellation lässt sich nur in transzendentaler Perspektive erschließen, und um sie als 'Konkretum' zu charakterisieren, ist es notwendig von ihr als 'Abstraktum' auszugehen.

107Ich verweise hier erneut auf ein Zitat bei Ladyman und Ross: „Consider [Lee] Smolin: 'The universe is made of processes, not things' ... Smolin insists that a lesson of both relativity theory and quantum theory is that processes are prior to states.“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 172)

108Ein solches Verständnis von Einheit spricht im Grunde auch Carl Friedrich von Weizsäcker an, wenn er schreibt: „Der kleinste für sich existenzfähige aus Materie bestehende Körper ist das *Atom*.“ (Weizsäcker, C. F. v. (2004), S. 148). Eine Sonderform von autarker Einheit, das kann ich hier nur andeuten, bilden die 'lebendigen Einheiten', die (in ihrer Dependenz von der Versorgung mit Energie) nach dem Prinzip 'prekärer Autarkie' zu verstehen sind.

109Ich denke, dass Carl Friedrich von Weizsäckers Konzept der 'Ur-Alternativen' genau diesen Unterschied zwischen der bloß logischen, und der virulenten (und daher auch übergreifenden) Form des Prinzips nicht berücksichtigt. Diesem Unterschied zwischen der logischen (gezähmten) und der virulenten Form des Prinzips entspricht auf anderer Ebene der zwischen der binären Struktur des Maschinencodes und dessen elektronischer Verarbeitung bzw. Prozessierung.

110Aber auch die Diskretheit der Werte des Elektronenspin lässt einen immanenten Systemzusammenhang vermuten. Die 'Grammatik' der Bildung und Entwicklung der Konstellationen ist also auch von weiteren Faktoren beeinflusst, das spielt für die grundsätzliche ontologische Argumentation aber keine wesentliche Rolle. Es ist angesichts des Phänomens der Quantenkohärenz allerdings vorstellbar, dass die strukturelle Einheit in der Differenz selbst ein emergentes Phänomen ist, dem eine noch grundlegendere Form von differentieller Einheit zugrunde liegt.

111Diese Form der 'Einheit von Tatsache und Prinzip' ist es, die zu Emergenz führt. Man kann die Existenz von Ungleichgewichten natürlich in einem noch ursprünglicheren Sinn mit dem quantenphysikalischen Konzept der 'Dekohärenz' assoziieren.

als solches übergreifend ist, und daher jede Veränderung an einer Stelle unmittelbar Auswirkungen an anderer Stelle, und auf die Gesamt-Konstellation hat.

Das bedeutet aber auch, dass die strukturelle Einheit in der Differenz 'in concreto' eben keine 'statische' Einheit ist, sondern eine dynamische, synthetische (strukturbildende) Einheit, eine solche, die sich (in virulenter Weise) beständig herstellt und aufrechterhält, und zwar 'gleichzeitig' auf unterschiedlichsten (durch die Aktion und Interaktion selbst 'hervorgebrachten') Ebenen der virulenten Aktion und Interaktion, die einander instantan beeinflussen, ebenso wie die Gesamt-Konstellation, die alleine autonom ist, und die daher auch als solche wiederum auf alle anderen Ebenen zurückwirkt.¹¹² Es ist schließlich der Umstand, dass die Autonomie ausschließlich auf Seiten der Gesamt-Konstellation liegt (auf der globalen Ebene der Aktion und Interaktion, die alle übrigen Ebenen einschließt), der den Grund dafür bildet, von einem durchgängigen Determinismus sprechen zu können, allerdings – und hier liegt der Unterschied zur 'metaphysischen', auf der Kausalvorstellung beruhenden Idee von Determinismus – einem nicht-linearen Determinismus, einem ohne feste Anhaltspunkte.¹¹³ Die Vorstellung und Frage der (linearen) Kausalität bezieht ja immer einen Standpunkt und konkrete Anhaltspunkte ein, und steht daher mit der Frage der Konstitution von Einheiten und der Emergenz von Eigenschaften in Verbindung.

Wesentlich ist, dass aufgrund des Primats der Konstellation keine reellen, 'lokalen' Einheiten denkbar sind, die nicht selbst Konstellationen im Rahmen von Konstellationen, und letztlich der Gesamt-Konstellation, 'sind'.¹¹⁴ Das Diktum 'Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile' ist insofern nur die halbe Wahrheit, denn das Ganze ist zugleich das generische Prinzip der Teile. Die Konstellation 'besteht' ja nicht aus unabhängigen 'Teilen', sondern die Konstitution von Einheiten (mit einer gewissen 'Unabhängigkeit') ist selbst Teil der Formation der Gesamt-Konstellation als unendlicher Prozess.¹¹⁵ Das Modell 'Autonomie' scheidet daher in Bezug auf die Frage des ontologischen Status von 'lokalen Einheiten' von vornherein aus, denn die Autonomie liegt aus logischen Gründen ausschließlich auf Seiten der Gesamt-Konstellation.¹¹⁶ Das einzige Modell, das

112Man mag hier an Leibniz' Idee der 'prästabilierten Harmonie' denken, aber auch an einen blinden, 'selbstlernenden' Algorithmus, dessen Grundlage das Prinzip der synthetischen Einheit in der Differenz (in Kombination mit dessen 'binärlogischen' Grundlagen und dem Faktor 'Dekohärenz') bildet, und dessen Blindheit auf dem Umstand beruht, dass er nichts 'außer sich' hat, dass seine 'Logik' eine rein immanente (von der Gesamt-Konstellation bestimmte) ist. Das prinzipielle Verständnis der reinen Immanenz bildet übrigens auch die notwendige Voraussetzung für einen adäquaten heuristischen Ansatz in Bezug auf das Thema der Genese von 'Bewusstsein' (und zwar in Verbindung mit dem Thema der Konstitution von Einheiten im Rahmen der Gesamt-Konstellation, ausgehend vom Spezifikum der 'lebendigen Einheiten', ihrer 'prekären Autarkie', ihrer Angewiesenheit auf die Verfügbarkeit von Energie, durch die, im Rahmen der Konstellation, 'Rezeption' und 'Unterscheidung' auf elementarer Ebene ins Spiel kommt).

113In diesem Sinne stimme ich wiederum mit Ladyman und Ross überein, wenn sie schreiben: „The tentative metaphysical hypothesis of this book, which is open to empirical falsification [?], is that there is no fundamental level, that the real patterns criterion of reality is the last word in ontology, and there is nothing more to the existence of a structure than what it takes for it to be a real pattern.“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 178). Allerdings denke ich (wie das Fragezeichen andeutet) nicht, dass diese Frage eine empirische Frage ist. Der Punkt ist schlicht, dass die Konstellation die logische Grundtatsache ist, die alle Differenzierungen in sich befasst und nichts außer sich hat.

114Die Unterscheidung von Konstellationen im Rahmen der Gesamt-Konstellation (wir werden davon gleich noch im Sinne von 'Milieubildung' reden) hängt mit der bereits angesprochenen 'lokalen Wirkung' und 'globalen Wirksamkeit' des Prinzips der synthetischen Einheit in der Differenz zusammen.

115Darin besteht die Schwierigkeit der Beschreibung der Gesamt-Konstellation, dass man, um sie als 'Konkretum' (das heißt, mit Bezug auf den Einfluss der Konstitution von Einheiten) zu beschreiben, von ihr immer als jenes 'Abstraktum' ausgehen muss, als das sie auch 'im Hintergrund wirkt', während die Konstitution von Einheiten (in emergenter Weise) ihren ganz eigenen Einfluss ausübt. In diesem Sinne ist, denke ich, auch die Kritik von Michael Strevens an 'compositional theories' anhand des 'aggregation problem' zu verstehen. Er schreibt: „I call the relations between spatiotemporal parts *sensitive* because their effect on the aggregate is sensitive to small changes in the state of the part. ... The relations between spatiotemporal parts are *combinatorially complex* because, as you increase the number of objects, the number of relations to keep track of increases.“ (Strevens, M. (2017), S. 45)

116Ich zitiere wieder Ladyman und Ross: „Both QM [quantum mechanics] and relativity theory teach us that the nature of space, time, and matter raises profound challenges for a metaphysics that describes the world as composed of self-subsistent individuals.“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 151)

unter diesen Umständen logisch in Frage kommt, ist das Modell 'Autarkie', das zugleich Antwort gibt auf die Frage der Konstitution 'lokaler Einheiten', und zwar gemäß dem 'Elektrischen Potential' der elementaren Entitäten.¹¹⁷ Die Autarkie als Modell korrespondiert dem Prinzip der synthetischen Einheit in der Differenz als 'principium individuationis' der Physik, das nicht nur das Prinzip der Konstitution von 'lokalen Einheiten', sondern im selben Zug auch das Prinzip ihrer Dekomposition, der grundsätzlichen Vergänglichkeit dieser Einheiten (der Entropie) ist. Die Autarkie ist aus diesem Grunde auch grundsätzlich eine kontingente.

Unmittelbar in Zusammenhang damit steht das Thema der 'Eigenschaften' bzw. der 'Qualitäten'. Dabei ist zu unterscheiden zwischen denjenigen 'Eigenschaften' der betreffenden Einheiten, die die raum-zeitliche Konstellation betreffen – nämlich die Ausdehnung, das Verhalten in der Zeit relativ zur Position, und die Masse, die Gegenstand der klassischen Physik sind –, und den emergenten 'Qualitäten' (oder auch 'Kräften'), die in Verbindung zu ihrer Konstitution, bzw. zu ihrer Autarkie im Rahmen der Konstellation, und der darauf beruhenden, bzw. damit verbundenen Interaktion stehen. In Wahrheit sind beide 'Arten' von Eigenschaften natürlich nicht zu trennen, denn sowohl die Ausdehnung, als auch die Masse und das Verhalten in der Zeit hängen ihrerseits unmittelbar mit dem Faktor Konstitution (sowie in weiterer Folge Kumulation) zusammen. Insofern sind (gemäß der These vom Primat der Konstellation) alle Eigenschaften und Qualitäten konkreter Einheiten grundsätzlich emergenter Natur.¹¹⁸

Robert B. Laughlin schreibt dazu: „Die Gesetze der Bewegung von Elektronen zeugen die Gesetze der Thermodynamik und der Chemie, welche die Gesetze der Kristallisation zeugen, die wiederum die Gesetze hervorbringen, von denen Härte und Formbarkeit gesteuert werden, woraus die Gesetze der Technik hervorgehen. Demnach stellt die Welt der Natur eine interdependente Hierarchie der Abstammung dar ...“¹¹⁹ Und an anderer Stelle: „*Alle* fundamentalen Konstanten setzen den Kontext einer Umgebung voraus, um einen Sinn zu ergeben. In der Praxis gibt es in der Physik keine Unterscheidung zwischen reduktionistischen und emergenten Größen.“¹²⁰

Die dynamische Konstitution von 'reellen', kontingent autarken, 'lokalen' Einheiten, sowie die 'lokale' Interaktion auf Basis dieser Konstitution von Einheiten bildet den Grund und das Prinzip der Emergenz von 'Eigenschaften' (bzw. 'Qualitäten' oder 'Kräften'). Die Emergenz von 'Eigenschaften' korreliert mit der Virulenz der Beziehungen auf elementarer Ebene. Sie hat den Charakter einer Evokation durch die energische Interaktion auf Basis der Konstitution von 'lokalen' Einheiten im Rahmen der generellen Interdependenz mit Bezug auf die (Autonomie der) Gesamt-Konstellation.¹²¹ Die 'Eigenschaften' sind nicht das 'Resultat' der Interaktion, nicht etwas davon Unterschiedenes, sondern sie werden gleichermaßen evoziert und prozessiert durch die Interaktion, durch die die 'reellen' erst zu 'konkreten' Einheiten werden. Ihr Status ist ein rein prozessualer, es

117Im Abschnitt „Rainforest Realism and the Unity of Science“ schlagen Ross und Ladyman (gemeinsam mit John Collier) als 'nützliche Idee' bezüglich der Konstitution von 'Objekten' im Rahmen des OSR die 'Kohäsion' vor:

„Collier ... offers an alternative metaphorical framework for the relevant notional space in saying that an object coheres when the balance of intensities of 'centrifugal' and 'centripetal' forces and flows acting on it favours the 'inward' ('centripetal').“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 246f.). Im metaphorischen Charakter dieser Idee (den auch die Autoren selbstkritisch anmerken) manifestiert sich wiederum die Problematik der Unangemessenheit der 'objektiven Erkenntniseinstellung', wenn es um transzendente Fragen geht.

118Die Worte, mit denen Ladyman und Ross Johanna Stachel zitieren, nämlich „that in so far as the entities of modern physics have individuality they 'inherit it from the structure of relations in which they are enmeshed' ...“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 153) treffen insofern auf alle Arten von Entitäten zu.

119Laughlin, R. B. (2007), S. 26

120Laughlin, R. B. (2007), S. 41

121Die Autonomie der Gesamt-Konstellation entspricht im Grunde genommen dem Satz von der Erhaltung der Energie. Ich zitiere hier erneut Ladyman und Ross: „Consider David Mermin's 'Ithaca' interpretation of QM, according to which: 'Correlations have physical reality: that which they correlate does not'. ... Mermin argues that the physical reality of a system consists in: (a) the (internal) correlations among its subsystems; (b) its (external) correlations with other systems, viewed together with itself as subsystems of a larger system.“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 187)

handelt sich um eine 'Bestimmtheit im Fluss', denn 'Konstitution' und 'Interaktion' sind rein 'immanente' Vorgänge, sie sind unmittelbar wirklich und wirksam, und daher völlig 'blind'.¹²² Das 'binärlogische' Prinzip der 'synthetischen Einheit in der Differenz' in seiner 'reellen' Instantiation – mit seiner onto-logischen Konsequenz des Primats bzw. der Autonomie der Gesamt-Konstellation, in Verbindung mit dem korrespondierenden Prinzip der 'kontingenten Autarkie' reeller, 'lokaler' Einheiten – ist inhärent generisch, gleicht realiter einem blinden, viralen, generischen Algorithmus.¹²³

Eine solche 'prozessuale Eigenschaft', die durch die Interaktion elementarer 'lokaler' Einheiten auf der Basis ihrer Konstitution (Autarkie) im Rahmen der Gesamt-Konstellation evoziert wird, ist die Kohäsion, mit der Folge der Kumulation, der Formation umfassenderer Einheiten. Wie Ladyman, Ross und Collier schreiben: „The key conceptual job performed by cohesion is that it is an equivalence relation that partitions sets of dynamical particulars into unified and distinct entities.“¹²⁴

Um die ontologischen Konsequenzen der These vom 'Primat der Konstellation' auszuloten, ist es notwendig, die Konstitution reeller, kontingent autarker, 'lokaler' Einheiten vom Standpunkt der (Autonomie der) Gesamt-Konstellation her zu beleuchten. Die folgenden Aspekte sind dabei zu beachten:

- a) Die Konstitution reeller, kontingent autarker (atomarer) Einheiten hat aus Sicht der Gesamt-Konstellation den Status und Charakter der Bildung spezifischer Konstellationen im Rahmen der Gesamt-Konstellation, die sich damit selbst in eine Unzahl 'lokaler' Konstellationen 'verwandelt' bzw. aufsplittet, die notwendig (blind) miteinander interagieren, weil die Autonomie einzig auf Seiten der Gesamt-Konstellation liegt. Man kann die Konstitution von reellen, kontingent autarken Einheiten zwar 'objektiv' als Vorgang der 'Strukturbildung' auffassen, aber aus 'immanenter' Perspektive, also aus der Sicht der Gesamt-Konstellation (unter Beachtung ihrer Autonomie), hat er eher den Charakter einer permanenten dynamischen 'Konfiguration'.
- b) Durch die Konstitution (und in weiterer Folge Formation) 'lokaler' autarker Einheiten und die damit verbundene Emergenz von 'Eigenschaften' (wohlgemerkt auch 'Qualitäten' und 'Kräften') auf der Basis der Konstitution und Interaktion dieser Einheiten, geht die 'Initiative' der Entwicklung der Gesamt-Konstellation in hohem Maße von der 'globalen' auf die 'lokale Ebene' über. Die Dynamik ihrer Entwicklung wird so maßgeblich bestimmt von den 'lokalen' Faktoren (den Einheiten, ihren Interaktionen, und den darin in Erscheinung tretenden 'Qualitäten' und 'Kräften'). Die Autonomie der Gesamt-Konstellation bleibt davon grundsätzlich unberührt.
- c) Die Konstellation hat es an sich, dass jede Veränderung im Rahmen einer Konstellation (bzw. eines Teils einer Konstellation) unmittelbar auch eine Veränderung der Konstellation als solcher (der gesamten Konstellation) bedeutet, und insofern kann man von einer wechselseitigen Durchdringung der 'lokalen' Einheiten ('atomaren Konstellationen') und der Konstellation(en) ihrer 'Umgebung', ebenso wie der Gesamt-Konstellation sprechen.¹²⁵ Alle Konstellationen beeinflussen

¹²²Dieser Aspekt ist von grundlegender Bedeutung in Hinblick auf das Thema der Genese von 'Bewusstsein' und letztlich auch für die Auffassung von 'Erkenntnis'. Denn die Frage nach dem Grund (und den Bedingungen der Möglichkeit) des Auftretens von 'definitiver Bestimmtheit' (aufbauend auf dieser rein prozeduralen Bestimmtheit) ist der Schlüssel zum Verständnis des Phänomens 'Bewusstsein'.

¹²³Man könnte diesen in gewisser Weise als das 'Betriebssystem' des Universums betrachten. So schreibt etwa Anton Zeilinger: „Information ist der fundamentale Baustein des Universums.“ (Zeilinger, A. (2005), S. 73). Ich möchte hier erneut Ladyman und Ross zitieren, die schreiben: „[David] Mermin ... suggests that ... we should abandon the search for a substratum for quantum information in physics. However, he thinks there is a reality of qualia not described by physics.“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 188).

¹²⁴Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 248. Und weiter unten: „The job the concept performs is a scientific one: it gives individuation conditions for dynamical entities, constructed out of measurement data by observers for second-best keeping of epistemic books.“ Dieses Konzept verdankt sich, wie gesagt, der 'objektiven Erkenntniseinstellung'. Dass es kein grundlegendes Konzept ist, ist daran erkennbar, dass die Kohäsion (so wie übrigens auch ihr extremes Gegenteil, die Explosion) emergent, d.h. durch Interaktion evozierten, Ursprungs ist. Sie 'ist', besser gesagt (aus immanenter Sicht), eine Form der Interaktion.

¹²⁵Dieser Aspekt der Konstellation ist es übrigens, der den Reiz vieler Spiele ausmacht, wobei die Spielregeln den Part

einander wechselseitig, und lassen sich daher auch nur bedingt voneinander abgrenzen.¹²⁶ Aufgrund dieser durchgehenden Reziprozität hat das, was in der 'objektiven Erkenntniseinstellung' als 'Struktur(bildung)' erscheint (das 'Vorhandensein' bzw. die Formation von 'Einheiten') im Kontext einer größeren Konstellation immer zugleich den Charakter und Effekt einer 'Milieubildung' (und zwar auf allen 'Ebenen'), welche 'Milieus' natürlich ihrerseits wiederum sehr stabil sein können.¹²⁷

d) Ich habe bereits davon gesprochen, dass der Raum und die Zeit nicht nur Aspekte, sondern auch Faktoren der Konstellation sind. Es ist aber im Grunde erst mit der Konstitution von Einheiten, und der damit einhergehenden Interaktion und Milieubildung, dass der Raum und (mit ihm auch) die Zeit als Faktoren der Konstellation und ihrer immanenten Entwicklung eine 'eigenständige' Rolle spielen.¹²⁸ Denn mit der Konstitution von Einheiten kommt der Raum in Hinsicht auf die Interaktion konkret als 'Distanz' (und mit ihm die Zeit als 'Dauer') ins Spiel. In dieser Form wird er auch zu einem einflussreichen Faktor der Entwicklung der Gesamt-Konstellation, der sogar zu so etwas wie Graden von 'relativer Autonomie' von Konstellationen führen kann.¹²⁹

Die bisher dargestellten Schlussfolgerungen aus der These vom 'Primat der Konstellation' laufen in der Tendenz auf eine undurchschaubare Komplexität der Vorgänge hinaus. In Form des bereits angesprochenen emergenten Effekts der Kohäsion, der zur Formation größerer Einheiten, und damit zur Kumulation führt, tritt aber auch eine (zumindest oberflächlich) gegenläufige Tendenz in Erscheinung. Die Kumulation bringt (in der Weise der Interaktion der kumulierten Einheiten) nicht nur neue 'Eigenschaften' hervor, sie wirkt auch der genannten Komplexität in gewisser Weise entgegen, indem eine stärkere Linearität ins Geschehen kommt. Maßgeblich dafür ist die 'Masse',

des autonomen Prinzips übernehmen, das aus dem Hintergrund die Bildung und Veränderung der Konstellationen, und deren emergente Wirkung (die sich in deren Beurteilung von Fall zu Fall spiegelt) bestimmt (die Optionen verändern sich 'Zug um Zug'). Auch der sog. 'Rubik's cube' beruht auf diesem Prinzip und liefert ein gutes Bild. Ist der Würfel, mit dem 'Gott spielt' (in Anspielung auf Einsteins 1926 geäußerte Auffassung, 'Gott würfelt nicht') eine Art gigantischer Rubik-Würfel? Dann hätte Einstein recht und unrecht zugleich. Denn die Wahrheit liegt nicht auf der Ebene der Stochastik, diese ist bloß Ausdruck der prinzipiellen Unberechenbarkeit, nicht der Indetermination (die von Einstein im Gedanken des 'Würfelspiels' kritisch angesprochen wurde). Die Wahrheit liegt vielmehr auf der Ebene der Autonomie der Gesamt-Konstellation und des Prinzips, das ihrer Entwicklung zugrunde liegt, das zugleich die vollkommene Determination derjenigen Ebene impliziert, auf die sich die Stochastik bezieht, die aber auf dieser Ebene (des 'Konkreten') nicht sichtbar ist und sein kann. Die Synthese entzieht sich der Analyse im Ausgang vom einzelnen Konkreten. Die Konstellationen sind nichtlinear determiniert. Linearität ist (soweit überhaupt die Rede davon sein kann) ein Sonderfall von Nicht-Linearität. Man kann auch von einer permanenten Verletzung des 'Prinzips der Lokalität' sprechen.

126Die Veränderung einer 'lokalen' Konstellation ist zwar (rein logisch gesehen) 'instantan' eine Veränderung der Gesamt-Konstellation, das trifft aber nicht auf die Beeinflussung zu, denn diese ist 'moderiert' durch die Interaktion (die Emergenz von 'Eigenschaften') und den Faktor Raum-Zeit. Man kann das Phänomen 'Verschränkung' in diesem Sinne theoretisch als einen 'logischen Fall' des Prinzips 'Milieubildung' betrachten, im Sinne instantaner, nicht durch Interaktion 'moderierter', wechselseitiger Beeinflussung (in Form strenger Korrelationen) durch eine Konstellation (was auf eine, betreffend die 'Differenz', noch ursprünglichere Instanzierung von 'synthetischer Einheit in der Differenz' als 'Fundament' der Wirklichkeit hindeuten würde, als es die 'Elektrische Ladung' ist).

Ein 'objektives Bild' einzelner Konstellationen oder der Gesamt-Konstellation zu gewinnen ist so gesehen jedenfalls ausgeschlossen. Ladyman und Ross referieren in diesem Sinne Lee Smolin mit der „suggestion that it is impossible to describe the whole universe at once, not because of epistemological difficulties but because there is no fact of the matter about its state.“ (Ladyman, J. & D. Ross (2007), S. 188, Anm. 99).

127Die Milieubildung ist die konkrete Manifestation der angesprochenen 'lokalen Wirkung und globalen Wirksamkeit' des Prinzips der synthetischen Einheit in der Differenz.

128In einer 'stehenden Welle' etwa existieren Raum und Zeit in gewisser Weise noch ungetrennt. In ihr ist der Raum reines Kontinuum und die Zeit reine Instantaneität. Mit der Konstitution von Einheiten kehrt sich dieses Verhältnis in gewissem Ausmaße um. Der Raum wird partiell zum 'Ort' (Diskretum) und die Zeit zur Dauer (Kontinuum).

129Die Milieubildung reflektiert in gewisser Weise die Dialektik zwischen beiden Erscheinungsformen des Raumes 'Diskretion' (Lokalität) und 'Kontinuität' (Distanz). Aus Sicht der Konstellation(en) lässt sich die 'Krümmung' des Raumes (in seiner Erscheinungsform als Kontinuum) als ein Aspekt der 'Milieubildung' in Verbindung mit Kohäsion und Kumulation auffassen. Die 'Raumvorstellung' ist dagegen immer getragen von der Herstellung von Koordinaten (auf Basis einseitiger Bezugnahme), und diese hängt zusammen mit der Konstitution 'prekär autarker' Einheiten, und der damit einhergehenden Verwandlung der 'Konstellation' in eine 'Situation'.

als (gleichfalls emergente) Eigenschaft der konkreten 'lokalen' Einheiten, deren effektive Bedeutung gegenüber dem 'Elektrischen Potential' in Hinsicht auf das (raum-zeitliche) Verhalten dieser Einheiten (im Rahmen der Konstellation) mit der Kumulation zunehmend an Gewicht gewinnt.¹³⁰

Die Kumulation als Aspekt und Faktor der Milieubildung zeitigt aber – qua Interaktion – auch Wirkungen anderer ('qualitativer') Art. Man denke z.B. an Faktoren wie den Luftdruck oder den Luftwiderstand, und deren Einfluss auf das Verhalten (und auch den Bestand) der kumulierten Einheiten im Rahmen der Konstellation. Die Kunst des Experimentators besteht schließlich darin, den Faktor 'Milieu' durch das entsprechende Setting so weit als möglich auszuschalten.

Ein grundlegender Aspekt und Faktor der Konstellation, der mit dem Raum und der Konstitution von Einheiten in Verbindung steht, und mit der Kumulation milieubildend in Erscheinung tritt, ist die Distribution. Und zwar sowohl in Bezug auf die kumulierten Einheiten, als auch auf die gesamte Konstellation. Diese hat nicht nur Einfluss auf das raum-zeitliche Verhalten der Einheiten, sondern auch auf deren Aggregatzustände, die ihrerseits wieder auf das Verhalten 'einwirken', also zur Emergenz von 'Eigenschaften', und zu wechselseitigen Beeinflussungen (Stichwort: Temperatur) führen.¹³¹

Zwei extreme Ausprägungen der milieubildenden Wirkung des Faktors Distribution, die ich hier noch erwähnen möchte, sind die 'relative Autonomie' und die Kernfusion. Mit 'relativer Autonomie' meine ich hier, dass durch die Kombination großmaßstäblich wirksamer Faktoren (wie Ausdehnung, Masse, räumliche Distanz im Sinne einer gewissen 'Isolation') mit spezifischen Konstellationen auf mikrophysikalischer Ebene 'regionale' (im Sinne von 'planetare') Bedingungen entstehen können, die (metaphorisch) eine Auffassung dieser Konstellationen im Sinne von 'physikalischen Biotopen' nahelegen. Auch in der Weise der 'Isolation' tritt der Raum also mittelbar als wirksamer Faktor in Erscheinung.¹³²

Die Kumulation als eine Weise der Distribution (die ihrerseits insgesamt stark von dem emergenten Faktor 'Masse' in Verbindung mit der Kumulation bestimmt ist), zeitigt ab einer gewissen Dimension (durch ihr eigenes 'Gewicht' bzw. dessen Einfluss auf die Interaktion der kumulierten Einheiten) eine spezifische emergente Wirkung. Die Kumulation wirkt selbst (nun nach innen) in spezifischer Weise milieubildend (nämlich als Druckkammer), was ab einer gewissen Schwelle zu spezifischen Interaktionen, und entsprechenden emergenten Wirkungen führt, nämlich zur Synthese von synthetischen Einheiten (durch die 'Verletzung' von deren kontingenter Autarkie und die Konstitution neuer, autarker Konstellationen auf Basis von Kernfusionen), bei der es zur Freisetzung von Energie (in Form des Lichts)¹³³ kommt, die wiederum in verschiedenster Weise einen massiven Einfluss auf andere Konstellationen in verschiedenstem Maßstab ausübt, und auch maßgeblichen Anteil an der Entstehung von Leben hat.

130So schreibt James Woodward über „macroscopic objects – their behavior is surprisingly independent of the details of the underlying physics, often depending only on very generic features of that physics.“ (Woodward, J. (2017), S. 207). Insofern die durch die Interaktion selbst evozierten 'Eigenschaften' im Rahmen der Konstellation die Interaktion selbst, und die Entwicklung der Konstellation(en) maßgeblich strukturieren, trägt die Entwicklung fraktale Züge. In dieses Bild passt auch C. Kenneth Waters 'No General Structure'-These „that the world lacks a 'the structure' that spans scales“. (Waters, C. K. (2017), S. 100)

131Robert B. Laughlin schreibt in Bezug auf 'Phasen der Materie' im Sinne von Aggregatzuständen: „Phasen sind ein ursprünglicher und gut erforschter Fall von Emergenz, der zudem schlüssig vor Augen führt, dass in der Natur Mauern existieren, die durch Größenordnungen definiert sind.“ (Laughlin, R. B. (2007), S. 65)

132Eine räumliche Isolation, die in ihrer Wirkung (je nach den relevanten Verhältnissen oder Bedingungen in Bezug auf die Erzielung einer bestimmten emergenten Wirkung) grundsätzlich auch auf experimentelle Weise ('technisch') simuliert werden kann (oder z.B. auch durch Experimente im Weltraum).

133Das Licht existiert als Welle (als elektromagnetische Strahlung), aber auch als Teilchen ('Photon'), mithin räumlich in zwei unterschiedlichen Formen, als Kontinuum und auch als Diskretum. Das Photon hat als Teilchen keine Ladung, es ist als Teilchen zugleich sein Antiteilchen. Assoziiert man die Elektrische Ladung mit der 'Dekohärenz', dann kann man den Gesteigungsprozess des Lichts spekulativ mit einem Entweichen aus der Dekohärenz assoziieren.

4. Epilog

Das Primat (und damit verbunden die Autonomie) der Konstellation (als logische Konsequenz aus der Einsicht, dass die 'Elektrische Ladung' nicht als 'Eigenschaft' angesehen werden kann) verweist von selbst auf die Grenzen einer objektivierenden Betrachtungsweise. Es gibt keinen fixen Anhaltspunkt in diesem rein immanenten Bezugssystem sich unablässig verändernder und beeinflussender Konstellationen, weil nur die globale Ebene autonom ist, aber diese selbst nichts anderes ist, als eben die Gesamtheit in all ihren Einzelheiten. Es gibt keine an sich bestimmten Entitäten oder Bausteine, es gibt keinen linearen Aufbau, es gibt nur Konstellationen und Prozesse, vollkommen (aber nicht linear) determiniert. Linearität ist (soweit davon überhaupt die Rede sein kann) nur ein Sonderfall von Nicht-Linearität.¹³⁴ Die Konzepte von Substanz und Kausalität, Identität und Autonomie – so nützlich und verständlich sie im Erkenntniszusammenhang auch sind – stehen dieser Einsicht im Wege.¹³⁵ Unsere Erkenntnisauffassung als solche beruht auf diesen Konzepten, und eine Epistemologie, die darauf aufbaut, ist insofern 'ontologiebeladen'. Die Erkenntnistheorie versteht sich (ebenso wie in ihrem Gefolge die Wissenschaftstheorie) seit ihren Anfängen als Bollwerk gegen die Metaphysik. Weil sie dabei aber, um 'objektive Gewissheit' zu gewinnen, den Holismus intellektuell verbannt (darin besteht ihr Gegensatz zur Metaphysik), fällt sie dem Glauben an ihre eigenen Abstraktionen zum Opfer und verbaut sich dadurch auch eine adäquate Auffassung des Erkenntniskonzepts der Physik, das letztendlich zu Einsichten führt, die der passiven Erkenntnisauffassung vollkommen die Grundlage entziehen. Erkenntnis muss neu gedacht werden, und das klassische Zentralthema der spekulativen Metaphysik, nämlich die Frage der Möglichkeit ('autonome') Einheit und definitive Bestimmtheit zusammen zu denken, liefert dafür den wesentlichen Anhaltspunkt.¹³⁶ Und zwar dann, wenn man das, was die Erkenntnistheorie als ihre Prämisse voraussetzt, nämlich die 'Transzendenz' der Gegenstände, als generisches Produkt einer Entwicklung betrachtet, die nur dann überhaupt sichtbar wird, wenn man sie aus der Sicht der Frage der Genese prekär autarker (lebendiger) Einheiten und ihres ontologischen Status betrachtet.

Literaturverzeichnis

- Brading, K. (2017). Time for empiricist metaphysics. In: *Metaphysics and the philosophy of science: new essays*. Ed. by Matthew H. Slater and Zanja Yudell. Oxford: Oxford University Press
- Carnap, R. (1926). *Physikalische Begriffsbildung*. Karlsruhe: G. Braun. (Wissen und Wirken; 39)
- Carnap, R. (2004). *Überwindung der Metaphysik durch logische Analyse der Sprache*. In: Carnap, R.: *Scheinprobleme in der Philosophie und andere metaphysikkritische Schriften*. Hrsg., eingel. u. mit Anm. vers. von Thomas Mormann. Hamburg: Meiner. (Philosophische Bibliothek; 560)
- Cassirer, E. (2004). *Determinismus und Indeterminismus in der modernen Physik: historische und systematische Studien zum Kausalproblem*. Text u. Anm. bearb. von Claus Rosenkranz. Hamburg: F. Meiner. (Cassirer, E.: *Gesammelte Werke*. Hamburger Ausg. / hrsg. von Birgit Recki; Bd. 19)
- Feyerabend, P. (1986). *Wider den Methodenzwang*. Frankfurt am Main: Suhrkamp. (Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft; 597)
- Heidegger, M. (1972). *Sein und Zeit*. 12., unveränd. Aufl. Tübingen: Niemeyer

¹³⁴Der Begriff 'Chaostheorie' für die Erforschung von Nicht-Linearität beruht im Grunde genommen auf der falschen Erwartung von kausaler Linearität als Normalfall. Der dort verwendete Begriff 'Attraktor' steht in meinen Augen für den Faktor 'Milieubildung' im Zusammenhang mit Konstellationen.

¹³⁵In diesem Sinn ('das Sein' als eine nicht wahrnehmbare, autonome Ebene hinter der Ebene des Wahrnehmbaren) ist es wohl auch zu verstehen, wenn Martin Heidegger in 'Holzwege' schreibt: „Das Nichts ist niemals nichts, es ist ebensowenig ein Etwas im Sinne eines Gegenstandes; es ist das Sein selbst, dessen Wahrheit der Mensch dann übereignet wird, wenn er sich als Subjekt überwunden hat und d.h., wenn er das Seiende nicht mehr als Objekt vorstellt.“ (Heidegger, M. (1963), S. 104)

¹³⁶Die Metaphysik ist ja, obwohl sie (oder gerade weil sie) zur Gänze auf der naiven, passiven Erkenntnisauffassung aufbaut, ontologisch viel weniger naiv als die Erkenntnistheorie.

- Heisenberg, W. (2017). *Der Teil und das Ganze: Gespräche im Umkreis der Atomphysik*. Ungekürzte Taschenbuchausg., 13. Aufl. München: Piper. (Serie Piper; 2297)
- Hume, D. (1975). *Enquiries concerning Human Understanding and concerning the Principles of Morals*. Ed. by L. A. Selby-Bigge. 3. ed. Oxford: Clarendon Press
- Kant, I. (1975). *Kritik der reinen Vernunft*. 4. Nachdr. d. Ausg. 1956). Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. (Kant, I.: Werke in sechs Bänden / hrsg. von Wilhelm Weischedel; Bd. 2)
- Kuhn, T. S. (2012). *The Structure of Scientific Revolutions*. With an introductory essay by Ian Hacking. 4. ed. (50. anniversary ed.) Chicago: The University of Chicago Press
- Ladyman, J. & D. Ross (2007). *Every Thing Must Go: metaphysics naturalized*. With David Spurrett and John Collier. Oxford: Oxford University Press
- Laughlin, R. B. (2007). *Abschied von der Weltformel: Die Neuerfindung der Physik*. Aus d. Amerikan. übers. von Helmut Reuter. München, Zürich: Piper
- Locke, J. (1979). *An Essay concerning Human Understanding*. Ed. With a foreword by Peter H. Nidditch. Oxford: Clarendon Press
- Popper, K. R. (1976). *Logik der Forschung*. 6., verb. Aufl. Tübingen: Mohr
- Popper, K. R. (1978). *Conjectures and Refutations: the growth of scientific knowledge*. 4. ed. (rev.), repr. London: Routledge and Kegan Paul
- Quine, W. V. O. (1991). *Theorien und Dinge*. Übers. von Joachim Schulte. Frankfurt am Main: Suhrkamp. (Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft; 960)
- Stanford, P. K. (2006). *Exceeding Our Grasp: science, history, and the problem of unconceived alternatives*. Oxford: Oxford University Press
- Strevens, M. (2017). *Ontology, Complexity, and Compositionality*. In: *Metaphysics and the philosophy of science: new essays*. Ed. by Matthew H. Slater and Zanja Yudell. Oxford: Oxford University Press
- Van Fraassen, B. C. (2002). *The Empirical Stance*. New Haven: Yale University Press. (The Terry Lectures)
- Waters, C. K. (2017). *No General Structure*. In: *Metaphysics and the philosophy of science: new essays*. Ed. by Matthew H. Slater and Zanja Yudell. Oxford: Oxford University Press
- Weizsäcker, C. F. v. (2004). *Der begriffliche Aufbau der theoretischen Physik: Vorlesung gehalten in Göttingen im Sommer 1948*. Stuttgart [u.a.]: S. Hirzel
- Woodward, J. (2003). *Making Things Happen: a theory of causal explanation*. Oxford: Oxford University Press
- Woodward, J. (2017). *Interventionism and the Missing Metaphysics: a dialogue*. In: *Metaphysics and the philosophy of science: new essays*. Ed. by Matthew H. Slater and Zanja Yudell. Oxford: Oxford University Press
- Zeilinger, A., (2005). *Einsteins Spuk: Teleportation und andere Mysterien der Quantenphysik*. München: Bertelsmann