

Uwe Meixner · Albert Newen (Hrsg.)

Philosophiegeschichte und logische Analyse

Logical Analysis and History of Philosophy

Schwerpunkt:
Philosophie des Mittelalters
Focus:
Medieval Philosophy


mentis

Paderborn

Gedruckt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei
Der Deutschen Bibliothek erhältlich.

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem
und alterungsbeständigem Papier  ISO 9706

© 2002 mentis, Paderborn
(mentis Verlag GmbH, Schulze-Delitzsch-Straße 19, D-33100 Paderborn)

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk sowie einzelne Teile desselben sind urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zulässigen Fällen ist ohne vorherige Zustimmung des
Verlages nicht zulässig.

Printed in Germany
Umschlaggestaltung: Anna Braungart, Regensburg
Satz und Herstellung: Rhema – Tim Doherty, Münster
ISBN 3-89785-154-7

Buchbesprechungen

Book Reviews

Renate Huber:
Einstein und Poincaré.
Die philosophische Beurteilung
physikalischer Theorien

Paderborn: mentis 2000

Carsten Klein:
Konventionalismus und Realismus.
Zur erkenntnistheoretischen Relevanz der
empirischen Unterbestimmtheit von Theorien

Paderborn: mentis 2000

Dem Titel zufolge ist das Buch von Renate Huber eine historisch ansetzende wissenschaftstheoretische Studie, dasjenige von Carsten Klein dagegen eine rein systematische Untersuchung. Tatsächlich ergibt sich aber auf den zweiten Blick, daß die zentrale These beider Bücher die gleiche ist: *Physikalische Theorien sind durch empirische Daten radikal unterbestimmt, und zwar derart, daß es einander widersprechende Theorien geben kann, die empirisch äquivalent sind.* Diese Aussage ist in der wissenschaftstheoretischen Diskussion seit langem geläufig als Unterbestimmtheits-These (kurz: U-These), und sowohl Huber als auch Klein wollen sie in je eigener Weise argumentativ stützen, Klein durch kritisches Nachvollziehen einer wissenschaftstheoretischen Diskussionslinie, Huber durch detaillierte Analyse eines historischen Beispiels. So legt sich eine gemeinsame Besprechung der beiden Studien nahe, die sich auf eben diese Argumente zur U-These konzentriert. Aus der genannten These (die sie beide für begründet halten) ziehen Huber und Klein höchst unterschiedliche Schlüsse, die ich jedoch nur kurz und im Rahmen eines Überblicks über beide Bücher aufführe.

Hubers Gesamtargumentation. Im Zentralkapitel ihres Buches stellt Huber zwei konkurrierende Theorien der Elektrodynamik bewegter Objekte ausführlich dar: die Lorentz-Poincaré-Theorie (LPT) und die Einstein-Minkowski-Theorie (die im wesentlichen die Spezielle Relativitätstheorie ist, die wir heute kennen; darum: SRT). Benutzt wird die Darstellung, um folgendes zu vertreten: Die LPT und die SRT sind in ihrem gemeinsamen Anwendungsbereich „voll empirisch äquivalent“ (Huber 262). Die Wahl zwischen beiden Theorien (die historisch zwischen etwa 1905 und 1912 tatsächlich zugunsten der SRT erfolgte) ist nicht empirisch begründet. Die beiden Theorien sind somit ein Fallbeispiel für die U-These. Weiter gilt zweierlei: 1. Die LPT und die SRT sind methodisch äqui-

valent in dem Sinne, daß sie charakterisiert sind „durch einige wenige Grundannahmen, ein deduktives Vorgehen und eine Übereinstimmung des mathematischen Formalismus“ (Huber 262). 2. Die beiden Theorien „geben unterschiedliche Antworten auf metaphysische Fragen“ (Huber 262). Die beiden Theorien sind somit ein Fallbeispiel für die These, daß „eine begründete Theorienentscheidung zwischen speziellen Theorien, die voll empirisch äquivalent und methodologisch gleichartig gebaut sind“, auch „metaphysische Kriterien“ einbeziehen muß (Huber 325). Damit sind für das Beispiel LPT/SRT gemeint: ein Einheits- und Einfachheitsideal, sowie „erkenntnistheoretische Vorannahmen“ (vgl. 329–31).

Diese Skizze des argumentativen Skeletts wird natürlich Hubers Studie insgesamt nicht gerecht; darum sei folgendes ergänzt: Einerseits handelt es sich um eine materialreiche Untersuchung, welche die LPT, die SRT und den wissenschaftstheoretischen Streit um beide – ausgelöst durch einen Artikel von Zahar (1973) – informativ aufbereitet. Insbesondere kann die Autorin eine eigene neue Position in diesem Streit etablieren: Nicht (wie Zahar und seine Kritiker annehmen) die Lorentz-Theorie, sondern erst die LPT ist als vollgültiger empirischer Rivale zur SRT anzusehen. Andererseits will Huber am Beispiel LPT/SRT die Metaphysik als das entscheidende Zusatzkriterium bei der Wahl zwischen Theorien erweisen (ein Gedanke, der ebenfalls bereits von Zahar nahegelegt, aber keineswegs vertreten wird (vgl. Zahar 224)), aber ihre abschließende Argumentation für diese These überzeugt nicht. Die Annahme der Einheitlichkeit und Einfachheit der Natur im Sinne von ‚Die Natur ist nicht völlig regellos‘ ist nicht ohne weiteres als metaphysische Voraussetzung zu bezeichnen. Zudem fragt sich, warum man eine solche Voraussetzung machen sollte, um zwischen Theorien zu wählen? Wäre die Natur völlig regellos und damit nicht systematisch erklärbar, dann würde jede Theorie, wenn sie nur überhaupt generalisierende Aussagen enthält, an ihr scheitern, ganz gleich, wie einfach oder kompliziert sie ansonsten ist. Die genannte Voraussetzung ist also eine für alle Theorien, aber keine, mittels derer man eine der anderen vorziehen könnte. Von Einstein (und Huber) gemeint ist aber auch nur der *Grad* der Einfachheit einer Theorie relativ zu einer anderen für dieselben Phänomene. Daß die Natur in Gestalt eben dieser Phänomene einen genügenden Grad an Einfachheit und Einheitlichkeit besitzt, so daß zwei konkurrierende Theorien sie gleichermaßen erklären können, ist ein kontingentes (für Poincaré und Einstein staunenswertes (vgl. Huber 81, 100)) Faktum. Die Wahl zwischen beiden Theorien ergibt sich jedoch nicht aus dieser staunenswerten Einfachheit der Natur, sondern aus der Tatsache, daß beide Theorien die beobachteten Phänomene kausal erklären wollen und damit bestimmte Entitäten mit bestimmten Eigenschaften als Ursachen dieser Phänomene postulieren müssen. Die kompliziertere Theorie muß davon mehr postulieren, und dies ist durch eine einfachere Theorie, die dasselbe leistet, eben als überflüssig erwiesen. Die Einfachheit der Natur, insofern sie überhaupt besteht, ist also kontingent. Theorien müssen sich nun einmal der Natur, einfach oder kompliziert, wie sie ist, anbequemen; und hier wiederum siegt die einfachere über die kompliziertere aus Gründen der Denkökonomie und der größeren Sparsamkeit bei den als

Ursachen der Phänomene angenommenen Entitäten. Dabei die Metaphysik zu bemühen erscheint überflüssig.

Hubers Argumentation für die U-These. Das zentrale Argument Hubers soll die folgende Behauptung belegen: Die LPT und die SRT sind in ihrem gemeinsamen Anwendungsbereich „voll empirisch äquivalent“ (Huber 262), darum ist die Wahl zwischen ihnen nicht empirisch zu rechtfertigen. Um diese These diskutieren zu können, muß vorausgeschickt werden: Die LPT geht aus von der Voraussetzung eines Äthers „als Trägermedium für elektromagnetische Wellen und als ausgezeichnetes Bezugssystem“ (Huber 210f.). In dieser doppelten Voraussetzung, bzw. ihrer Ablehnung – es gibt einen/keinen Äther, und es gibt ein/kein physikalisch ausgezeichnetes Bezugssystem – *widersprechen* sich die LPT und die SRT. Die seit den 30er Jahren empirisch nachgewiesene Zeitdilatation wird von beiden Theorien vorausgesagt (vgl. Huber 260). Da es auch sonst keine empirisch nachweisbaren Unterschiede innerhalb des Anwendungsbereiches der LPT und der SRT gibt, sind die Theorien in diesem Sinne *empirisch äquivalent*.

Wie entscheidend hier die Einschränkung auf den gemeinsamen Anwendungsbereich ist, wird an folgender Argumentation Hubers deutlich. Die SRT läßt sich in natürlicher Weise verallgemeinern zur Allgemeinen Relativitätstheorie (ART), die sich ebenfalls empirisch bestätigen läßt. Huber kommentiert: „Dieser Sachverhalt kann aber nur bedingt als empirische Überlegenheit gegenüber der ... [LPT] gewertet werden, da diese sich nicht mit der Lösung von Gravitationsproblemen beschäftigte.“ (Huber 298) Zu ergänzen wäre, daß die LPT sich zwar vielleicht zu einer Theorie erweitern ließe, die dieselben Effekte erklärt wie die ART, daß sie aber mit dieser selbst nicht verträglich ist. Weiter ist die LPT „untrennbar mit der [klassischen] Elektrodynamik verknüpft“, die „zunehmend in Konflikt mit der Quantentheorie geriet“ (Huber 299). Ergänzen läßt sich wiederum, daß die SRT sich mit der Quantenmechanik zu einer speziell-relativistischen Quantenmechanik verbinden läßt, also mit dieser anderen empirisch gut bestätigten Theorie vereinbar ist, im Gegensatz zur LPT (die etwa ein empirisch falsches Gesetz für die Schwarzkörperstrahlung ergibt; vgl. Huber 298). Huber interpretiert diese doppelte Unterlegenheit der LPT so, „daß diejenigen Bereiche der ... [LPT] zurückgewiesen werden müssen, die über den gemeinsamen Aussagenbereich der beiden alternativen Theorien hinausgehen. Eingeschränkt auf den gemeinsamen Aussagenbereich kann eine begründete Entscheidung zwischen den unterschiedlichen Theorien nicht getroffen werden.“ (ebd.)

Aber ist Hubers „Einschränkung“, die für ihr Argument offensichtlich entscheidend ist, auch sachlich gerechtfertigt? Die Rede vom „gemeinsamen Aussagenbereich“ darf ja nicht so verstanden werden, als hätten LPT und SRT einen gemeinsamen Gegenstandsbereich, der sich aber von dem der Allgemeinen Relativitätstheorie oder dem der Quantenmechanik unterscheidet. Im Gegenteil reden *alle vier* Theorien über dieselben (nämlich im Prinzip alle empirischen) Objekte. Wir haben demnach zwei empirisch äquivalente Theorien gewisser Objekte vor uns, die beide bestimmte an diesen Objekten auf-

tretende Phänomene weder erklären können, noch wollen: nämlich Gravitations- und Quantenphänomene. Die SRT läßt sich aber mit Theorien über diese Phänomene vereinbaren, die LPT nicht (im einen Falle, weil es keine aus der LPT erwachsende Konkurrenztheorie zur ART gibt, im zweiten Falle aufgrund von direkten Widersprüchen mit den Phänomenen selbst und der Quantenmechanik als einer angemessenen Theorie dafür). Es ist also zumindest eine sehr verkürzende Behauptung, beide Theorien hätten einfach nicht den Anspruch, Gravitations- und Quanteneffekte zu erklären; eine von ihnen könnte so erweitert werden, daß sie diesem Anspruch gerecht wird, die andere nicht. Man kann also sicherlich nicht sagen, die SRT und die LPT seien uneingeschränkt empirisch äquivalent; sie sind es nur, wenn man gewisse empirische Phänomene bewußt beiseite läßt. Ein bekanntes, auch von Huber diskutiertes, Argument für die U-These, die das Paar LPT/SRT ja illustrieren soll, ist die Duhem-Quine-These: Nur als Ganzes wird eine Theorie mit der Empirie konfrontiert. Während dies bei Duhem „eine ganze Gruppe von Theorien“ ist (vgl. Huber 66 das Duhem-Zitat), also wohl ein wesentlicher Teil der Physik insgesamt, ist es bei Quine sogar ausdrücklich „die Gesamtheit unseres sogenannten Wissens oder Glaubens“ einschließlich der ganzen Physik (vgl. Huber 67 das Quine-Zitat und Quine 1953: 42f.). Dieser Begriff von der Gesamtheit einer Theorie gegenüber der Empirie ist so weit, daß diejenigen Theorien, welche mit der LPT im Konflikt sind, und die empirischen Resultate, welche sie als im weiteren Sinne inadäquat erweisen, sicherlich eingeschlossen wären. Insbesondere wäre der Gedanke, zwei Theorien künstlich vom physikalischen Kontext zu isolieren, dem Duhem-Quineschen Theorien-Holismus völlig fremd. Das Paar LPT/SRT ist also zumindest kein Beleg für diejenige Art von empirischer Äquivalenz widersprüchlicher Theorien, die mit der Duhem-Quine-These im Einklang stünde.

Als zweites und gewichtigeres Argument gegen die These, die LPT und die SRT seien auch nur „in ihrem gemeinsamen Anwendungsbereich“ empirisch äquivalent, ließe sich die implizite Inkonsistenz der LPT anführen, denn eine inkonsistente Theorie kann sicher nicht als äquivalent zu einer konsistenten (als die ich die SRT ansehe) aufgefaßt werden. Die Inkonsistenz der LPT steckt genau an der Stelle, wo sie der SRT widerspricht: in der Annahme eines Äthers als ausgezeichnetes Bezugssystem. Diese Annahme sollte ursprünglich dazu dienen, die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen durch die Existenz eines „Trägermediums“ (Huber 210) zu erklären. Zunächst „wurde angenommen, daß es sich um eine materielle Substanz mit mechanistischen Eigenschaften handeln müsse“ (Huber 177). Weil der Äther aber die Bewegung der Planeten nicht abbremst, kann er offenbar „die prognostizierten mechanistischen Eigenschaften“ nicht haben, was seine Verfechter zu der Annahme führte, „daß dem Äther nur noch Feldeigenschaften zugeschrieben wurden“ (ebd.). Hubers Argumentation kann hier in zweierlei Weise interpretiert werden: (a) Es werden nur besondere „mechanistische Eigenschaften“ der angenommenen Äther-Materie zugunsten von Feldeigenschaften aufgegeben, insbesondere deren Trägheit, nicht aber ihr Materie-Charakter im Sinne des Charakters einer Substanz, die Eigenschaften tragen kann. Insbesondere bleibt der

Äther der Träger eines Feldes, das selbst ein Kontinuum von Eigenschaften im Raum ist. Diese Interpretation legt sich nahe, weil laut Huber der Äther auch nach dem Übergang zu den Feldeigenschaften noch „die Rolle der Trägersubstanz“ spielt (Huber 178). Dies würde bedeuten, daß der Äther eine Substanz ist, die gegenüber makroskopischen Objekten wie Planeten keine Trägheit hat; untereinander müßten die Ätherpartikel aber Trägheit besitzen, denn nur so können sie als Ausbreitungsmedium von Wellen dienen. Interpretation (a) ist also von einem gravierenden Konsistenzproblem bedroht. (b) Es wird nicht nur die Eigenschaft der Trägheit, sondern das Materie- oder Substanzsein des Äthers überhaupt abgelehnt; dieser hat „nur noch Feldeigenschaften“ im Sinne des modernen Feldbegriffes, demzufolge ein Feld ein Kontinuum von Eigenschaften im Raum ohne Trägersubstanz ist. (Dies scheint mir das von Huber Gemeinte, aber warum ist dann weiterhin von einer „Trägersubstanz“ die Rede (vgl. noch einmal Huber 178)?) Dann aber ist der Äther nicht mehr Träger eines Feldes, sondern ist selbst dieses Feld. Das gilt natürlich auch für zeitabhängige Felder, etwa laufende Wellen. Diese Interpretation ist konsistent, aber das Äther-Konzept ist – wie Hubers Argumentation, richtig verstanden, zeigt – dabei völlig im modernen Feldbegriff aufgegangen. Insbesondere gibt es nun auch keinen Grund mehr, ein bestimmtes Bezugssystem auszuzeichnen, da es ja unabhängig von Feldern und Wellen keines mehr gibt. Es ergibt sich also, daß beim Versuch, die LPT intern konsistent zu machen, gerade dasjenige, was der SRT widerspricht, zum Verschwinden gebracht wird.

Insgesamt ist also das Paar LPT/SRT kein überzeugender Kandidat für ein Paar einander widersprechender, aber empirisch äquivalenter Theorien. Die schon von Zahar vertretene Auffassung der empirischen Äquivalenz von Lorentz-Theorie und SRT (vgl. Zahar 120f.) ist von ihm rein historisch gemeint: Vor der empirischen Bestätigung der ART im Jahr 1915 (durch die Möglichkeit, die Perihel-Drehung des Merkur zu erklären) waren nach Zahars Ansicht die Lorentz-Theorie und die SRT empirisch ununterscheidbar. Seither aber ist die Lorentz-Theorie auch empirisch überwunden, weil (wieder nach Zahar) die ART nur eine konsequente Fortführung der SRT ist. Insofern erscheint es verfehlt, Zahar gegen seine Kritiker helfen zu wollen, indem man statt der Lorentz-Theorie die LPT als tatsächlichen empirischen Rivalen der SRT anführt; auch sie ist nach seinen Voraussetzungen seit 1915 endgültig empirisch widerlegt. Hubers Aussage, die LPT sei bis heute nicht falsifiziert (Huber 328), ist darum nicht völlig falsch; in der künstlichen Isolation, die Huber in Anspruch nimmt, mag sie stimmen. Aber die LPT ist, im Gegensatz zur SRT, nicht konsistent in den Kontext anderer, empirisch gut bestätigter Theorien integrierbar; das ist der Grund dafür, sie als empirisch widerlegt anzusehen. Man könnte aus dieser ‚empirischen Falsifikation über verwandte Theorien‘ ableiten wollen, daß die Argumentation doch ein Einheitlichkeitsideal für physikalische Theorien zugrundelegt, aber das wäre verfehlt. Die ART erklärt Phänomene, die LPT und SRT nicht erklären, und enthält die SRT als Spezialfall; insofern ist sie keine ergänzende oder Nachbartheorie, sondern eine Erweiterung oder Verallgemeinerung der SRT. Letztlich ausschlaggebend ist also die Forderung der internen Konsistenz an eine wohlbestätigte Theorie, nämlich die ART. Von

zwei ihr historisch vorhergehenden Theorien (LPT und SRT) läßt sich eine in sie einbauen, die andere nicht, was gegen die letztere spricht. Das Einheitlichkeitsideal ist also hier gar keine von außen (als Metaphysik) an mehrere Theorien herangetragen Ideal, sondern eine Konsistenzforderung, wie wir sie an jede Theorie stellen. Letztlich handelt es sich um eine erkenntnistheoretische Forderung: An alle Erkenntnis, also auch an wissenschaftliche Theorie, stellen wir den Minimalanspruch der Widerspruchsfreiheit. Wenn wir mit Huber die Erkenntnistheorie mit zur Metaphysik zählen, läßt sich ihre Argumentation für die Notwendigkeit von Metaphysik bei der Theorieentscheidung doch noch nachvollziehen – freilich in einem sehr elementaren Sinne

Kleins Gesamtargumentation. In einem Einleitungskapitel erklärt Klein, was gemeinhin unter wissenschaftlichem Realismus zu verstehen ist: die Auffassung, daß (a) die Aussagen einer wissenschaftlichen Theorie insgesamt „wörtlich“ zu nehmen, also auch Aussagen mit ‚theoretischen Termen‘ (im Gegensatz zu solchen mit ‚Beobachtungstermen‘) „als Behauptungen über die Eigenschaften unbeobachteter Objekte“ anzusehen sind; und daß (b) diese Aussagen, weil sie einer prinzipiell verifizierbaren Theorie angehören, rational gerechtfertigt sind als mögliche Wahrheiten über die Welt (vgl. Klein 15f.). Die U-These ist das zentrale Argument gegen diese Position. Im zentralen vierten Kapitel hat Klein seine Diskussion der U-These so weit zugespitzt, daß er seine Argumentation folgendermaßen zusammenfassen kann: „... lediglich der Nachweis, daß alle Theorien empirisch äquivalente Rivalen haben, also die Geltung der U-These in der stärksten Variante ..., würde eine Interpretation wissenschaftlicher Theorien im Sinne eines starken erkenntnistheoretischen Realismus ausschließen.“ (Klein 196) Das bedeutet: Es muß gezeigt werden, daß sich zu einer Theorie ganz allgemein und unabhängig von ihrem konkreten Gehalt ein empirisch äquivalenter, aber insgesamt logisch inäquivalenter Rivale konstruieren läßt. Um dies tatsächlich zu tun gibt Klein im Anschluß an die Literatur zwei Argumente: (1) Die Gesamtheit G aller wahren empirischen Generalisierungen (Quines „Beobachtungskategoriale“; vgl. Klein 185) ist zu jeder möglichen Theorie empirisch äquivalent; G „zusammen mit der Behauptung der Nichtexistenz unbeobachteter Gegenstände“ (Klein 199), also $(G \wedge N)$, ist darum ein Rivale zu jeder möglichen Theorie. (2) Es gibt noch zwei weitere (auf van Fraassen, bzw. Reichenbach zurückgehende) Algorithmen zur Erzeugung solcher Rivalen, die sich nicht überzeugend entkräften lassen.

Auch im Falle Kleins ist damit ein Großteil der Gesamtargumentation übergangen, insbesondere die historische Motivierung der Debatte durch zwei ausführliche Kapitel über Reichenbach und Grünbaum und ein Schlußkapitel, in dem Klein mögliche Einwände gegen seine Schlußfolgerungen diskutiert. Das vierte Kapitel selber vollzieht ausführlich und sorgfältig Überlegungen Quines nach, in denen dieser einen nichttrivialen Begriff der empirischen Äquivalenz von Theorien konstruiert. Ein besonderes Verdienst Kleins ist dabei die kritische Erschließung der aktuellen wissenschaftstheoretischen Diskussion (vor allem Leplin 1997 und Kukla 1998) und die instruktive begriffliche Differenzierung verschieden starker Versionen der U-These, die es ermöglicht, die

Argumente für und wider die These genau einzuordnen. Klein selbst unterscheidet sechs Varianten der These und befindet alle außer der stärksten als für seinen Argumentationszweck zu schwach (vgl. Klein 196). Bemerkenswert ist dabei seine Argumentation gegen den Versuch, die U-These durch Angabe eines Beispiels zu belegen. Der Nachweis eines einzelnen Paares empirisch äquivalenter, rivalisierender Theorien spreche nicht gegen den wissenschaftlichen Realismus. Es bestehe nämlich „die Möglichkeit, ja angesichts vergangener Erfahrungen sogar die Wahrscheinlichkeit“, durch zukünftige Beobachtungen zwischen beiden zu entscheiden; und dafür, daß in der neuen Situation wieder mehrere rivalisierende Theorien möglich sind, gebe es zunächst keine Gewähr (vgl. Klein 194f.; vgl. ähnlich Leplin 153). Diese Argumentation läßt sich direkt als Kritik an Hubers Argumentation für die U-These auffassen. Umgekehrt illustriert das von Huber erläuterte Verhältnis von LPT, SRT und ART Kleins eigene Argumentation an dieser Stelle. Spätestens die empirischen Bestätigungen der ART entscheiden zugunsten der SRT und gegen die LPT; und eine Erweiterung der LPT, die der ART gleichwertig wäre, gibt es tatsächlich nicht.

Kleins Argumentation für die U-These. Um die genannten zwei Argumente Kleins genauer betrachten zu können, sind einige vorbereitende Bemerkungen sowie ein konkretes Beispiel angebracht. Zunächst muß die en passant erwähnte Unterscheidung zwischen theoretischen und Beobachtungstermen kurz erläutert werden. Die Diskussion um diese Unterscheidung ist notorisch schwierig, weil darin semantische und ontologische Elemente verquickt sind. Eine begrenzte, für den gegenwärtigen Zweck hinreichende Aufklärung bestünde etwa in folgendem: Es gibt Beobachtungsterme, die sich auf direkt Beobachtetes beziehen und theoretische Terme, die sich eindeutig nicht auf direkt Beobachtetes beziehen. (Ob die Grenze zwischen beiden vage ist oder ob es eindeutige weder-noch-Fälle gibt, ist hier unerheblich.) Und zwar ist dies nicht so zu verstehen, daß ein und dasselbe Ding durch einen Beobachtungsterm oder alternativ einen theoretischen Term bezeichnet werden könnte, sondern daß das Vorkommen dieser Ausdrücke die Existenz jeweils verschiedener Entitäten impliziert – zumindest, wenn die Ausdrücke, wie im Realismus, für bare Münze genommen werden –, und zwar insbesondere auch *die Existenz von theoretischen Entitäten*. So – im Sinne eines Streits um die Realität theoretischer Entitäten – wird die Unterscheidung durchgängig ausgelegt: der Realist nimmt solche Entitäten an, der Antirealist bleibt agnostisch (vgl. z.B. van Fraassen 11f., Kukla 10, 90).

Weiterhin ist in der wissenschaftstheoretischen Diskussion nicht ohne weiteres klar, inwiefern Theorien mehr tun sollen, als die Welt durch wahre empirische Generalisierungen zu beschreiben. Quine etwa erwägt, wie Klein ausführt, als ernstzunehmende Fälle von Theorien „Weltbeschreibungen“, die nur aus solchen Generalisierungen bestehen (vgl. Klein 196f.). Demnach ist nicht mehr ohne weiteres von wissenschaftlichen Theorien zu fordern, daß sie beobachtete Phänomene *erklären*. Klein schließt sich in diesem Punkt zumindest implizit Quines instrumentalistischer Auffassung an, die er ansonsten ablehnt (vgl. Klein 197).

Nach diesen Klärungen sei zur Illustration ein einfaches physikalisches Beispiel betrachtet: der Stern-Gerlach-Versuch. Das hier Beobachtete läßt sich durch folgende Generalisierung wiedergeben: Wenn die Stern-Gerlach-Apparatur eingeschaltet wird, dann zeigen sich auf dem Schirm zwei getrennte Maxima. Dazu liefert die Atomphysik folgende Mini-Theorie: Ein Strahl von Silberatomen wird innerhalb der Apparatur durch ein inhomogenes Magnetfeld gelenkt. Das s-Elektron in der äußersten Schale eines jeden Silberatoms kann sich aufgrund seines zweifach gequantelten Spins nur in zwei diskrete Richtungen zum Magnetfeld einstellen, und daher wird jedes Atom mit den Feldlinien oder in Gegenrichtung abgelenkt.

Das Beispiel zeigt sofort, inwiefern wir ganz intuitiv Kleins erstes Argument für die U-These verwerfen würden. Die Konjunktion $(G \wedge N)$ bleibt bei der Generalisierung stehen und behauptet zusätzlich noch „die Nichtexistenz unbeobachteter Gegenstände“ – hier also die von Silberatomen, Elektronen und Magnetfeld; sie besteht demnach gerade in der Ablehnung jeder Art von weiterer Theorie wie der genannten Mini-Theorie. Entgegen Kleins Auffassung würden wir $(G \wedge N)$ wohl tatsächlich „als Pseudo-Theorie“ (vgl. Klein 199) verwerfen. Auch der Empirist van Fraassenscher Prägung würde eine solche ‚Schrumpftheorie‘ nicht vertreten wollen; er würde die Rede von Atomen, Elektronen und Feldern beibehalten, aber ohne sie realistisch zu interpretieren. Aber die intuitive Ablehnung läßt sich auch begrifflich präzisieren: Wir dürfen die Konjunktion $(G \wedge N)$ nicht schon deshalb ablehnen, weil sie jede *Erklärung* des Effekts verweigert, denn nach der instrumentalistischen Voraussetzung sollen Theorien die Welt nur beschreiben, und eine rudimentäre Beschreibung ist $(G \wedge N)$ immerhin, sogar eine zur vorigen Mini-Theorie empirisch äquivalente. Wir können die Konjunktion $(G \wedge N)$ jedoch ablehnen, weil nicht zu sehen ist, wie sie überhaupt in nachvollziehbarem Sinne eine *Theorie* ist. Auch dies läßt sich noch präzisieren: Wenn etwa, wie es der ‚semantic view‘ (z. B. auch der konstruktive Empirismus van Fraassens) vorschlägt, eine wissenschaftliche Theorie eine Familie von Modellen ist, dann müssen diese Modelle in der Physik im allgemeinen und im Beispiel im besonderen dynamische Modelle sein. Damit ist gemeint: Es müssen Modelle vorgeschlagen werden, welche die empirischen Bedingungen (ausgedrückt im Antezedens der Generalisierung) mit den beobachteten Effekten (ausgedrückt im Konsequens) in nachvollziehbarer Weise durch eine Dynamik, ein zeitliches Kontinuum von Ereignissen, verbinden. Der konstruktive Empirismus (van Fraassen, Kukla) würde dies auch zugestehen und nur die Auszeichnung einer dieser dynamischen Geschichten als den wirklichen Hergang des Experiments als empirisch unbegründbar zurückweisen. Nach Kleins Vorschlag wird aber überhaupt keine solche Dynamik mehr angeboten. $(G \wedge N)$ ist also in gar keinem nachvollziehbaren Sinne mehr eine wissenschaftliche Theorie.

Betrachten wir nun die beiden weiter vorgeschlagenen Algorithmen zur Erzeugung empirischer Rivalen zu einer beliebigen Theorie. Klein schreibt: „Einem Vorschlag von van Fraassen gemäß konstruiert man zu einer gegebenen Theorie T eine rivalisierende Theorie T' einfach als Behauptung, daß die empirischen Konsequenzen von T wahr sind, T selbst dagegen falsch.“ (Klein

199) Enthält T explizite Existenzsätze über theoretische Entitäten? Dann liefere die Negation von T auf den vorigen Fall hinaus. Betrachten wir den anderen Fall, daß nur die Sätze, die T *über* die theoretischen Entitäten macht, als falsch betrachtet werden. So müßte im Beispiel etwa behauptet werden, daß die Silberatome nicht durch das Magnetfeld gelenkt werden, daß der Elektronen-Spin nicht gequantelt ist, usw. Erneut ist nicht einzusehen, wieso das Ergebnis überhaupt eine Theorie ist. Das dynamische Modell, als das T interpretiert wurde, wird nur zerstört, ohne daß an dessen Stelle ein Ersatz tritt, der überhaupt den Titel einer Theorie verdient (vgl. für eine verwandte Argumentation Leplin 159).

Ganz ähnlich ist die Situation, wenn wir einen an Reichenbach anschließenden Vorschlag betrachten, der in folgendem besteht: „Angenommen, man hat eine empirisch adäquate Theorie T und eine Theorie T*, die Aussagen über Nicht-Observablen macht, welche denen von T logisch widersprechen. ... Dann kann man eine Theorie T', die mit T ebenfalls logisch unverträglich *und* ihr empirisch äquivalent ist, auf folgende Weise erhalten: T' wird als Behauptung konstruiert, daß alle beobachteten Gegenstände den Gesetzen von T folgen, alle unbeobachteten Gegenstände aber den Gesetzen von T*.“ (Klein 199) Dies scheint – wieder am Beispiel illustriert – zu besagen, daß eine Theorie T* für den Stern-Gerlach-Versuch darin bestehen könnte, für Silberatome, Elektronen und Magnetfeld irgendwelche (aber der Mini-Theorie widersprechende) Verbindungen anzunehmen, beispielsweise auch, sich irgendeine andere Dynamik für sie auszudenken. Aber sicherlich ist dies allein unzureichend, wenn nicht zusätzlich gefordert wird, daß, was auch immer laut T* passiert, das Resultat kausal an die beobachteten Phänomene anschließen muß, hier also an den Aufbau der Apparatur und das Erscheinen der getrennten Maxima. Es muß demnach gefordert werden: T* muß so gebaut sein, daß T' (wie T) die kausalen Verbindungen von beobachteten und unbeobachteten Gegenständen respektiert. Dann läuft dieser Vorschlag darauf hinaus, daß T' ein von T abweichendes dynamisches Modell des Effekts anbietet. Sicherlich gibt es solche konkurrierenden Theorien. T' würde etwa den Stern-Gerlach-Versuch mikrophysikalisch anders beschreiben als oben skizziert. Man könnte hier (für eine etwas tiefere Erklärung des Versuchs) auf die herkömmliche Quantenmechanik und die Bohm-Theorie verweisen. Es wird aber deutlich, daß die Bildung eines T' nun nicht mehr Sache eines bloßen Algorithmus ist, sondern eine der expliziten Konstruktion. Fordern wir nun noch, daß T' keine unsinnigen ad-hoc-Annahmen macht (wie etwa ‚in diesem Versuch befolgen die Elektronen eigentümliche Gesetze, die sonst nie für sie gelten‘) und mit allen anderen Theorien sowie der Empirie verträglich sein muß, dann ist gar nicht ohne weiteres gesagt, daß es zu jedem T überhaupt ein T' gibt. (Die Bohm-Theorie etwa wird, obwohl sie den genannten Versuch ‚besser‘ als die Quantenmechanik erklärt (nämlich klassisch), überwiegend abgelehnt, weil sie physikalisch unplausible Entitäten (nämlich Quanten-Potentiale) postuliert.)

Die U-These und die Duhem-Quine-These. Die U-These ist in der gegenwärtigen Wissenschaftstheorie verbreitet, aber durchaus nicht unumstritten. Etwas

präziser gesagt: Weitgehend unstrittig ist die empirische Unterbestimmtheit von Theorien, umstritten aber die in der U-These daraus gefolgerte Möglichkeit völlig gleichwertiger, aber widersprüchlicher Theorien. Die Bücher von Huber und Klein illustrieren diesen Sachverhalt: Wissenschaftliche Theorien *sind* durch die Beobachtung unterbestimmt, und verschiedene einander widersprechende, aber empirisch äquivalente Theorien *sind* in Bezug auf dieselben Phänomene möglich. Aber die nahegelegte oder behauptete Gleichwertigkeit solcher Theorien ergibt sich nicht so ohne weiteres. In den diskutierten Fällen waren die Theorien entweder so elaboriert, daß sie zwar guten Gewissens wissenschaftliche Theorien genannt werden konnten, aber nicht ohne weiteres ihren Konkurrenten gleichwertig waren, weil sie zwar für sich empirisch äquivalent, aber nicht an den Rest der Wissenschaft anschließbar waren (LPT, Bohm-Theorie); oder mittels Algorithmen wurden Gebilde erzeugt, die zu Theorien empirisch äquivalent und anschließbar an andere waren, die aber nicht mehr mit gutem Recht Theorien genannt werden können.

Es stellt sich mithin die Frage, warum der empirischen Unterbestimmtheit so viel Gewicht beigemessen und die U-These so schnell akzeptiert wird. Hier drängt sich bei genauerer Betrachtung die erwähnte Duhem-Quine-These in den Vordergrund. Duhems Auffassung, nicht eine einzelne Hypothese werde empirisch getestet, sondern die ganze Theorie, die zu ihr geführt hat, läßt sich noch so verstehen, als könnten propositionale Gebilde, die Theorie und ein Beobachtungssatz, miteinander konfrontiert werden. Quine aber radikalisiert Duhems Idee insofern, als Beobachtungssätze der Theorie nicht mehr gegenüberstehen, sondern ihr angehören; in seinem bekannten Bild von der Gesamtheit unserer Theorien über die Welt als einem Netz, das nur an den Rändern an die Erfahrung stößt (vgl. Quine 1953: 42), sind auch die Beobachtungssätze ‚Fäden‘ des Netzes. Das bedeutet offenbar, daß nicht mehr eine wissenschaftliche Theorie für sich mit ihr gegenüberstehenden Beobachtungssätzen konfrontiert werden kann; Theorien (konkurrierende Kandidaten für einen Bestandteil des ‚Netzes‘) können nur noch untereinander verglichen werden. Von dieser Konsequenz führt der Weg zwar nicht zwangsläufig zur U-These, doch sie wird immerhin plausibel gemacht: Das Kriterium der Akzeptanz einer Theorie wäre hier nur noch die Möglichkeit ihrer ‚Einpassung ins Netz‘, und hier scheint es, als könnten einander widersprechende Theorien durchaus gleich gut geeignet sein.

Die Schwierigkeit mit Quines Version der Duhem-Quine These besteht darin, zu verstehen, inwiefern die Theorie, wenn sie auch Beobachtungssätze umfaßt, überhaupt noch ‚an die Erfahrung grenzt‘, die sie doch limitieren soll. Während Quine 1953 eindeutig an eine nichtpropositionale Sinneswahrnehmung denkt, von der aber unklar bleibt, wie sie Propositionalem widersprechen soll, ist seine Position in *Word and Object* (1960, §§ 3,6) deutlich differenzierter, und man kann sie wohl letztlich nur so konstruieren, daß Beobachtungsaussagen und die Theorie miteinander konfrontiert werden. Die Beobachtungsaussagen entsprechen mithin im Bild nicht ‚Fäden‘ des Netzes, sondern den ‚Pflöcken‘, mit denen es an der Realität befestigt ist (vgl. zur Diskussion des Bildes auch Klein 184).

Ähnlich steht es um die erwähnte Deutung von wissenschaftlichen Theorien als bloßen Beschreibungen der Wirklichkeit, die nicht nur Quines Instrumentalismus auszeichnet, sondern auch van Fraassens konstruktiven Empirismus (vgl. van Fraassen 153 ff.). Sie suggeriert, daß Sätze der Theorie und Beobachtungssätze den gleichen referentiellen Status haben, genauer: daß sie alle ihrer semantischen Struktur nach potentiell auf Wirkliches referierende singuläre Terme und dieses potentiell Wirkliche beschreibende Prädikate enthalten. Offensichtlich ist die Situation weit komplizierter. Insofern eine Theorie etwa Allsätze liefert, bleibt sie zunächst, was ihren Bezug auf konkrete empirische Objekte angeht, völlig undifferenziert, und insoweit sie etwa Modelle produziert, die empirische Phänomene erklären sollen, beziehen sich die modellbeschreibenden Sätze direkt nur auf Modellobjekte, also abstrakte Entitäten. Wenn etwa eine aus vielen Beobachtungssätzen gewonnene empirische Regularität anhand eines Modells theoretisch erklärt werden soll, geschieht dies so, daß an einem Modellobjekt eine Eigenschaft oder Veränderung vorgeführt wird (im allgemeinen als Ergebnis eines dynamischen Prozesses), die der an vielen realen Objekten beobachteten Regularität möglichst genau gleicht. Beim Blick ins Detail gibt es also immer eine klare Trennung zwischen dem das empirische Phänomen beschreibenden Beobachtungssatz und der Theorie.

Betrachten wir aus dieser Perspektive die bekannte These von der Theoriebeladenheit der Beobachtung. So einleuchtend sie ist, so wenig darf sie dazu führen, Beobachtungssätze unqualifiziert als Teile einer Theorie anzusehen. Diese Sätze sind auch dann, wenn sie aus der Theorie stammende Prädikate enthalten, immer noch Sätze, die direkt über wirkliche Objekte reden, was die Sätze der Theorie im erklärten Sinne gerade nicht tun. Quines Behauptung, wir könnten, wenn wir nur wollten, jeden Satz der Theorie durch Anpassung der restlichen Theorie an ihn aufrechterhalten (vgl. Quine 1953: 43), kann sich demnach im Rahmen wissenschaftlicher Theoriebildung nur auf die echten Theoriebestandteile, nicht auf die Beobachtungssätze beziehen. So wird die Idee der Unterbestimmtheit wissenschaftstheoretisch sinnvoll. Wer einen großen Bestandteil des Netzwerkes abändert (wie etwa ein Verfechter der erwähnten Bohm-Theorie gegenüber der orthodoxen Quantenmechanik), aber diese Änderungen der kritischen Überprüfung durch die Empirie aussetzt, bleibt ein durchaus ernstzunehmender Wissenschaftler. Wer dagegen seine wissenschaftliche Weltsicht abänderte, um einen der ansonsten gut bestätigten Theorie widersprechenden einzelnen Beobachtungssatz aufrechtzuerhalten, wäre eben ein schlechter Empiriker und darum als Wissenschaftler gar nicht ernstzunehmen.

Dieser Überlegung zufolge werden nicht etwa ganze Theorien, die auch Beobachtungssätze enthielten, mit anderen Theorien verglichen, die etwa dieselben Phänomene in Gestalt ganz anderer Beobachtungssätze enthielten. Stattdessen wird jede wissenschaftliche Theorie in einem ersten Test mit von ihr logisch unabhängigen Beobachtungssätzen konfrontiert (oder wird von vornherein aufgebaut, um mit ihnen im Einklang zu stehen). So kann auch wieder angemessen hervortreten, daß die Aufgabe von Theorien darin besteht, Phänomene zu erklären. Theorien, die gewisse Beobachtungen erklären, wer-

den untereinander darin verglichen, wie gut (einfach, ontologisch sparsam) sie diese Aufgabe erfüllen.

Literatur

- André Kukla: *Studies in Scientific Realism*. Oxford University Press 1998.
Jarrett Leplin: *A Novel Defense of Scientific Realism*. Oxford University Press 1997.
Willard Van Orman Quine: *From a Logical Point of View*. Harvard University Press 1953.
Willard Van Orman Quine: *Word and Object*. MIT Press 1960.
Bas C. Van Fraassen: *The Scientific Image*. Clarendon Press 1980.
Elie Zahar: Why did Einstein's Programme supersede Lorentz's? In: *British Journal for the Philosophy of Science* 24, 1973, 95–123, 223–262.

Carsten Held, Universität Freiburg