

PHILOSOPHY OF THE NATURAL SCIENCES

PROCEEDINGS OF
THE 13th INTERNATIONAL WITTGENSTEIN-SYMPIOSIUM

14th TO 21st AUGUST 1988
KIRCHBERG AM WECHSEL (AUSTRIA)

SELECTED PAPERS

EDITORS

Paul Weingartner und Gerhard Schurz



VIENNA 1989
HÖLDER-PICHLER-TEMPSKY

PHILOSOPHIE DER NATURWISSENSCHAFTEN

AKTEN DES
13. INTERNATIONALEN WITTGENSTEIN SYMPOSIUMS

14. BIS 21. AUGUST 1988
KIRCHBERG AM WECHSEL (ÖSTERREICH)

AUSGEWÄHLTE BEITRÄGE

HERAUSGEBER

Paul Weingartner und Gerhard Schurz



LW 23/4 100

28597

WIEN 1989
HÖLDER-PICHLER-TEMPSKY

Wir danken dem österreichischen Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung und der Kulturabteilung des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung für die finanzielle Unterstützung bei der Drucklegung dieses Werkes.

Distributors for
Austria, Switzerland and the Federal Republic of Germany
VERLAG HÖLDER-PICHLER-TEMPSKY
A-1096 Wien, Postfach 127, Frankgasse 4

Distributors for the U.S.A. and Canada
KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS,
101 Philip Drive, Norwell, MA 02061, U.S.A.

Distributors for all other countries
KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS GROUP
P.O. Box 322, 3300 AH Dordrecht, Holland

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Philosophy of the natural sciences : proceedings of the 13th International Wittgenstein Symposium, 14th to 21st August 1988, Kirchberg/Wechsel (Austria) / ed. Paul Weingartner and Gerhard Schurz. - Wien : Hölder-Pichler-Tempsky, 1989 (Schriftenreihe der Wittgenstein-Gesellschaft ; Bd. 17)
Parallelt.: Philosophie der Naturwissenschaften
ISBN 3-209-00861-2
NE: Weingartner, Paul [Hrsg.]; Internationales Wittgenstein-Symposium <13, 1988, Kirchberg, Wechsel>; PT; Österreichische Ludwig-Wittgenstein-Gesellschaft: Schriftenreihe der Wittgenstein-Gesellschaft

ISBN 3-209-00861-2

All Rights Reserved

Copyright © 1989 by HÖLDER-PICHLER-TEMPSKY, Vienna

No part of the material protected by this copyright notice may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any informational storage and retrieval system without written permission from the copyright owner.

Textfassung: Institut für Philosophie, Universität Salzburg.
Druck: Manz, Wien

Table of Contents
Inhaltsverzeichnis

Foreword.....	10
Vorwort	11
P. Weingartner/G. Schurz: Introduction	12
1. SPACE AND TIME, VACUUM AND COSMOS - MODELS OF THE UNIVERSE	
1. RAUM UND ZEIT, VAKUUM UND KOSMOS - MODELLE DES UNIVERSUMS	
A. MEESSEN: Is it Logically Possible to Generalize Physics through Space-Time Quantization?.....	19
H. J. FAHR: The Modern Concept of Vacuum and its Relevance for the Cosmological Models of the Universe	48
B. KANITSCHIEDER: Cosmology and Particle Physics - the Philosophical Aspects of a New Scientific Symbiosis	60
P. MITTELSTAEDT: Die Bedeutung der kosmologischen Antinomien in der Kritik der Reinen Vernunft für die moderne physikalische Kosmologie.....	71
P. C. L. TANG/E. A. HILDEBRANDT: The Cosmological Singularity: A Philosophical Analysis.....	83
2. MEASUREMENT, REALITY AND NONSEPARABILITY - THE RIDDLES OF QUANTUM THEORY	
2. MESSUNG, REALITÄT UND NICHTSEPARIERBARKEIT - DIE RÄTSEL DER QUANTENTHEORIE	
B. D'ESPAGNAT: Nonseparability and some Views on Reality.....	91
O. COSTA DE BEAUREGARD: Relativity and Probability (Classical or Quantal)	99
C. P. ENZ: Wolfgang Pauli and the Role of the Observer in Modern Physics.....	110
N. CARTWRIGHT: Quantum Causes: The Lesson of the Bell Inequalities.....	120
R. GIUNTINI: Lindenbaum Property, Quantum Logics and the Hidden-Variable Issue.....	128
D. FLAMM: Will Schrödinger's Cat be Experimentally Realized?	137
M. STÖCKLER: The Wave-Function of the Universe.....	148
C. I. J. M. STUART: Inconsistency of the Bohr-Heisenberg Scheme.....	154
A. CORDERO: Quantum Measurement, Physics and Philosophy.....	161
3. CENTRAL CONCEPTS AND THEORIES IN PHYSICS - GENERAL INVESTIGATIONS AND CASE STUDIES	
3. ZENTRALE BEGRIFFE UND THEORIEN DER PHYSIK - ALLGEMEINE UNTERSUCHUNGEN UND FALLSTUDIEN	
H. GENZ: Symmetries and their Breaking	173
Y. Z. SHOSHANI: Introduction to Formal Ontology.....	202
H. HETTEMA: Mendeleev's Periodic Table: Some Remarks on its Reduction.....	210
J. PETRIK: The Clock Paradox and the Logic of Time-Dilation.....	214
T. BARTELBORTH: Is Bohr's Model of the Atom Inconsistent?.....	220
H. ROTT: Approximation <i>versus</i> Idealisierung: Das Verhältnis zwischen Idealem und van der Waalschem Gasgesetz	224

4. COMPLEX SYSTEMS AND THE FORMATION OF ORDER AND CHAOS - FROM PHYSICS TO BIOLOGY

4. KOMPLEXE SYSTEME UND DIE ENTSTEHUNG VON ORDNUNG UND CHAOS - VON DER PHYSIK ZUR BIOLOGIE

H. HAKEN: Synergetik - eine interdisziplinäre Theorie der Selbstorganisation	231
P. EISENHARDT: Starke Kohärenz in höher organisierten Systemen - die Grenzen der Synergetik	243
M. L. HEUSER: Zur Kritik gegenwärtiger Selbstorganisationstheorien.....	246
G. SCHURZ: Different Relations between Explanation and Prediction in Stable, Unstable and Indifferent Systems.....	250
G. KOCH: Ist die Chaos-Theorie deterministisch?	259
A. KRAMMER: Keplers Gedanken über Harmonie aus der Sicht neuer Erkenntnisse in den Naturwissenschaften.....	265

5. INFORMATION, SELF-ORGANIZATION AND EVOLUTION IN BIOLOGY
5. INFORMATION, SELBSTORGANISATION UND EVOLUTION IN DER BIOLOGIE

P. SCHUSTER: Origins of Information and Complexity in Biology	273
P. DULLEMEIJER: The Streaming Structure in Biology.....	284
J. D. COLLIER: Non-Equilibrium Evolution	290
F. M. WUKETITS: Teleologie und evolutionäre Prozesse.....	293
D. BLITZ/M. BUNGE: Gradualism vs. Saltationism in Evolutionary Biology from Darwin to Gould	297

6. THEORY-REDUCTION, THEORY-COMPARISON AND VERISIMILITUDE
6. THEORIENREDUKTION, THEORIENVERGLEICH UND WAHRHEITSNÄHE

E. SCHEIBE: Das Reduktionsproblem und die Einheit der Naturwissenschaften.....	305
T. A. F. KUIPERS: How to Explain the Success of the Natural Sciences	318
T. STRADONI: Intervals and Distance from the Truth: A Metric Approach to Truthlikeness.....	323
A. BARTELS: Why Theoretical Terms are Commensurable	327
J. NIDA-RÜMELIN: Reduktion und Erklärung	331

7. ON THE SEMANTICS OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE AND THE PRAGMATICS OF SCIENTIFIC METHODOLOGY
7. ZUR SEMANTIK WISSENSCHAFTLICHEN WISSENS UND ZUR PRAGMATIK WISSENSCHAFTLICHER METHODOLOGIE

B. C. v. FRAASSEN: Probabilities in Physics and Effective Strategies.....	339
P. WEINGARTNER: A Proposal to Define a Special Type of Proposition	348
U. MOULINES: Structuralism and Holism in Philosophy of Science	354
E. KLEVAKINA: Epistemic Concepts and the Problem of their Estimation in Respect to Rationality	359
G. HON: Experimental Errors: An Epistemological View	368
H.-B. STRACK: Experimental Standard Procedures, Habituation and Strategies for Obtaining Evidence.....	377

8. SCIENCE, LOGIC AND LANGUAGE IN THE PHILOSOPHY OF WITTGENSTEIN
8. WISSENSCHAFT, LOGIK UND SPRACHE IN DER PHILOSOPHIE WITTGENSTEINS

E. v. SAVIGNY: "We must do away with all <i>explanation</i> , and description alone must take its place": Wittgenstein an Enemy of Science?	385
D. PEARS: The Structure of the Private Language Argument	391

T. O. BREUER: Wittgenstein for Algebraists. Realism and Objects in Modern Physics.....	397
M. VARGA V. KIBED: Wittgenstein und Spencer Brown.....	402
Fu-Tseng LIU: The Need for a Possible World in the <i>Tractatus</i> Philosophy.....	407
A. SIITONEN: On the Operational Interpretation of Logic and Mathematics in the <i>Tractatus</i>	411
Abbreviations of the Titles of Wittgenstein's Writings/Abkürzungen der Titel von Wittgensteins Schriften	415
List and Index of Speakers/Liste und Index der Vortragenden	416

ABBREVIATIONS OF THE TITLES OF WITTGENSTEIN'S WRITINGS
 ABKÜRZUNGEN DER TITEL VON WITTGENSTEINS SCHRIFTEN

<i>BBB</i>	=	<i>Blue and Brown Books</i>
<i>BF</i>	=	<i>Bemerkungen über Farben</i>
<i>BLB</i>	=	<i>Blue Book</i>
<i>BPP</i>	=	<i>Bemerkungen über die Philosophie der Psychologie</i>
<i>BRB</i>	=	<i>Brown Book</i>
<i>PFGB</i>	=	<i>Bemerkungen über Frazers "The Golden Bough"</i>
<i>BGM</i>	=	<i>Bemerkungen über die Grundlagen der Mathematik</i>
<i>CV</i>	=	<i>Culture and Value</i>
<i>LCA</i>	=	<i>Lectures and Conversations on Aesthetics, Psychology and Religious Belief</i>
<i>LE</i>	=	<i>Lecture on Ethics</i>
<i>LFM</i>	=	<i>Lectures on the Foundations of Mathematics</i>
<i>LO</i>	=	<i>Letters to Ogden</i>
<i>LRKM</i>	=	<i>Letters to Russell, Keynes and Moore</i>
<i>LS</i>	=	<i>Letzte Schriften über die Philosophie der Psychologie</i>
<i>LW</i>	=	<i>Last Writings on the Philosophy of Psychology</i>
<i>NB</i>	=	<i>Notebooks 1914-1916</i>
<i>NL</i>	=	<i>Notes for Lectures on Private Experience and Sensedata</i>
<i>OC</i>	=	<i>On Certainty</i>
<i>PB</i>	=	<i>Philosophische Bemerkungen</i>
<i>PG</i>	=	<i>Philosophische Grammatik/Philosophical Grammar</i>
<i>PI</i>	=	<i>Philosophical Investigations</i>
<i>PR</i>	=	<i>Philosophical Remarks</i>
<i>PT</i>	=	<i>Prototractatus</i>
<i>PU</i>	=	<i>Philosophische Untersuchungen</i>
<i>RC</i>	=	<i>Remarks on Color</i>
<i>RFM</i>	=	<i>Remarks on the Foundations of Mathematics</i>
<i>RLF</i>	=	<i>Some Remarks on Logical Form</i>
<i>RPP</i>	=	<i>Remarks on the Philosophy of Psychology</i>
<i>TLP</i>	=	<i>Tractatus Logico-Philosophicus</i>
<i>TB</i>	=	<i>Tagebücher 1914-1916</i>
<i>ÜG</i>	=	<i>Über Gewißheit</i>
<i>VB</i>	=	<i>Vermischte Bemerkungen</i>
<i>WV</i>	=	<i>Wörterbuch für Volksschulen</i>
<i>WWK</i>	=	<i>Wittgenstein und der Wiener Kreis</i>
<i>Z</i>	=	<i>Zettel</i>

LIST AND INDEX OF SPEAKERS
LISTE UND INDEX DER VORTRAGENDEN

BARTELBORTH, Thomas, Institut für Statistik und Wissenschaftstheorie, Ludwig-Maximilians-Universität München, D-8000 München, BRD	220
BARTELS, Andreas, Zentrum für Philosophie, Justus-Liebig-Universität, Otto Behaghel-Straße 10/C, D-6300 Gießen, BRD	327
BLITZ, David, Department of Philosophy, McGill University, 855 Sherbrooke Street West, Montreal, Canada H3A 2T7	297
BUNGE, Mario, Department of Philosophy, McGill University, 855 Sherbrooke Street West, Montreal, Canada H3A 2T7	297
BREUER, Thomas Othmar, Department of Mathematics, Princeton University, Fine Hall, Princeton, NJ 08544, USA	397
CARTWRIGHT, Nancy, Department of Philosophy, Stanford University, Stanford, CA 94305, USA	120
COLLIER, John D., Department of Philosophy, University of Calgary, 2500 University Drive N.W., Calgary, Alberta, Canada T2N 1N4	290
CORDERO, Alberto, Department of Philosophy, Queens College, City University of New York, New York, NY 11367, USA	161
COSTA DE BEAUREGARD, O., Institut Henri Poincaré, 112 rue P. et M. Curie, F-75005 Paris, Cedex 05, France	99
DULLEMEIJER, P., Zoological Laboratory, University of Leiden, Kaiserstraat 63, NL-2300 RA Leiden, The Netherlands	284
EISENHARDT, P., Seminar für Philosophie, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Dantestraße 4-6, D-6000 Frankfurt/Main 1, BRD	243
ENZ, Charles P., Département de Physique Théorique, Université de Genève, 32, boulevard d'Yvoi, CH-1211 Genève, Switzerland	110
d'ESPAGNAT, B., Laboratoire de Physique Théorique, Université de Paris, Centre d'Orsay Batiment 211, F-91405 Orsay Cedex, France	91
FAHR, Hans Jörg, Institut für Astrophysik, Universität Bonn, Auf dem Hügel 71, D-5300 Bonn 1, BRD	48
FLAMM, Dieter, Institut für Theoretische Physik, Universität Wien, Boltzmanngasse 5, A-1090 Wien, Austria	137
van FRAASSEN, Bas C., Department of Philosophy, Princeton University, 1879 Hall, Princeton, NJ 08544-1006, USA	339
GENZ, Henning, Institut für theoretische Kernphysik, Universität Karlsruhe, Kaiserstraße 12, D-7500 Karlsruhe, BRD	173
GIUNTINI, Roberto, Dipartimento di Filosofia, Università di Firenze, via Bolognese, 52, I-50139 Firenze, Italy	128
HAKEN, Hermann, Institut für Theoretische Physik, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57/IV, D-7000 Stuttgart 80, BRD	231
HETTEMA, Hinne, Instituut voor Theoretische Chemie, Katholieke Universiteit Nijmegen, Toernooveld, NL-6525 ED Nijmegen, The Netherlands	210
HEUSER, Marie-Luise, Karolingerstraße 91, D-4000 Düsseldorf 1, BRD	246
HILDEBRANDT, Erik A., Department of Philosophy, California State University, Long Beach, CA 90840, USA	83
HON, Giora, Department of Philosophy, Haifa University, Mt. Carmel, Haifa 31999, Israel	368
KANITSCHIEDER, Bernulf, Zentrum für Philosophie und Grundlagen der Wissenschaft, Justus-Liebig-Universität Gießen, Otto Behaghel-Straße 10/C, II. O.G., D-6300 Gießen, BRD	60
von KIBED, Matthias Varga, Seminar für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, Universität München, Ludwigstraße 31, D-8000 München 22, BRD	402

KLEVAKINA, Elena, Novosibirsk Pedagogical Institute, Vilinskaya str. 28, Novosibirsk, 630126, USSR	359
KOCH, Günter, Bouchéstraße 44, D-1000 Berlin 44, BRD	259
KRAMMER, Anton, Institut für Biophysik, Universität Salzburg, Hellbrunner Straße 34, A-5020 Salzburg, Austria	265
KUIPERS, Theo A. F., Department of Philosophy, University of Groningen, Westersingel 19, NL-9718 CA Groningen, The Netherlands.....	318
LIU, Fu-tseng, Department of Philosophy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, Republic of China	407
MEEËSEN, August, Département de Physique, Université Catholique de Louvain, Chemin du Cyclotron, 2, B-1348 Louvain-la Neuve, Belgium.....	19
MITTELSTAEDT, Peter, Institut für Theoretische Physik, Universität Köln, Zülpicher Straße 77, D-5000 Köln 41, BRD.....	71
MOULINES, C. Ulises, Institut für Philosophie, Freie Universität Berlin, Habelschwerdter Allee 30, D-1000 Berlin 33, BRD.....	354
NIDA-RÜMELIN, Julian, Seminar für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, Universität München, Ludwigstraße 31, D-8000 München 22, BRD	331
PEARS, David, Christ Church, Oxford OX1 1DP, Great Britain	391
PETRIK, James, Department of Philosophy, Marquette University, Milwaukee, Wisconsin 53233, USA	214
ROTT, Hans, Universität München, Seminar für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, Ludwigstraße 31, D-8000 München 22, BRD	224
von SAVIGNY, Eike, Fakultät für Geschichtswissenschaft und Philosophie, Universität Bielefeld, Postfach 8640, D-4800 Bielefeld, BRD.....	385
SCHEIBE, Erhard, Philosophisches Seminar der Universität, Marsiliusplatz 1, D-6900 Heidelberg 1, BRD	305
SCHURZ, Gerhard, Institut für Philosophie, Universität Salzburg, Franziskanergasse 1, A-5020 Salzburg, Austria	250
SCHUSTER, Peter, Institut für Theoretische Chemie, Universität Wien, Währingerstraße 17, A-1090 Wien, Austria.....	273
SHOSHANI, Yakir S., 6 Mordechai St., Ramat Hasharon, 47441 Israel.....	202
SIITONEN, Arto, Philosophisches Seminar, Universität Münster, Domplatz 23, D-4400 Münster, BRD	411
STÖCKLER, Manfred, Philosophisches Seminar, Universität Heidelberg, Marsiliusplatz 1, D-6900 Heidelberg, BRD	148
STRACK, Hans-Bernd, Institut für Biochemie, Universität Salzburg, Hellbrunner Straße 34, A-5020 Salzburg, Austria	377
STRADONI, Tiziano, Via Dora Baltea 34, I-37136 Verona, Italy	323
STUART, C. I. J. M., Department of Applied Sciences in Medicine, University of Alberta, 10-102 Clinical Sciences Building, Edmonton, Canada T6G 2G3.....	154
TANG, Paul C. L., Department of Philosophy, California State University, Long Beach, CA 90840, USA.....	83
WEINGARTNER, Paul, Institut für Philosophie, Universität Salzburg, Franziskanergasse 1, A-5020 Salzburg	348
WUKETITS, F. M., Institut für Wissenschaftstheorie, Universität Wien, Sensengasse 8, A-1090 Wien.....	293

REDUKTION UND ERKLÄRUNG

Julian Nida-Rümelin

Seminar für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, Universität München

In der Wissenschaftstheorie spielt das Problem der adäquaten Explikation der wissenschaftlichen Erklärung singulärer Sachverhalte eine zentrale Rolle. Praktizierende Naturwissenschaftler dagegen versuchen nur in den seltensten Fällen eine wissenschaftliche Erklärung für einen singulären Sachverhalt zu geben. In der fortgeschrittensten Naturwissenschaft - der Physik - stehen vielmehr zwei Tätigkeitsfelder im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Forschungspraxis (der normalen Forschung im Sinne T. S. Kuhns): Erstens die Aufdeckung von Regularitäten in bestimmten Versuchsanordnungen mit dem Ziel unbekannte Parameter ausfindig zu machen. Bei dieser Tätigkeit wird weder die Gültigkeit einer physikalischen Theorie in Frage gestellt, noch ist ihr Ziel die Entdeckung einer neuen Theorie - vielmehr werden eine Reihe von Theorien als gültig vorausgesetzt und auf dieser Grundlage nach den unbekanntenen 'Parametern' gesucht. Ziel dieses Unterfangens ist es, den Anwendungsbereich der als gültig angenommenen physikalischen Theorien zu erweitern. Der zweite Tätigkeitsbereich befaßt sich mit der Reduktion von Theorien, der 'Ableitung' einer Theorie aus einer anderen 'grundlegenderen' Theorie. Naturwissenschaftler sprechen von 'Erklärungen' eigentlich nur in zwei Kontexten: Erklärung 'beobachteter' Regularitäten und Erklärung ungewöhnlicher (d.h. prima facie mit dem akzeptierten Korpus physikalischer Theorien im Widerspruch stehender) Ereignisse. Dagegen wird die Reduktion einer Theorie T auf eine andere T* nur bei einem besonders krassen Gefälle von Beobachtungsnähe als Erklärung von T empfunden. Die Reduktion einer Theorie trägt jedoch indirekt zu einer besseren Erklärung beobachtungsnaher Regularitäten und singulärer Ereignisse bei - in welchem Sinne und unter welchen Bedingungen dies der Fall ist, ist der Gegenstand dieses Beitrags.

I.

Beginnen wir mit einigen Charakteristika der Reduktion von Theorien¹, zunächst im Rahmen des statement view von Theorien.

Wichtigste Bedingung der Reduktion ist:

(I) Wenn S eine Menge von singulären Sachverhalten ist, die von t erklärt wird, dann sollte S auch von T* erklärt werden, m.a. W. wenn T auf T* reduzierbar ist, dann gilt: $T \vdash S \rightarrow T^* \vdash S$.

I reicht jedoch nicht hin, denn I ist damit vereinbar, daß zwischen T und T* keinerlei logische Beziehung besteht. Man muß zusätzlich fordern.

(II) $T^* \vdash T \wedge \neg T^* \vdash T$.

Nun gibt es mit dieser einfachen Charakterisierung eine ganze Reihe von Problemen:

1. Da ist einmal das Problem der verwendeten Sprachen: die Sprache von T und von T* müssen vollständig und eindeutig ineinander übersetzbar sein². Möglicherweise ist diese Bedingung nie erfüllt.

2. Die Forderung nach einer logischen Ableitbarkeit von T aus T* ist nicht im Einklang mit der physikalischen Praxis: Zwar sprechen Physiker im allgemeinen ebenfalls von der Ableitung einer Theorie aus einer anderen, aber eine genauere Betrachtung zeigt, daß dabei freigiebig von Approximationen, Abschätzungen und Vereinfachungen Gebrauch gemacht wird.

3. Und schließlich müssen Theorien als Mengen von Aussagen rekonstruierbar sein, was mit guten Gründen bezweifelt werden kann³.

Statt diese Probleme nun im einzelnen zu diskutieren, gehen wir über zu einer Betrachtung des Reduktionsproblems im Rahmen des non-statement views.

Das strukturalistische Theorienkonzept unterscheidet zwischen der mathematischen Struktur und den intendierten Anwendungen einer Theorie. Zur mathematischen Struktur gehört die Menge aller potentiellen Modelle der Theorie (M_p), sowie die der partiellen potentiellen Modelle (M_{pp}), in der alle nicht-theoretischen (oder empirischen) Funktionen vorkommen, welche für die Beschreibungen der intendierten Anwendungen der Theorie benützt werden. Die Menge M_{pp} umfaßt die Menge aller möglichen Anwendungen der Theorie, sodaß die intendierten Anwendungen eine Teilmenge von M_{pp} bilden. Eine Restriktionsfunktion r ordnet jedem Element aus M_p dasjenige Element aus M_{pp} zu, welches durch Weglassung der theoretischen Funktionen entsteht.

Diese genannten Größen $\langle M_p, M_{pp}, r \rangle$ charakterisieren ausschließlich die mathematische Struktur der Theorie - eine empirische Theorie ist jedoch zusätzlich durch eine Menge von intendierten Anwendungen $I \subset M_{pp}$, einschließlich der meist nur implizit gegebenen Anwendungsbedingungen B charakterisiert. Eine Theorie entspricht damit dem Quadrupel $\langle M_p, M_{pp}, I, B \rangle$, wenn wir die Restriktionsfunktion r in die Definition von M_{pp} eingehen lassen: $M_{pp} = \{x_{pp} \mid \exists x_p \in M_p: r(x_p) = x_{pp}\}$. Mit Hilfe dieses zusätzlichen Bestandteils der intendierten Anwendungen besteht die Möglichkeit, den propositionalen Gehalt der Theorie durch die Sneed'sche Fassung des Ramsey-Satzes zu bestimmen und damit einer im strukturalistischen Sinne charakterisierten Theorie eine Theorienproposition zuzuordnen.

Wir können es für unsere Zwecke bei dieser groben Skizze des strukturalistischen Theorienbegriffes belassen.⁴ Darüber hinaus benötigen wir jedoch einen zusätzlichen Begriff, der aus der Modallogik vertraut ist. Wenn s ein singulärer Sachverhalt ist, sei $\|s\|$ die Menge aller möglichen Welten, in denen s wahr ist. Das läßt sich auf generelle Sachverhalte, also auch auf Gesetze übertragen: g sei eine "beobachtete" Regularität oder auch ein naturwissenschaftliches Gesetz, dann sei $\|g\|$ die Menge aller möglicher Welten, in denen g wahr ist. Mit w° als der tatsächlichen Welt kann der Sachverhalt, daß s wahr ist, formuliert werden durch $w^\circ \in \|s\|$ und ebenso kann der Sachverhalt, daß ein bestimmtes Gesetz gilt, formuliert werden als: $w^\circ \in \|g\|$.

Die physikalischen Vorgänge, die durch partielle potentielle Modelle der Theorie beschrieben werden, sind falls die Theorie wahr ist, raumzeitliche Bestandteile von w° . Mit $\|x\|$ als der Menge der möglichen Welten, die die von diesem Modell x beschriebenen raumzeitlichen Vorgänge enthalten und I als der Menge der intendierten Modelle einer Theorie, läßt sich die Wahrheit einer Theorie formulieren: $\forall x \in I$: gilt $w^\circ \in \|x\|$. Dieses Bild wissenschaftlicher Theorien scheint aus einem einfachen Grund völlig unbrauchbar zu sein: Theorien entwickeln 'Idealtypen', die nicht Bestandteil der faktischen Welt sind: den Modellen entsprechen keine raum-zeitlichen Ausschnitte der realen Welt. Dieser Sachverhalt resultiert jedoch nicht aus der Ungenauigkeit der Modelle, sondern daraus, daß die *Anwendungsbedingungen* des Modells nie in Reinform erfüllt sind: In der realen Welt gibt es keine reinen Inertialsysteme, keine idealen Gase, völlig elastische Federn etc.

Bei genauerer Betrachtung wird dieser Einwand deshalb hinfällig, weil die intendierten Modelle einer Theorie explizit oder implizit eine Reihe von Anwendungsbedingungen enthalten (oben in der Menge B zusammengefaßt), die als *Bestandteil der Theorie* betrachtet werden müssen und die in der realen Welt i.a. *nicht* erfüllt sind. Die Physik insgesamt als ein vernetztes System von Theorien zielt jedoch darauf ab, diese Abweichungen vom Idealtypus (den man mit der Menge M_{pp} identifizieren kann) durch hinreichende Kenntnis der Parameter als eine wechselseitige Überlagerung ihrer Modelle zu erfassen. In vielen Fällen wird das Problem dadurch gelöst, daß die sich überlagernden Modelle als Anwendungen eines grundlegenden Modelles ausgewiesen werden. In der faktischen Welt w° ist ein gutes Modell daher zumindest appro-

ximativ erfüllt, wenn die Anwendungsbedingungen berücksichtigt werden - notfalls wird dies erst unter "künstlichen" experimentellen Bedingungen deutlich. Es bleibt das Problem der nur approximativen Erfüllung eines Modells in der realen Welt. Es läßt sich lösen durch Einführung eines Ungenauigkeitsparameters, innerhalb dessen ein Modell als erfüllt angesehen werden kann - was hier aber nicht ausgeführt werden kann.⁵

Wir haben oben im Rahmen des statement view zwei wesentliche Charakteristika der Theorienreduktion formuliert (I, II) - ihnen entsprechen im Rahmen des non-statement view die Bedingungen I' und II'. Wenn eine physikalische Theorie $T = \langle M_p, M_{pp}, I, B \rangle$ auf eine andere Theorie $T^* = \langle M^*_p, M^*_{pp}, I^*, B^* \rangle$ reduzierbar ist, dann gilt

- (I') $\forall x \in I: \exists y \in M^*_{pp}: \|y\| \subset \|x\|$
 (II') $\forall x \in I: \exists y \in M^*_{pp}: \{w^o \in \|x\| \rightarrow w^o \in \|y\|\}$

II.

Das covering law Modell der wissenschaftlichen Erklärung identifiziert Erklärung mit der deduktiv-logischen Herleitbarkeit eines einen singulären Sachverhalt beschreibenden Explanandums aus der Konjunktion bestimmter vorliegender Antecedens Bedingungen und einzelner als All-Sätze formulierten Gesetzesaussagen. Diese Charakterisierung wissenschaftlicher Erklärung ist unterdessen weithin in Mißkredit geraten, was aber nicht den Blick darauf verstellen darf, daß die Probleme des D-N-Schemas ausschließlich darauf beruhen, daß es entgegen der Intention seiner Erfinder nicht als *Kriterium* einer gelungenen Erklärung taugt. Insbesondere ist die Generalisierung experimenteller Einzelbeobachtungen im allgemeinen noch keine befriedigende Erklärung - eine wissenschaftliche Erklärung fordert die Einbettung von beobachtungsnahen Generalisierungen in eine allgemeinere Theorie. Wer das covering law Modell als Kriterium wissenschaftlicher Erklärung begreift, ist leicht verführt, die *reduktivistische* Zielsetzung einer jeden erklärenden Wissenschaft auszublenden.

Deutlich wird das reduktivistische Programm schon in der Geburtsstunde abendländischer Wissenschaft - bei den Vorsokratikern, die mit bemerkenswertem intellektuellen Wagemut das reduktivistische Programm verfolgen, aber auf der damals zu Verfügung stehenden dünnen Grundlage empirischer Daten vorläufig scheitern. Jedenfalls kann man die sokratische Wende zum "ta anthropina" im historischen Rückblick als eine Art Aussetzung dieses Programmes bezeichnen, das dann tatsächlich knapp 2000 Jahre später unter expliziter Anknüpfung an Demokrit, Leukipp und Epikur von einer wesentlichen Strömung der neuzeitlichen Wissenschaft, die insbesondere mit dem Namen Descartes verbunden ist, wieder aufgenommen wird.

Das Programm des Reduktivismus ist ein Programm der 'Zerlegung' wie es in besonderer Prägnanz Thomas Hobbes⁶ formuliert hat: Der Gegenstand rationeller Erkenntnis (erklärender Wissenschaft) sind Körper, die wir uns aufgrund ihrer Entstehungsbedingungen zusammengesetzt denken können, daher ist der wesentlichste Bestandteil der Philosophie die tatsächlich oder gedankliche *Zerlegung von Körpern*. Es ist der Gedanke der Zerlegung der Welt in ihre Bestandteile, die die erklärende Wissenschaft antreibt und um im Bilde zu bleiben: Eine Erklärung ist daher umso besser je mehr sie sich aus der Kenntnis der Einzelteile ergibt. Diese 'regulative Idee' erklärender Wissenschaft wurde zeitweise durch den Neuplatonismus und später durch den Aristotelismus der Scholastik verdrängt. Erst die nominalistische Destruktion des mittelalterlichen Weltbildes machte den Weg frei für eine erneute reduktivistische Orientierung erklärender Wissenschaft, wie sie 1654 von W. Charleton, in der Programmschrift *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletonia: Or a Fabrick of Science Natural, repaired by Petrus Gassendi, augmented by Walter Charleton* besonders eindrucksvoll dargelegt wurde. Programmierer neigen bisweilen zur Übertreibung, die Gegenströmungen provozieren, welche das reduktivistische Programm er-

klärender Wissenschaft konterkarieren - heute bisweilen in Form von "Weltformeln" und ganzheitlicher Schau der Zusammenhänge - betont irrationalistisch im Umfeld des New Age.

Das reduktivistische Programm der wissenschaftlichen Erklärung verlangt, wie gesagt, nach Zerlegung. Zerlegung ist die primäre Orientierung reduktivistischer Forschung, *nicht Vereinheitlichung*. Allerdings gibt es eine, die Forschung trotz der jüngsten Entwicklung der Elementarteilchenphysik nach wie vor prägende Vermutung, daß die Welt einem einheitlichen Struktur-schema entspricht und daß Zerlegung deshalb zugleich zu theoretischer Vereinfachung und Vereinheitlichung führt.

Die meisten wissenschaftstheoretischen Explikationsversuche von Theorienreduktion lassen den Aspekt der 'Zerlegung' unberücksichtigt, während in der naturwissenschaftlichen Praxis die Reduktion von Theorien 'reduktivistisch' im Sinne der 'Zerlegung von Körpern' ist. Auch die von uns o.g. notwendigen Bedingungen von Reduktion sind vereinbar mit einer bloßen *Ausweitung* einer Theorie. Schon im Rahmen des statement view würde sich nach der Hempelschen Explikation von Reduktion die Theorie T auf die Theorie $T^* = T \& A$, wobei A eine in T nicht enthaltene zutreffende Proposition ist, reduzieren lassen.

Betrachten wir die Praxis der Reduktion erklärender Wissenschaften an zwei Beispielen:

Das erste Beispiel sei die kinteische Gastheorie. Nehmen wir einmal idealisierend an, wir hätten einen bestimmten Bereich (B) beobachteter Phänomene, für den sich ein bestimmter Zusammenhang von Gasdruck, Volumen und Temperatur ergibt: Es stellt sich heraus, daß das Produkt von Volumen und Druck der Temperatur (gemessen in Kelvin, also Celsius-Grade plus 273) proportional ist. Wir wollen idealisierend annehmen, daß dieses Gesetz alle infrage stehenden empirischen Daten erklärt. Eines Tages stellt ein Physiker eine neue Theorie auf, nach ihr 'erklärt' sich die obige Zustandsgleichung durch die Gültigkeit der Newtonschen Mechanik und der Tatsache, daß Gase aus vollständig elastischen Teilchen bestehen, die sich im leeren Raum bewegen. Der Druck auf die Außenwände ist eine Folge des Aufpralls dieser Teilchen. Es gelte die 'Grundgleichung der kinetischen Gastheorie':

$P \cdot V = 2/3 \cdot N \cdot e$, wobei N die Anzahl der Teilchen und e die durchschnittliche kinetische Energie der Teilchen sei.

Diese Grundgleichung impliziert selbstverständlich die obige Zustandsgleichung. Grundgleichung und Zustandsgleichung erklären im Sinne des covering law Modells die Beobachtungsdaten aus B. Angenommen es gebe keine weiteren beobachteten Phänomene, die von der kinetischen Gastheorie erklärt werden, während sie von der klassischen Thermodynamik nicht erklärt werden können, dann hätte die kinetische Gastheorie den Charakter einer bloßen Spekulation. Unbeschadet dessen würde man jedoch zugestehen, daß *wenn* die kinetische Gastheorie die Vorgänge zutreffend beschreibt, die Erklärungen der kinetischen Gastheorie besser wären als die bloß 'phänomenalen' Erklärungen der klassischen Thermodynamik. Wenn nun eines Tages etwa durch die Erfindung des Elektronenmikroskops Beobachtungen gemacht werden können, die von der kinetischen Gastheorie aber nicht von der klassischen Thermodynamik erklärt werden können, dann würde man die kinetische Gastheorie für bestätigt halten und jeder Naturwissenschaftler wäre überzeugt, daß damit ein wesentlicher Fortschritt in der Qualität der wissenschaftlichen Erklärung bestätigt ist.

Mir ist bei dieser Skizze folgendes wesentlich: Die bessere Qualität der Erklärung im Rahmen der kinetischen Gastheorie ist unabhängig davon, ob die kinetische Gastheorie zusätzliche Phänomene erklärt oder nicht. Die Erklärung dieser Beobachtungen spielt nur eine Rolle für die Frage der Richtigkeit der kinetischen Gastheorie. Die bessere Qualität der Erklärung der Beobachtungsdaten aus B im Rahmen der kinetischen Gastheorie beruht darauf, daß die kinetische Gastheorie gegenüber der klassischen Thermodynamik einen *reduktiven* Status hat. Um erneut eine Metapher zu verwenden: Die gängigen wissenschaftstheoretischen Explikationen der Reduktion konzentrieren sich auf den Breiten- und nicht auf den Tiefenaspekt, während das reduktivistische Programm diese Tiefendimension zum Inhalt hat.

Das zweite Beispiel betrifft das Programm des methodologischen Individualismus in den Sozialwissenschaften. Es lassen sich drei Formen unterscheiden: Begrifflicher, ontologischer und erklärender Individualismus. Zwischen diesen drei Formen besteht eine logische Beziehung: Ontologischer Individualismus impliziert begrifflichen Individualismus und erklärenden Individualismus, während begrifflicher Individualismus erklärenden Individualismus impliziert. Im Detail brauchen uns die Charakterisierungen der drei Formen nicht zu interessieren⁷. Der erklärende Individualismus stellt jedenfalls ein reduktivistisches Programm dar: Es genügt nicht, gesellschaftliche Phänomene durch entsprechende Gesetze zu beschreiben, vielmehr wird gefordert, daß gesellschaftliche Sachverhalte dadurch erklärt werden, daß ausschließlich auf Eigenschaften von Einzelpersonen (Handlungen, Zielsetzungen, Motive, Reaktionsmechanismen etc.) Bezug genommen wird. Interessant ist dabei die Rechtfertigung dieses methodologischen Programms in den Sozialwissenschaften: Es wird nicht deshalb vertreten, weil damit die Erklärung weiterer Phänomenbereiche erwartet wird - auch eine vollständige nicht-individualistische Erklärung eines bestimmten Bereichs von Explananda im Sinne des covering law Modells gilt dem individualistischen Programm als unbefriedigend. Die Gesellschaft setzt sich aus handelnden Einzelpersonen zusammen und daher muß eine vollständige Erklärung auf Handlungen, Motivationen, Reaktionen etc. von Einzelindividuen zu rekurrieren. Ganz offensichtlich ist dieses Programm reduktivistisch im Sinne der Zerlegung: Da die Gesellschaft aus Einzelindividuen besteht, wird verlangt, daß das Verhalten gesellschaftlicher Entitäten (Schichten, Parteien, Berufsstände, etc.) aus dem Verhalten der ihnen angehörenden (natürlichen) Personen "abgeleitet" also erklärt wird (wenn der begriffliche Individualismus durchgeführt ist, wird dieses Programm trivial - dann handelt es sich um eine bloße begriffliche Umformung).

Das für die Forschungspraxis jeder erklärenden Wissenschaft wesentliche reduktivistische Programm wäre in verallgemeinernder Analogie zum methodologischen Individualismus in den Sozialwissenschaften zu formulieren. Dieses Programm muß sich in einem adäquaten Reduktionsbegriff niederschlagen. Üblicherweise wird jedoch die Approximierung der Newtonschen Mechanik durch die relativistische Mechanik für niedrige Geschwindigkeiten und große Massen ebenso als eine Reduktion verstanden wie die 'Ableitung' der klassischen Thermodynamik idealer Gase aus der kinetischen Gastheorie. Es handelt sich dabei jedoch um kategorial verschiedene Dinge: Nur im letzten Fall handelt es sich um eine Reduktion im Sinne des skizzierten reduktivistischen Programmes, während der erste Fall eine bloße Approximation mit 'Breiten-' aber ohne 'Tiefendimension' ist. Der Unterschied läßt sich präzise im Rahmen des non-statement-view angeben: Während einem Modell $x \in I$ der klassischen Thermodynamik - soweit rationale oder gar reellwertige Funktionen verwendet werden - abzählbar bzw. überabzählbar unendlich viele Modelle $y \in M^*_{pp}$ der kinetischen Gastheorie entsprechen ('entsprechen' im Sinne von $\|y\| \subset \|x\|$), entspricht einem Modell der Newtonschen Mechanik x genau ein Modell der relativistischen Mechanik y .

Daher sei ein Element einer reduktivistisch verstandenen Reduktion hier wenigstens zum Abschluß als eine dritte notwendige Bedingung im Rahmen des non-statement-views formuliert:

(III') Eine physikalische Theorie $T = \langle M_p, M_{pp}, I, B \rangle$ ist auf eine andere Theorie $T^* = \langle M^*_p, M^*_{pp}, I^*, B^* \rangle$ reduzierbar \rightarrow

Es gibt eine Funktion $RED: I \ni x \rightarrow Y \in \text{Pot}(M^*_{pp})$ mit der Eigenschaft, daß $\forall x \in I: y \in RED(x) \rightarrow \|y\| \subset \|x\|$ und die Mächtigkeit der Mengen aus dem Wertebereich von RED ist überabzählbar unendlich, soweit die in T^* vorkommenden Funktionen aus M^*_{pp} reellwertig sind.⁸

ANMERKUNGEN

- ¹ Die Darstellungsweise der hier vertretenen These knüpft an einen Beitrag von A. Kamlah, "On Reduction of Theories", *Erkenntnis* 22 (1985), S. 119-142. In Kamlahs Analyse wird von der Relation $x \ y$ "x ist ein raumzeitlicher Teil von y" Gebrauch gemacht, was eine sorgfältige Rekonstruktion der Reduktionsrelation im Rahmen des strukturalistischen Theorienkonzeptes ermöglicht (s. S. 133-139). Auf die zahlreichen Beiträge zum Reduktionsproblem kann im Rahmen dieses Vortrages nicht eingegangen werden, es sei nur verwiesen auf die Darstellung des pragmatisch-epistemischen Erklärungsbegriffes von W. Stegmüller, *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Vol 1: Erklärung, Begründung, Kausalität* (Berlin, 1983), Kap. XI, sowie G. Schurz, *Wissenschaftliche Erklärung. Ansätze zur logisch-pragmatischen Wissenschaftstheorie* (Diss., Graz, 1983) und auf die Analyse von D. Peirce, "Logical Properties of the Structuralist Concept of Reduction", *Erkenntnis* 18 (1982), s. 307-333.
- ² Vgl. E. Nagel, "The Meaning of Reduction in the Natural Sciences", in: *Philosophy of Science*, ed. A. Danto/S. Morgenbesser (New York, 1960).
- ³ Vgl. J. D. Sneed, *The Logical Structure of Theoretical Physics* (Dordrecht, 1971), sowie W. Stegmüller, *The Structure and Dynamics of Theories* (Berlin, 1976) und W. Balzer/J. D. Sneed, "Generalized Net Structures of Empirical Theories" Teil I, *Studia Logica* 36 (1977), S. 195-211, Teil II, *Studia Logica* 37 (1978), S. 167-194.
- ⁴ Vgl. im übrigen W. Stegmüller, *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Vol. 2: Theorie und Erfahrung* (Berlin, 1973), bes. Kap. VIII, sowie ders., *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie* (Berlin, 1980), bes. Kap. 2.
- ⁵ Das Problem der approximativen Erfüllung eines Modells kann im Rahmen der strukturalistischen Theorienkonzeptes als gelöst angesehen werden: vgl. C. U. Moulines, "Approximate Application of Empirical Theories: A General Explication", *Erkenntnis* 10 (1976), S. 201-227.
- ⁶ Vgl. Th. Hobbes, *Elementorum philosophiae sectio prima: De corpore* (London, 1655, in: *Opera latina*, Vol. I, 1839, Repr. 1966, ed. W. Molesworth, dt. (Hamburg 21967).
- ⁷ R. Tuomela hat dies zumindest für den begrifflichen und erklärenden Individualismus geleistet, vgl. *A Theory of Social Action* (Dordrecht, 1984), Kap. II und XIV.
- ⁸ Für hilfreiche Diskussionsbemerkungen danke ich Prof. Theo Kuipers (Univ. Groningen) und Dr. Adolf Hübner (Österr. Wittgensteingesellschaft).

* * *