

Michaela Haase  
Galileische Idealisierung

Perspektiven der Analytischen Philosophie  
Perspectives in Analytical Philosophy

Herausgegeben von  
Georg Meggle und Julian Nida-Rümelin

Band 4



Walter de Gruyter · Berlin · New York

1995

Michaela Haase

# Galileische Idealisierung

Ein pragmatisches Konzept



Walter de Gruyter · Berlin · New York

1995

D 188

⊗ Gedruckt auf säurefreiem Papier,  
das die US-ANSI-Norm über Haltbarkeit erfüllt.

*Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme*

**Haase, Michaela:**

Galileische Idealisierung : ein pragmatisches Konzept / Michaela  
Haase. – Berlin ; New York : de Gruyter, 1995

(Perspektiven der analytischen Philosophie ; Bd. 4)

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 1993

ISBN 3-11-014635-5

NF: GT

© Copyright 1995 by Walter de Gruyter & Co., D-10785 Berlin

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Germany

Druck: Werner Hildebrand, Berlin

Buchbinderische Verarbeitung: Lüderitz & Bauer, Berlin

Einbandentwurf: Rudolf Hübler, Berlin

# Inhalt

Liste verwendeter Symbole .....	vii
<b>Kapitel 1</b>	
Einleitung .....	1
<b>Kapitel 2</b>	
Die Konzeption Galileischer Idealisierung .....	5
2.1 Die Entwicklungslinie des Idealisierungsbegriffs .....	8
2.1.1 Subtraktion und Re-Addition bei E. McMullin .....	8
2.1.2 Wissenschaftliche Signifikanz bei C. G. Hempel und R. S. Rudner .....	20
2.1.3 Approximative Wahrheit bei W. F. Barr und R. Laymon .....	37
2.1.4 Wesensbestimmung bei W. Krajewski und L. Nowak .....	77
2.1.5 Kausale Metaphysik bei N. Cartwright .....	101
2.2 Formen der Begriffsbildung .....	113
2.2.1 Das pragmatische Konzept der Idealisierung .....	114
2.2.2 Die Eigenständigkeit der Fiktionen .....	137
2.2.3 Der Einfluß der Ideen und Ideale .....	144
<b>Kapitel 3</b>	
Die Berücksichtigung von Idealisierung in drei Theorienkonzeptionen ..	153
3.1 Der Received View .....	154
3.2 Die Semantic Conception in der Version von F. Suppe .....	178
3.3 Der Strukturalismus .....	206
<b>Kapitel 4</b>	
Zusammenfassung .....	261
Literaturverzeichnis .....	271
Namensregister .....	279
Sachregister .....	281



## Liste verwendeter Symbole

$\forall$	.....	Allquantor
$\exists$	.....	Existenzquantor
$\wedge$	.....	Konjunktion
$\vee$	.....	Disjunktion
$\neg$	.....	Negation
$\rightarrow$	.....	materiales Konditional
$\leftrightarrow$	.....	materiale Äquivalenz
$\Vdash$	.....	L-Folgerung
$\subseteq$	.....	Teilmengenoperator (mit Gleichheit)
$\cap$	.....	Schnittmengenoperator
$\cup$	.....	Vereinigungsmengenoperator
$\text{Pot}(\cdot)$	.....	Potenzmengenoperator
$\{\cdot\} \times \{\cdot\}$	.....	Kartesisches Produkt
$X^k$	.....	Komplementärmenge von $X$
$\in$ ( $\notin$ )	.....	Elementschaftsrelation bzw. deren Negation
$\emptyset$	.....	leere Menge
$\circ$	.....	Verknüpfungsoperator
$x \hat{=} E$	.....	$x$ hat die Eigenschaft $E$
$N$	.....	Menge der Natürlichen Zahlen
$R$	.....	Menge der Reellen Zahlen

### Hinweis zur Zitierweise

Soweit die Hervorhebungen der Originale im Zitat erhalten bleiben, werden diese kursiv wiedergegeben. Eigene Hervorhebungen werden besonders gekennzeichnet. Aus technischen Gründen ist teilweise eine - auch innerhalb der Zitate - leicht veränderte Symbolik gewählt worden.



## Kapitel 1

### Einleitung

Ich befaße mich in dieser Arbeit mit der Explikation des Begriffs "Idealisierung". Als Ausgangspunkt dient mir die Charakterisierung von Idealisierungen als "teils bewußte, teils unbewußte Verfälschungen bei der Beschreibung von in bestimmter Weise gesehenen Wirklichkeitsausschnitten" in der Habilitationsschrift von M. Küttner. Dabei beschränke ich mich auf die bewußten Verfälschungen, die sog. *Deformationen*. Wahrnehmungs- und kognitionstheoretische Fragestellungen, die sich mit dem Unbewußten befassen, werden ausgeklammert.

Nicht explizit berücksichtigt habe ich Arbeiten - um einige Beispiele zu nennen - von J. H. von Thünen, C. Menger, W. Dilthey oder M. Weber zum Typusbegriff in den Sozialwissenschaften. Begrifflich setze ich vielmehr bei C. G. Hempels Rekonstruktion der Typusbegriffe als klassifikatorische Typen, Extrem- und Idealtypen an. Leitlinie ist die Entwicklung von Inhalt und Umfang des Begriffs der *Galileischen Idealisierung* (2.1); dabei verwende ich als Ansatzpunkt einen gleichnamigen Artikel von E. McMullin (2.1.1), aus dessen Vorschlägen u. a. das Begriffspaar Idealisierung/De-Idealisierung übernommen wird. McMullins Vorschläge, die von mir eingeordnet und ergänzt werden, sind die Grundlage der Diskussion weiterer ausgewählter Arbeiten verschiedener Autoren, insbesondere der von C. G. Hempel, R. S. Rudner, W. F. Barr, R. Laymon, W. Krajewski, L. Nowak und N. Cartwright.

Die Arbeiten von Hempel und Rudner (2.1.2) sowie von Barr und Laymon (2.1.3) sind in die Tradition des Logischen Empirismus einzuordnen. Hempel versucht, die wissenschaftliche Signifikanz von Idealisierungen auf die einer allgemeineren, nicht idealisierten Theorie zurückzuführen. Rudner und Barr befassen sich u. a. mit den von Hempel vorgegebenen Kriterien der Akzeptanz von idealisierten Gesetzen und deren Verwendung in DN-Systematisierungen. Laymons Arbeiten zur Anwendung und Überprüfung idealisierter Theorien sind jüngerer Datums als die der drei vorgenannten Autoren und teilweise auch von T. Kuhns Kritiken an der als *Received View* bezeichneten Theorienkonzeption beeinflusst. Krajewski und Nowak (2.1.4) sind polnische Wissenschaftstheoretiker, die sich als Kritiker sog. kruder empiristischer Positionen bezeichneten und daher der ihrer Ansicht nach unangemessenen Berücksichtigung von Idealisierungen in den bestehenden wissenschaftstheoretischen Sichtweisen eigene Entwürfe entgegensetzten.

Cartwright (2.1.5) entwickelte aus der Kenntnis von Theorie und Praxis der theoretischen Physik eine sog. antirealistische Position im Hinblick auf Theorien und Modelle. In Cartwright (1989) wird die Abstraktion als notwendige Voraussetzung der Idealisierung bezeichnet.

Idealisierung wird in dieser Arbeit als *pragmatisches* Konzept der Veränderung von Repräsentationen behandelt. Es muß daher von anderen möglichen Formen solcher Veränderungen abgegrenzt werden. In den Kapiteln 2.2.1 und 2.2.2 werden die häufig mit dem Begriff der Idealisierung konfundierten Konzepte der Abstraktion und der Fiktion diskutiert. Anhand der Merkmale der *Galileischen Idealisierung* wird versucht, Abstraktion und Fiktion als eigenständige Formen der Begriffsbildung zu interpretieren. Im Kapitel 2.2.3 wird auf die Rolle der Ideen und der Ideale für den Vorgang der Idealisierung eingegangen.

Das pragmatische Konzept der Idealisierung kann ohne Bezugnahme auf Theorien und wissenschaftliche Gemeinschaften nicht adäquat erfaßt werden. Ich habe mich deshalb im ersten Teil der Arbeit nicht darum bemüht, den Explikationen - speziell von Rudner und Barr - idealisierter Teilkonzepte weitere hinzuzufügen. Einerseits kann eine Explikation von Partialkonzepten nur im Hinblick auf einen allgemeinen Begriff erfolgen; andererseits ist es auf der Basis einer Konzeption *Pragmatischer Idealisierung* nicht zu erwarten, hinreichende syntaktische oder semantische Kriterien für Idealisierung zu finden. Der allgemeine Begriff der Idealisierung soll daher sprachunabhängig erfaßt und es soll zugleich berücksichtigt werden, daß Idealisierungen beispielsweise als Prädikate in Sätzen oder als Gesetze Verwendung finden können.

Im dritten Teil dieser Arbeit wird untersucht, ob und wie idealisierte Theorien in ausgewählten Theorienkonzeptionen - dem *Received View* und der *Semantic Conception* (in der jüngsten Fassung von F. Suppe und dem *Strukturalismus*) - berücksichtigt werden. Der *Received View* (3.1) ist historisch die erste Theorienkonzeption in der Entwicklung der Wissenschaftstheorie und hat im *Logischen Empirismus* die gleichen Grundlagen wie der größte Teil der im Abschnitt 2.1 diskutierten Arbeiten. Aus der Kritik des *Received View* geht hervor, daß es auf der Basis dieser Theorienkonzeption bereits Probleme bei der Rekonstruktion der Semantik von nichtidealisierten Theorien gibt. Es ist fraglich, ob ein anderes Ergebnis für den Fall idealisierter Theorien erwartet werden kann. Die beiden hier vorgestellten Versionen der *Semantic Conception* sind jüngeren Datums und auf der Grundlage der Kritiken am *Received View* entstanden. Suppe (3.2) strebt eine sog. quasirealistische Version der *Semantic Conception* an, in der die Phänomene kontrafaktisch charakterisiert werden. Er kritisiert am *Received View* insbesondere dessen Interpretation des Verhältnisses

zwischen Theorie und Empirie. Eine epistemologische Deutung dieser Beziehung - wie in Suppe (1989) - kann als Voraussetzung für die Anwendung idealisierter Theorien bezeichnet werden. Es ist daher zu erwarten, daß idealisierte Theorien und ihre Semantik in dieser Konzeption adäquat erfaßt werden können. Der Strukturalismus (3.3) enthält eine Analyse synchronischer wie diachronischer Theorienstrukturen. Diese Theorienkonzeption ist - wie zahlreiche Beispiele zeigen - grundsätzlich in der Lage, idealisierte Theorien zu rekonstruieren. Es wird untersucht, ob sie mit dem in dieser Arbeit entwickelten pragmatischen Idealisierungsbegriff verbunden werden kann. Beide Versionen der Semantic Conception werden in Kapitel 3.3 miteinander verglichen.

Die wichtigsten Ergebnisse jedes Kapitels werden an dessen Ende jeweils kurz herausgestellt; die Zusammenfassung (Kapitel 4) enthält neben den Resultaten der gesamten Arbeit einen kurzen Ausblick auf mögliche weiterführende Beiträge. Die Arbeit wird von zwei als Thesen formulierten Fragestellungen geleitet:

1. Der epistemologische Ausgangspunkt von Idealisierungen sind Theorien. Aus diesen geht hervor, welche Repräsentationen wie idealisiert werden.
2. Je stärker die Metaphysik der Idealisierung, desto eher wird diese als Methode der Wirklichkeitserkenntnis interpretiert.

ad 1. Der erste Satz der ersten These erscheint als Trivialität. Dennoch wurde Idealisierung - abgesehen von den in dieser Arbeit diskutierten Versionen der Semantic Conception - in metatheoretischen Ansätzen der Theorienrekonstruktion in der Vergangenheit kaum berücksichtigt. Wenn zumindest ein Teil der erfahrungswissenschaftlichen Theorien idealisiert ist, dann müssen Theorienkonzeptionen in der Lage sein, diese zu rekonstruieren. Dazu gehört auch die Möglichkeit der Differenzierung zwischen der Semantik einer idealisierten und der einer nichtidealisierten Theorie.

ad 2. Die zweite These beruht auf der Annahme, daß die Abkehr von der Aristotelischen Auffassung einer Inkommensurabilität zwischen "realer" und "idealer Welt" nicht "kostenlos" zu haben war. Sie fördert - oder fordert - die Einbeziehung von Metaphysik: *Galileische* Idealisierung unterstellt die Annahme einer gewissen *Ordnung* der Welt, wenn sie als Methode der Wirklichkeitserkenntnis fungieren soll. Es ist zu erwarten, daß metaphysische Annahmen in der erfahrungswis-

senschaftlichen Praxis der Galileischen Idealisierung und zum Teil auch für die philosophische Interpretation des Begriffs eine Rolle spielen.

## Kapitel 2

### Die Konzeption Galileischer Idealisierung

Mit "Galileischer Idealisierung" wird eine bestimmte Tradition des Verständnisses und der Verwendung von Idealisierungen bezeichnet. Damit wird nicht behauptet, daß Idealisierungen erstmalig oder ausschließlich von Galilei entwickelt oder angewandt wurden - dann wäre das Epitheton "galileisch" überflüssig. Neben anderen Philosophen der Antike und des 16. und 17. Jahrhunderts<sup>1</sup> bedarf insbesondere Aristoteles der Erwähnung. *Aristotelische Idealisierung* steht für eine frühe Form in der Entwicklungslinie des Idealisierungsbegriffs. Es ist allerdings eher üblich, Aristoteles mit auf Intuition beruhenden Methoden in Verbindung zu bringen, denen das Versagen der Aristotelischen Physik bei der Entwicklung der Mechanik angelastet wird. Einstein und Infeld bringen dies deutlich zum Ausdruck, während sie die Vorzüge der neuen - an Galilei orientierten - Denkweise anhand des Trägheitsgesetzes erläutern: "Only the 'idealized experiment shows the clew which really forms the foundation of the mechanics of motion - namely that bodies would continue moving forever if not hindered by external obstacles. This discovery taught us that *intuitive conclusions based on immediate observation* are not always to be trusted'."<sup>2</sup>

Nach Funkensteins Auffassung jedoch hat Aristoteles weder die mathematische Analyse der Bewegungen noch die Berücksichtigung idealisierter Bedingungen negiert. Auch seien seine Verallgemeinerungen keine simplen Induktionen unter Verwendung von Sinneseindrücken gewesen; vielmehr habe er sogar das Trägheitsgesetz antizipiert.<sup>3</sup> Der entscheidende Unterschied zwischen Aristoteles und Galilei ist, daß ersterer die "... factual and counterfactual conditions of the same 'body' (or, as we would say, the same phenomenon)" als *inkommensurabel* sah: "Yet unlike Galileo, the task of such ideal experiments is not to formulate a general law valid for factual and limiting cases alike, but to reduce a false universal characteristic *ad*

---

1 Galilei übernahm und entwickelte Methoden von Archimedes. Als historisch spätere Vorläufer der Vorgänge der Idealisierung und De-Idealisierung erwähnt A. Funkenstein u. a. die vorgalileische Padua-Schule, die ihre Abstraktionsmethode als "... the method of resolution (and composition)" bezeichneten. Funkenstein, A. (1986), S. 155

2 A. Einstein und L. Infeld, zitiert nach Funkenstein (1986), S. 153. Hervorhebung von mir.

3 Vgl. Funkenstein, A. (1985), S. 157

*impossibile*."4 Zeichnet sich die antike Auffassung durch die Annahme der Inkommensurabilität des Faktischen mit dem Kontrafaktischen aus, so die Auffassung des angehenden 17. Jahrhunderts durch die Idee der Mediation des Faktischen mit dem Kontrafaktischen. Dieses spätere Idealisierungs-konzept liegt den meisten Publikationen zum Thema noch Ende des 20. Jahrhunderts zugrunde. Die zeitgenössischen Debatten um Syntax, Semantik und Pragmatik von Idealisierungen sowie deren epistemologischer Status werden vom "Galileischen Stil" geprägt: "Idealization in the 'Galilean style' soon became a defining characteristic of the new science."<sup>5</sup> Dieser besitzt eine hohe Akzeptanz als Konzeption für die Naturwissenschaften, insbesondere für die Physik: "Das Mittel der wissenschaftlichen Beweisführung wurde von Galilei erfunden und zum erstenmal gebraucht. Es ist eine der bedeutendsten Errungenschaften, die unsere Geistesgeschichte aufzuweisen hat und bezeichnet recht eigentlich die Geburtsstunde der Physik. Galilei zeigte, daß man sich auf intuitive Schlüsse, die auf unmittelbarer Betrachtung beruhen, nicht immer verlassen kann."<sup>6</sup> Das Neue an Galileis Version der Idealisierung war ihre Akzeptanz als *Repräsentation* der Wirklichkeit: Seine Systematisierungen gelten als Instrumente der Erkenntnis der Realität. Aristoteles dagegen versuchte zu beweisen, daß gerade diese Instrumente für die Wirklichkeitserkenntnis nicht geeignet sind.<sup>7</sup>

Der Erfolg des "neuen Stils" in den Naturwissenschaften wird von einigen Autoren geradezu als Ausgangsbasis der Explikation des Begriffs "Idealisierung" gesetzt. Ihr Hauptproblem ist dabei meist, wie die - angenommene - Erklärungs- oder Vorhersagefähigkeit der Idealisierungen mit ihrer - meist gleichzeitig behaupteten - Falschheit in Übereinstimmung gebracht werden kann.<sup>8</sup>

Bezüglich der Anwendbarkeit der Galileischen Idealisierung in den Sozialwissenschaften - insbesondere in der Ökonomik - differieren die Einschätzungen. Einigkeit besteht jedoch meist darüber, daß das Konzept der Idealisierung in der Physik erfolgreich, in der Ökonomik jedoch - wenigstens zur Zeit - nicht erfolgreich sei.

---

4 Ebd. S. 156/157

5 McMullin, E. (1985), S. 255. Mit der "neuen Wissenschaft" ist die Galileische Mechanik gemeint. Wie Krajewski betont, hatten Galilei und Kopernikus den scholastischen Dogmatismus und "kruden Empirismus" ihrer Vorgänger zu überwinden. Vgl. Krajewski, W. (1975), S. 201

6 Einstein, A./Infeld, L. (1956), S. 11. Die letzte Bemerkung richtet sich gegen Aristoteles.

7 Funkenstein, A. (1986), S. 176

8 Vgl. Rudner, R. S. (1966)

Es mag überraschen, daß vieles, was für die ökonomische Modell- und Theorienbildung als typisch gilt (die absichtliche Verwendung "falscher" Annahmen, die Konstruktion von fiktiven Entitäten etc.), seit langem in der Physik Tradition ist. Einige Autoren behaupten sogar, daß in der Physik die Verwendung von Gesetzen mit idealisierten Antecedensbedingungen eher die Regel als die Ausnahme sei.<sup>9</sup> Ein Buchtitel wie "How the Laws of Physics Lie"<sup>10</sup> paßt kaum zum tradierten Bild der empirischen "Königswissenschaft". Wenn Galileische Idealisierung tatsächlich so weit verbreitet ist, daß alle Fundamentalgesetze der Physik "lügen" - und dies den Idealisierungen angelastet werden kann -, dann arbeitet die Physik mit einer "Methode", über deren Logik - so es denn eine geben sollte - nur wenig präzise Auskünfte verfügbar sind: "The term, 'idealization', itself is a rather loose one."<sup>11</sup>

Insbesondere in der Anfangszeit der Wissenschaftstheorie haben sich nur wenige Fachwissenschaftler und Philosophen mit Idealisierungen befaßt. Zu diesen ist E. Mach zu rechnen: "Alle allgemeinen physikalischen Begriffe und Gesetze, der Begriff des Strahles, die dioptrischen Gesetze, das Mariottesche Gesetz u. s. w. werden durch Idealisierung gewonnen. Sie nehmen dadurch jene einfache und zugleich allgemeine, wenig bestimmte Gestalt an, welche es ermöglicht, eine beliebige, auch kompliziertere Tatsache durch synthetische Kombination dieser Begriffe und Gesetze zu rekonstruieren, d. h. sie zu verstehen. Solche Idealisierungen sind bei den *Carnotschen* Betrachtungen der absolut nichtleitende Körper, die volle Temperaturgleichheit der sich berührenden Körper, die nicht umkehrbaren Prozesse, bei *Kirchhoff* der absolut schwarze Körper."<sup>12</sup>

Bei der Entwicklung von Modellen und Theorien werden die methodologischen und epistemologischen Voraussetzungen wie Auswirkungen von Vereinfachungen, Abstraktionen oder Idealisierungen häufig kaum bedacht. Dies gilt auch für Teile der Ökonomik. So ist vielleicht zu verstehen, daß z. B. Samuelson im Rahmen der ersten Kontroverse mit Friedman über dessen methodologische Streitschrift "The Methodology of Positive Economics"<sup>13</sup> einerseits eine Methode der Vereinfachung, Abstraktion etc. akzeptierte und

9 Humphreys, W. C. (1968), S. 142

10 Cartwright, N. (1983)

11 McMullin, E. (1985), S. 248

12 Mach, E. (1968), S. 192/193. Gruender berichtet über Mach folgendes: "Mach, one of the founders of positivism and empiricism, was troubled by some puzzling aspects of Galileo's work, but saw him as a pioneer of the experimental method and an empirist." Gruender, D. (1980), S. 260

13 Friedman, M. (1953)

andererseits für ökonomische Hypothesen und Modelle forderte, daß sie nur sog. realistische Annahmen enthalten.<sup>14</sup> Anders hingegen Sohlen, der zur methodologischen Position Friedmans wie folgt Stellung nahm: "Häufig wird an der Nationalökonomie Kritik geübt, weil sie in vermutlich unberechtigter Weise Verfahrensgrundsätze der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik übernommen hat, die in ihrer Exaktheit wohl für die unbelebte Natur, nicht aber für eine Gesellschaft souverän handelnder Menschen Gültigkeit haben können ... Auch für die Naturwissenschaften gilt daher schon seit langem das methodische Grundprinzip, daß man die Brauchbarkeit von Modellen nicht am der Realismus ihrer Annahmen mißt ... sondern einzig und allein daran, wie relativ gut die aus solchen Modellen abgeleiteten Schlußfolgerungen über beobachtbare Vorgänge mit der Wirklichkeit übereinstimmen. Es liegt kein ersichtlicher Grund vor, in der Nationalökonomie anders zu verfahren."<sup>15</sup> Noch deutlicher wird Hausman, wenn er schreibt: "In the derivation of the ideal gas law, physicists use as a premise the claim that the gas molecules are point particles. In relying on simplifications to derive important results, economists are proceeding in the way in which all scientists must."<sup>16</sup>

## 2. 1 Die Entwicklungslinie des Idealisierungsbegriffs

In diesem Abschnitt werden die Arbeiten verschiedener Autoren mit dem Ziel, die für die Konzeption *Galileischer Idealisierung* relevanten Bestimmungsfaktoren zu ermitteln, vorgestellt und diskutiert.

### 2. 1. 1 Subtraktion und Re-Addition bei E. McMullin

McMullin versucht die sog. charakteristischen Techniken herauszuarbeiten, die seiner Ansicht nach unter den Begriff der Galileischen Idealisierung subsumiert werden können.<sup>17</sup> Idealisierung ist für ihn eine *Methode* der

14 Daraus läßt sich schließen, daß Samuelson entweder zwei miteinander unvereinbare Dinge fordert oder daß es wenigstens eine Art der Vereinfachung, Abstraktion etc. gibt, die zu "realistischen" Annahmen führen kann.

15 Sohlen, E. (1976), S. 9/10

16 Hausman, D. M. (1981), S. 141

17 McMullin faßt die entwickelten "Techniken" unter das Konzept "Galileische Idealisierung", weil sie seiner Ansicht nach eine Rolle bei der Entwicklung der "neuen Wissenschaft" spielten - nicht, weil Galilei sie tatsächlich entwickelt oder verwendet hat.

Erkenntnisgewinnung. Sie beruht auf einer absichtlichen Vereinfachung "... of something complicated (a situation, a concept, etc.) with a view of achieving at least at a partial understanding of that thing. It may involve a distortion of the original or it can simply mean a leaving aside of some components in a complex in order to focus the better on the remaining ones."<sup>18</sup>

McMullin unterteilt den Begriff "Galileische Idealisierung" in zwei Unterarten: entweder wird die Simplifikation auf die begriffliche Repräsentation des Objektes oder auf die einer "Problemsituation" angewandt. Ersteres nennt er "construct idealization", letzteres "causal idealization". Unter "construct idealization" wird generell die Veränderung einer Repräsentation verstanden. Diese entsteht durch die Elimination oder Vereinfachung als relevant erachteter Faktoren (formal idealization). Eine eigene Untergruppe der sog. formalen Idealisierung bildet bei McMullin die Repräsentation in der Sprache der Mathematik (mathematical idealization). Die Betrachtung der heuristischen Kapazitäten des Ergebnisses der Idealisierung (material idealization) wird ebenfalls unter "construct idealization" gefaßt. Die experimentellen Repräsentationen (causal idealization) werden in Gedankenexperimente (concept idealization) und Experimente (experimental idealization) unterteilt. Im folgenden werden McMullins Klassifikationen im einzelnen betrachtet.

Als Ergebnis des Vorgangs der "construct idealization" werden Modelle als Idealisierungen komplexer Situationen der realen Welt bezeichnet.<sup>19</sup> Anhand zweier Beispiele demonstriert McMullin, inwiefern diese theoretischen Modelle eine vereinfachte Repräsentation der - fiktiven - Konzeptualisierung der originalen Problemsituation angeben. "The *point* of idealization ... is not simply to escape from the intractable irregularity of the real world into the intelligible order of Form, but to make *use* of this order in an attempt to grasp the real world from which the idealization takes its origin."<sup>20</sup> Mit dem ersten Beispiel, dem sog. idealen Gasgesetz<sup>21</sup>, sind die

---

18 McMullin, E. (1985), S. 248

19 Ebd. S. 258

20 McMullin, E. (1985), S. 248.

21 Van Fraassen führt das ideale Gasgesetz als deterministisches Koexistenzgesetz ein: "The most familiar example (eines Koexistenzgesetzes, M. H.) is the Boyle-Charles ideal gas law which functionally relates the volume, pressure, and temperature of a gas, in such a way that, given any two of these magnitudes at a time  $t$ , the value of the third at  $t$  is uniquely determined. It has the form (6)  $PV = RT$  where  $R$  is a constant, the 'gas constant'. What this means exactly is that at *any given time* the values of  $P$ ,  $V$ , and  $T$  are related by equation (6). Hence if we use triples of real numbers  $(p, v, t)$  to represent the possible

folgenden - üblicherweise als "falsch" bezeichneten - Annahmen verbunden. Diese lauten:

1. Molekulare Bestandteile eines Gases sind perfekt elastische Kugeln mit vernachlässigbarem Volumen.
2. Die Anziehungskräfte der Moleküle sind vernachlässigbar.

Das zweite Beispiel ist das Wasserstoff-Atom-Modell von Bohr, das in dreifacher Hinsicht als idealisiert gilt:

1. Der Kern ist immer in Ruhelage, was mit der Annahme unendlicher Masse äquivalent ist.
2. Der Elektronenorbit ist zirkulär.
3. Nicht berücksichtigt werden die relativistischen Effekte der schnellen Elektronenbewegung.

Formale Idealisierung ist die Grundlage der Entwicklung theoretischer Modelle: "Features that are known (or suspected) to be relevant to the kind of explanation being offered may be simplified or omitted in order to obtain a result."<sup>22</sup>

McMullin beschreibt mittels des Begriffs der Formalen Idealisierung keine ungewöhnlichen Vorgänge bei der Entwicklung theoretischer Modelle. Nicht alle denkmöglichen Einflußfaktoren können bei der Modellierung eines Zusammenhanges berücksichtigt werden: Einerseits nicht, wenn das Modell im Hinblick auf die Zahl der Variablen noch handhabbar sein soll, andererseits nicht, wenn mit dem Modell noch Erkenntnisse über den Objektbereich gewonnen werden sollen. Allerdings ist nicht zu erwarten, daß jedes Ergebnis eines Vereinfachungsvorganges eine Idealisierung ist.

Ebenso ist nicht jedes Ergebnis formaler Idealisierung eine mathematische Idealisierung. McMullin versteht unter letzterer die Erfassung einer physikalischen Situation mittels eines mathematischen Formalismus. Mathematische Idealisierung hat daher zur Folge, daß die logisch-mathematischen Methoden der Modellanalyse zur Anwendung kommen können,

---

thermodynamic states of the gas, the law says that  $(p, v, t)$  represents a physical possible state only if  $p v = R t$ ." Van Fraassen, B. C. (1970), S. 330

22 McMullin, E. (1985), S. 258

indem z. B. eine originäre Repräsentation in die mathematische Sprache übersetzt wurde.

Das Ergebnis des - bei McMullin nicht näher erläuterten - Vereinfachungsvorganges innerhalb der "construct idealization" ist, daß zahlreiche spezifizierbare Eigenschaften unspezifiziert bleiben: "... the model may leave features unspecified that are deemed irrelevant to the inquiry at hand."<sup>23</sup> Dies war gerade der Grund ihrer Elimination. Bezüglich der Zwecke der jeweiligen Modellierung wurde nach vielen Eigenschaften der modellierten Entitäten nicht gefragt, wie - so McMullins Beispiele - nach der internen Struktur der Gasmoleküle im Fall der kinetischen Gastheorie oder dem "leeren" Kern des Rutherford'schen Atommodells: "Questions about other properties that entities of this physical type might plausibly be supposed to possess cannot be answered, unless of course the model is extended in response to different theoretical needs. This ... can be called material idealization."<sup>24</sup> Die Intention hinter der Trennung zwischen formaler und materialer Idealisierung ist, daß erstere die Repräsentation der modellierten Objekte oder Raumzeitgebiete *beschränkt*, indem bestimmte - modellierbare - Aspekte vereinfacht oder eliminiert werden, während die sog. materiale Idealisierung zum Ausdruck bringen soll, daß ein vorliegendes Ergebnis eines Idealisierungsvorganges nicht das einzig mögliche bzw. daß es in verschiedener Hinsicht weiter spezifizierbar ist. Manche Fragen konnten zum Zeitpunkt der Entwicklung des Originalmodells noch nicht gestellt werden, andere wurden relativ zu den dominierenden Forschungsinteressen vorläufig hintangestellt. Es geht bei der sog. materialen Idealisierung um die heuristischen Eigenschaften idealisierter Modelle bzw. um die heuristische Kapazität des Forschungsprogrammes, dem sie entstammen, und daher eher um die *Bewertung* der durch formale Idealisierung - als *Ergebnis* des Vorgangs - entstandenen Modelle ("constructs"). Ein Modell wird positiv beurteilt, wenn seine Entwicklung innerhalb des eigenen begrifflichen Rahmens erfolgen kann, d. h. wenn es "... provides a sort of conceptual boundary within which the later theoretical developments can be situated. The success of these developments indirectly validates the original model, *blank* (idealized) though it was with respect to these further specifications."<sup>25</sup> Im besten Fall zeigt also das Modell selbst an, wie die "Leerzeilen" gefüllt werden können. McMullin spricht hier von

---

23 Ebd. S. 258

24 Ebd. S. 258/259

25 Ebd.

"Selbstkorrektur" (self-correction) und "vorstellbarer Ausweitung" (imaginative extension) des Originalmodells. Diese Vorgänge sind von einem "guten" Modell selbst induzierbar: "If the model is a good one, these processes are not *ad hoc*; they are suggested by the model itself."<sup>26</sup>

Vorangetrieben werden soll dieser Prozeß durch eine "Gewinnung" theoretischer Gesetze aus dem Modell<sup>27</sup>: Diese stehen in approximativer Übereinstimmung mit empirischen, auf Beobachtung beruhenden, Gesetzen. Gerade der Mangel an perfekter Übereinstimmung ist der Motor des Bemühens um Selbstkorrektur. Dieses Vorgehen ist nur aufgrund des *Glaubens*, daß das Modell die reale Struktur des zu erklärenden Objektes spezifiziert, heuristisch gerechtfertigt: "... the original model *does* give a relatively good fit to the real structure of the explanandum object."<sup>28</sup>

Insgesamt ergibt sich folgendes Bild der positiven Heuristik: Aus den theoretischen Modellen (construct idealizations) "ergeben sich" oder "folgen" - was McMullin genau meint, ist unklar - die theoretischen Gesetze. Approximieren diese in einem hinreichenden Maß die korrespondierenden sog. empirischen Gesetze, so werden damit nicht nur die theoretischen Modelle gestützt, sondern auch die Position des wissenschaftlichen Realismus: "Without such a fit, there would be no reason for the model to exhibit this sort of fertility. This gives perhaps the strongest

---

26 Ebd. S. 264

27 Ebd. McMullin erläutert auf S. 257, daß er nicht den Modellbegriff der Logik und Mathematik, wonach ein "... 'model' is an entity of known properties which satisfies a particular formal system", sondern einen in den Erfahrungswissenschaften verbreiteten Modellbegriff zugrundelegen will: "The physicist's model, on the other hand, is a tentative representation intended to explain some aspect of a real-world situation" (Fußnote 26). Im Text beschreibt McMullin die Modelle wie folgt: "Every physical theory involves a model of the physical object(s) whose behavior the theory is expected to explain. The theory is not identical with the model, it is the 'text' in terms of which the model is specified, instructions are given on problem-solution, and so forth. The model itself is a postulated structure of elements, relations, properties. Inferences ('theoretical laws') can be derived which describe the behavior of the model under specified constraints of context or parameter value. To the extent that these inferences simulate the empirical regularities whose explanation is sought, the theory and its associated models are said to 'explain' these regularities." Wenn das Modell Ergebnis einer mathematischen Idealisierung ist, kann es in Suppes' Klassifikation wie folgt eingeordnet werden: "The third meaning of 'model', the one most popular with empirical sciences, is ... to give a mathematical model for some branch of empirical science ... to state an exact mathematical theory. In such empirical contexts the word 'theory' is often reserved for non-mathematical, relatively inexact statements about the fundamental ideas of a given domain of science." Suppes, P. (1957), S. 254

28 McMullin, E. (1985), S. 264

grounds for the thesis of scientific realism."<sup>29</sup> Hier zeigt sich die für viele Vertreter der Galileischen Idealisierung typische Verknüpfung von idealisierender Modellbildung und wissenschaftlichem Realismus - eine Beziehung, die von McMullin wie folgt interpretiert wird: Die Übereinstimmung ist da, weil die Modelle die Struktur der Objekte hinreichend gut repräsentieren, und weil sie diese gut repräsentieren, ist die Übereinstimmung da. Genauer gesagt, der Glaube an die Güte der Übereinstimmung wird mit dem Glauben daran, daß das idealisierte Modell das reale Objekt gut erfaßt, gleichgesetzt.

Dies gilt allerdings nur, solange die Prozesse der Selbstkorrektur nicht ad hoc sind. Sobald die Ideen zur genaueren Spezifikation weiterer Eigenschaften des untersuchten Objektbereiches nicht aus dem Forschungsprogramm stammen, dem das Modell selbst zuzurechnen ist, gelten die Korrekturen als "ad hoc" und die aus dem Modell erhaltenen Gesetze als falsch oder fehlerhaft - selbst wenn sie die empirischen Gesetze gut approximieren: "... the implication is that the model is not a good one ... This is the type of defect on which Cartwright mainly rests her case in *How the Laws of Physics Lie*."<sup>30</sup>

Während das Originalmodell durch die Vorgänge der Selbstkorrektur und der vorstellbaren Ausweitung weitere Idealisierungen induzieren kann, d. h. sich im Zeitablauf durch die Berücksichtigung im Originalmodell *fehlender* Eigenschaften entwickelt, besteht durch einen Vorgang des "De-Idealisierens" eine ganz anders geartete Verbesserungs- oder Entwicklungsmöglichkeit der Originalmodells. Die durch Vereinfachung eliminierten relevanten Einflußfaktoren sollen bei Bedarf wieder berücksichtigt werden können: "... the model can be improved by gradually adding back the complexities."<sup>31</sup> Das hat nach Ansicht von McMullin nur Sinn, wenn man weiß, welche speziellen Faktoren re-addiert werden müssen, d. h. wenn bekannt ist, welche Faktoren durch den Idealisierungsvorgang (der ja ein Vereinfachungsvorgang ist) eliminiert wurden: "This technique will work only if the original model idealizes the real structure of the object. To the extent that it does, one would *expect* the technique to work."<sup>32</sup> Der Glaube daran, daß die Repräsentation der realen Struktur idealisiert wurde, ist mit

---

29 Ebd.

30 Ebd. Nach Hacking's Auffassung benutzen Physiker - je nach Zweck - wechselseitig inkonsistente Modelle innerhalb derselben Theorie. Dies gilt als Basis für Cartwright's Anti-Realismus im Hinblick auf Theorien. Vgl. Hacking, I. (1983), S. 215 ff.

31 Ebd. S. 261

32 Ebd.

der Vermutung verknüpft, daß die "richtigen" Faktoren re-addiert werden bzw. richtig de-idealisiert wird. Das Ergebnis ist ein komplementäres Schema von Idealisierung und De-Idealisierung, ein "... dual process of idealizing followed by 'de-idealizing' or adding back".<sup>33</sup>

McMullin gibt für das Adding-back auch Beispiele. Sollen etwa im Fall des Boyle-Charles-Gesetzes Variationen von Druck und Temperatur theoretisch berücksichtigt werden, erhält man die Van-der-Waals-Gleichung:  $(P+a/V^2)(V-b) = RT$ . Das experimentelle Boyle-Charles-Gesetz approximiert das Van-der-Waalsche innerhalb der sog. Normalbereiche von Druck und Temperatur.<sup>34</sup>

Die idealisierten Annahmen des Wasserstoff-Atom-Modells von Bohr sind ebenfalls de-idealisierbar:

- ad 1. Die Kernbewegung kann durch einen Korrekturfaktor berücksichtigt werden.
- ad 2. Die Norm für Körper, die einer zentralen Kraft ausgesetzt werden, sind elliptische Orbits. Da ein Zirkel äquivalent mit einer Familie von Ellipsen ist, beeinflußt diese Annahme nicht die Basisgleichung - es sei denn, das Hydrogen wird einem intensiven elektrischen Feld ausgesetzt: "The effect of such a field (the 'Stark effect') was already known experimentally."<sup>35</sup>
- ad 3. Die relativistischen Effekte der schnellen Elektronenbewegung können durch zwei Korrekturen eingefügt werden.

Nach McMullins Auffassung hat ein Modell keine Erklärungskraft, wenn die Korrekturen nicht theoretisch gerechtfertigt werden können: "When techniques for which no theoretical justification can be given have to be utilized to correct a formal idealization, this is taken to count against the explanatory propriety of that idealization. The model itself in such a case is suspect, no matter how good the predictive results it may produce."<sup>36</sup>

---

33 Ebd. S. 259

34 Bei niedrigem Druck gilt die Van-der-Waals-Gleichung als durch das ideale Gasgesetz ersetzbar; bei niedrigen Temperaturen verflüssigen sich die Gase, so daß es für Gase bei diesen kritischen Temperaturen keine befriedigenden Korrekturen gibt. Bei hohem Druck und damit kleinem Volumen hat die Van-der-Waals-Gleichung ihren größten Anwendungsbereich. Vgl. ebd.

35 Ebd. S. 260

36 Ebd. S. 261. Diese Bedingungen sind - verglichen mit dem, was andere Autoren (z. B. Laymon, R. (1980)) fordern - sehr restriktiv, weil sie die theoretische Erklärung der

Gerade aufgrund der Re-Addition" ist die formale Idealisierung für McMullin eine bedeutende epistemologische "Technik" und deren Funkzionieren - McMullin behauptet, daß sie funktioniert - ein gewichtiges Argument für die Position des wissenschaftlichen Realismus.<sup>37</sup> Auch hier beruht das Argumentationsmuster darauf, daß die De-Idealisierung erfolgreich ist, weil das idealisierte Modell reale Eigenschaften repräsentiert, und weil die Technik so erfolgreich ist, stützt dies die Position des wissenschaftlichen Realismus.

Weitere Formen Galileischer Idealisierung sind nach McMullin Gedankenexperimente ("conceptual" oder "subjunctive idealization") und experimentelle Idealisierung. Beides subsumiert er unter den Oberbegriff "kausale Idealisierung": "In causal idealization the physical world itself is consciously simplified; an artificial ('experimental') context is constructed within which questions about law-like correlations between physical variables can be unambiguously answered."<sup>38</sup> Die Reduzierung der - vorausgesetzten - Komplexität der Natur auf die Experimentalsituation ist eine spezielle Form der Idealisierung, d. h. hier der Beseitigung möglicher störender Einflüsse. Die Vereinfachung einer sonst komplizierten *Situation* soll durch die - z. T. nur gedankliche - Schaffung einer experimentellen Situation erreicht werden. Damit wird eine *Repräsentation* der Ausgangssituation geschaffen, die ähnlich wie z. B. eine idealisierte linguistische Repräsentation u. a. durch die Elimination von Einflußfaktoren gekennzeichnet werden kann. Nach McMullins Auffassung führen nur die kausalen Einflüsse zu relevanten Störungen, so daß auch nur kausal relevante Faktoren eliminiert werden müssen.<sup>39</sup>

Der Vorgang der Idealisierung durch ein Gedankenexperiment wird von Mach plastisch beschrieben: "Ein wichtiger Vorgang besteht darin, daß man einen oder mehrere Umstände, welche quantitativ auf ein Ergebnis Einfluß haben, in Gedanken quantitativ vermindert und schließlich *zum Verschwinden* bringt, so daß die übrigen Umstände allein als maßgebend angesehen werden. Es ist dieser Prozeß physisch oft nicht durchführbar, und man kann denselben daher als *Idealisierung* oder *Abstraktion* bezeich-

---

"Korrekturen" verlangen. Wenn diese erst von der historischen Nachfolgertheorie gegeben werden können, bleibt das Modell bis zu deren Vorliegen "suspekt".

37 Ebd. S. 262

38 Ebd. S. 273

39 "The label 'causal idealization' refers to the technique of removal of 'impediments' rather than to the status of the law arrived at by the use of the technique." McMullin, E. (1985), S. 271, Fußnote 50. Eine ähnliche Argumentation findet sich in Cartwright, N. (1989). Vgl. Kapitel 2.1.5

nen. Indem man sich den Bewegungswiderstand eines auf horizontaler Bahn angestoßenen Körpers oder die Verzögerung eines auf wenig geneigter schiefer Ebene aufsteigenden Körpers bis zum Verschwinden abnehmend denkt, kommt man zu der Vorstellung des ohne Widerstand gleichförmig bewegten Körpers. In Wirklichkeit kann dieser Fall nicht dargestellt werden. Deshalb bemerkt *Apelt* mit Recht, daß das Gesetz der Trägheit durch Abstraktion entdeckt worden sei. Das Gedankenexperiment, kontinuierliche Variation, hat aber hierzu geführt.<sup>40</sup>

Experimentelle Idealisierung und Gedankenexperiment sind prinzipiell kombinierbar. Galilei wird z. B. die Auffassung zugesprochen, daß alle Körper im luftleeren Raum mit gleicher Geschwindigkeit fallen. Im Gedankenexperiment beseitigte er die Störung "Luftwiderstand". Die Annahme eines Vakuums ist insofern kontrafaktisch, als experimentell kein Vakuum herstellbar ist. Sie kann jedoch dadurch gestützt werden, daß sich die Fallgeschwindigkeiten unterschiedlich schwerer Körper bei zunehmend ausgedünnter Atmosphäre zunehmend angleichen. Wenn man annimmt, daß Galilei diese Experimente alle vorgenommen hätte (was McMullin bezweifelt), dann wäre der letzte Schritt, der von dem letzten Experiment in einer Folge von Experimenten zum "pure case" (wobei die Variable, die den Luftwiderstand repräsentiert, den Wert "0" annimmt) führt, ein Gedankenexperiment. Dieser Vorgang könnte als ein Tupel  $\langle\langle E_1, E_2, \dots, E_n \rangle, G\rangle$  rekonstruiert werden.<sup>41</sup>

Die spezielle Art des Übergangs von  $E_n$  auf  $G$  bedarf besonderer Untersuchung. Der Ausgang des Gedankenexperiments, d. h. die Antwort auf die Frage "was würde passieren, wenn ...", resultiert nach McMullin aus der Konzentration "... on *this* cause (in thought) to the exclusion of others."<sup>42</sup> Welche anderen möglichen kausalen Einflüsse man nun tatsächlich ausgeschlossen zu haben meint, hängt zumindest partiell vom Ausgang der Experimente  $E_1, \dots, E_n$  ab. Das idealisierte Gesetz ist aus dieser Perspektive Ausdruck der teils durch Experiment, teils durch Gedankenexperiment gestützten Ergänzung. Der Versuch der asymptotischen Annäherung an den reinen - störungsfreien - Fall resultiert einerseits aus dem Zusammenspiel von experimenteller und gedanklicher Idealisierung (oder nur aus dem Gedankenexperiment, wenn keine Experimente durchgeführt wurden), andererseits speist er sich aus der metaphysischen Überzeugung, daß "... in

40 Mach, E. (1968), S. 192

41 E ... Experiment, G ... Gedankenexperiment

42 McMullin, E. (1985), S. 268

the custom and procedure of Nature herself ... she habitually employs the first simplest and easiest means."<sup>43</sup> Danach kann das Verhalten von z. B. im Vakuum fallenden Körpern nur auf eine oder wenige Ursachen zurückgeführt werden.

Wie sich die Elemente eines über die reale Welt determinierten Universums (universe of discourse<sup>44</sup>) bei der Erfüllung der idealisierten Bedingungen tatsächlich verhalten würden, ist unbekannt. Die Art der Ergänzung der Experimente ist daher abhängig von metaphysischen (bei McMullin kausal motivierten) Auffassungen über den Objektbereich. Einige Autoren sind der Auffassung, daß Idealisierungen nicht falsch sein müssen, d. h. die sich dem "Erscheinungsbild" (manifest image) verschließende Beschaffenheit der Welt korrekt wiedergeben können.<sup>45</sup> "Falsch" wäre höchstens der Prima-facie-Eindruck von der Welt, während zumindest einige Idealisierungen secunda facie die wahren verborgenen Zusammenhänge der Natur enttarnen. Welche Idealisierungen diese epistemologisch relevanten Eigenschaften haben, versucht McMullin u. a. durch den Vorgang der De-Idealisierung, die Beurteilung der Übereinstimmung der Folgerungen aus den idealisierten Modellen mit den sog. empirischen Gesetzen, sowie durch die Betrachtung der heuristischen Kapazitäten der Modelle zu ermitteln.

Im folgenden werde ich McMullins Vorschläge in der Terminologie zusammenfassen, die ich weiterhin verwenden will:

1. Voraussetzungen für die Anwendung und Grund für den Erfolg von Idealisierungen z. B. in wissenschaftlichen Systematisierungen sind nach McMullin die Annahmen einer realistischen Grundauffassung und der grundsätzlichen Erkennbarkeit der Welt. Positiv bewertet werden von ihm Idealisierungen, die sich in ein duales System von Subtraktion-Addition von Eigenschaften oder Einflußfaktoren integrieren lassen. Idealisierung ist ein Vorgang, der einerseits die - angenommene - überflüssige<sup>46</sup> Komplexität reduziert und sich insofern von einer akzeptierten Beschreibung eines Wirklichkeitsausschnittes durch Vereinfachungen "weg" bewegt, andererseits ausgewählte Faktoren

---

43 Ebd. McMullin zitiert Galilei.

44 "When a fixed set *D* is taken as given ... and one confines himself to the discussion of subsets of *D*, we shall call *D* the *domain of individuals*, or sometimes the *domain of discourse*." Suppes, P. (1957), S. 187

45 Vgl. Niiniluoto, I. (1990)

46 "Überflüssig" meint hier, daß diese Faktoren durch vielzählige Präsenz den Erkenntnisprozeß stören, indem sie Undurchschaubarkeit auslösen.

wieder hinzufügt und sich damit der wahren Beschreibung unter der Fragestellung "Welches sind die kausal relevanten Einflüsse?" wieder annähert. Die Grundlage der De-Idealisierung bzw. Re-Addition ist für McMullin das Wissen um kausale Einflüsse. Nur dadurch sind Ad-hoc-Korrekturen zu verhindern.

2. Wenn der Einfluß eines wissenschaftlichen Fortschritts berücksichtigt wird, kann es passieren, daß in einem der Modellentwicklung nachgelagerten Zeitraum neue Einflußfaktoren entdeckt bzw. neue Fragen bezüglich des repräsentierten Bereiches formuliert werden. Diese Form der "Ergänzung" von Modellen, ihre Spezifikation hinsichtlich zuvor nichtspezifizierbarer Eigenschaften des modellierten Objektbereiches bezeichnet McMullin als "materiale Idealisierung". Dem Vorschlag, zwischen formaler und materialer Idealisierung zu differenzieren, werde ich nicht folgen, da es bei letzterer eher um die Bewertung der heuristischen Kapazitäten sog. formaler Idealisierungen geht als um einen eigenständigen - von der formalen Idealisierung zu unterscheidenden - Vorgang. Ist die Heuristik positiv, werden vielmehr dadurch weitere *formale* Idealisierungen induziert.
3. Auch McMullins Vorschlag der Trennung zwischen "construct" und "causal idealization" will ich nicht übernehmen. Eine Unterscheidung zwischen einer Vereinfachung - angewandt auf die konzeptionelle Erfassung einer "Situation" - und einer Vereinfachung - angewandt auf die "Situation" selbst - erscheint mir nicht sinnvoll. Einen derart direkten Realitätszugang will McMullin wahrscheinlich auch nicht unterstellen.
4. Unter "formale Repräsentationen" sollen alle nicht gegenständlichen, nicht experimentellen und nicht mentalen Repräsentationen, d. h. linguistische, logische, mengentheoretische und mathematische Repräsentationen, subsumiert werden. Es ist unerheblich, ob dies - äquivalente wie nichtäquivalente - Repräsentationen sind, ob sie auseinander hervorgegangen sind oder nicht. So kann z. B. eine mathematische Repräsentation aus der Übersetzung einer linguistischen Darstellung in eine mathematische Sprache resultieren und dabei bestimmte "Übersetzungsprobleme" auslösen. Die mathematische Darstellung kann jedoch auch originär sein. Eine eigene Klassifikation von mathematischen Idealisierungen könnte die irreführende Vermutung nahelegen, daß die Verwendung einer oder die Übersetzung in eine mathematische Sprache hinreichend für oder sogar gleichbedeutend mit Idealisierung ist. Das ist nicht der Fall, wenn auch Idealisierungen mit der Verwendung mathematisierter Theorien eng verbunden sind.

5. Aus McMullins Vorschlägen ist nun extrahiert, was für die Explikation des Begriffs der Galileischen Idealisierung weiter verwandt werden soll: Idealisierung als Veränderung von Repräsentationen und De-Idealisierung als Addition epistemologisch ausgezeichnete möglicher Repräsentationsbestandteile.

Mit den Punkten 6. bis 8. werden McMullins Vorschläge ergänzt:

6. Es werden formale, mentale, experimentelle und gegenständliche Repräsentationen eines Objektbereiches unterschieden. Die mentale Repräsentation entspricht dem Ergebnis eines Gedankenexperiments, das wie die experimentelle Repräsentation sowohl im Entstehungs- wie im Begründungskontext z. B. von Gesetzen vertreten sein kann. Experiment und Gedankenexperiment spielen auch eine Rolle beim *Vorgang* des Idealisierens, z. B. bei der Beantwortung der Frage "Was geschieht in der idealisierten Situation" (mit dem im Vakuum fallenden Körper, mit dem auf der Ebene befindlichen und keinerlei Widerständen ausgesetzten Körper, etc.). Die experimentelle Repräsentation eines Objektbereiches kann selbst als ein physikalisches Modell aufgefaßt werden, das in gewisser Hinsicht idealisiert ist. Es ist allerdings noch zu klären, welche Formen der "Vereinfachung" zu Idealisierungen führen können.
7. Da nicht ein Einzelding, eine Situation, ein System etc. direkt idealisiert werden kann, muß der Vorgang der Idealisierung ein davon unabhängiges Bezugssystem besitzen. Es ist unerheblich, ob dieser "Ausgangspunkt der Idealisierung" explizit erwähnt wird. Er ist selbst eine Repräsentation bestimmter Art. Da der Vorgang der Idealisierung ähnlich wie der der Abstraktion als iterativer Prozeß durchführbar ist, *kann* der Ausgangspunkt der Idealisierung selbst schon idealisiert sein. Ob und inwieweit der Ausgangspunkt der Idealisierung eine *realistische* Repräsentation des Repräsentierten sein kann, welchen ontologischen Status das Repräsentierte hat etc., hängt von Faktoren ab, die für das allgemeine Konzept *Pragmatischer Idealisierung* unerheblich sind. Erst die Interpretationen von Ausgangspunkt, Vorgang und Ergebnis der Idealisierung wie der De-Idealisierung werden von philosophischen Überzeugungen beeinflusst. Es ist auch eine philosophische Frage, welches die mit der Galileischen Idealisierung verbundene "minimale" Metaphysik ist. *Galileische Idealisierung* zeichnet sich dadurch aus, daß die Idealisierung als eine *Methode der Wirklichkeitserkenntnis* aufgefaßt wird. Daher sind Annahmen bezüglich der geistesunabhängigen und objektiven Existenz einer realen Welt und

deren Erkennbarkeit zu erwarten. McMullins kausale Metaphysik ist in dieser Hinsicht schon eine "Verstärkung" der metaphysischen Ausgangsposition.

8. Mit den verschiedenen Repräsentationen korrespondieren Ontologien, mit den Ontologien Entitäten: Objekte, Individuen, Raumzeitgebiete, Systeme etc.. Diese werden in sog. Universen (universes of discourse) der jeweiligen Fachwissenschaften zusammengefaßt. Es werden Ontologien angenommen, die sich wissenschaftliche Gemeinschaften unter Bezugnahme auf ihre Wirklichkeit jeweils "schaffen": Wenn ich die Formulierung eines *von der oder über die aktuelle Welt determinierten Universums* verwende, so ist dies nur eine abkürzende Sprechweise. Die aktive Rolle bei der Festlegung der Universen haben wissenschaftliche Gemeinschaften. Im Falle Galileischer Idealisierung enthält das Universum  $U'$  die idealisierten, das Universum  $U$  die realen - bzw. als real angenommenen - Entitäten. Alle Repräsentationen, die das Repräsentierte unverfälscht (nicht deformiert) wiedergeben *sollen*, werden als Repräsentationen I, deren Idealisierungen als Repräsentationen II bezeichnet. Entspricht einer Repräsentation I eine Ontologie bzw. ein Universum ( $U$ ), so auch einer Repräsentation II ( $U'$ ). Es ist sowohl methodisch möglich, die mit den Repräsentationen I aller Erfahrungswissenschaften in einer bestimmten historischen Periode verknüpften Entitäten nur in einem Universum als auch in mehreren Universen zusammenzufassen. Die Beschaffenheit dieser Universen ist davon abhängig, was *wissenschaftliche Gemeinschaften* während bestimmter historischer Perioden mit mehr oder weniger großem Ausmaß an ontologischer Verpflichtung akzeptieren. Auch für die idealisierten Entitäten ist die Existenz mehrerer Universen selbst während einer historischen Periode anzunehmen.

### 2. 1. 2 Wissenschaftliche Signifikanz bei C. G. Hempel und R. S. Rudner

Hempel rekonstruiert typologische Systeme der Sozialwissenschaften als Klassen (klassifikatorische Typen), Ordnungsrelationen ("extreme" Typen) und Idealisierungen (Idealtypen).<sup>47</sup> Die Ordnungsbegriffe sind entweder komparativer oder quantitativer Art; der extreme ("reine") Typus besitzt keine spezielle Bedeutung, soweit operationale Kriterien für seine Einord-

---

47 Vgl. Hempel, C. G. (1965)

nung in dieses System zur Verfügung stehen, sondern repräsentiert nur das eine oder andere Ende einer Skala.

Idealtypen werden nach Hempels Ansicht häufig eingeführt, ohne den Versuch zu unternehmen, für sie adäquate Ordnungskriterien zu entwickeln. Sie werden als spezielle Kunstgriffe für die Erklärung sozialer und historischer Phänomene verwendet, was für Hempel den Übergang der Sozialwissenschaften von einer Phase der Begriffsbildung mittels Deskription und empirischer Generalisierung zu einer Entwicklungsstufe der Konstruktion "theoretischer Systeme" (theoretical systems) oder Modelle indiziert.<sup>48</sup> Wie auch in den Naturwissenschaften sind Idealtypen dann als - für die Erklärungsaufgabe - testbare allgemeine Hypothesen enthaltende "theoretische Systeme" und nicht als isolierte Begriffe aufzufassen. Als Beispiele führt Hempel u. a. die "Theorien" des idealen Gases und des mathematischen Pendels an. Die Begriffe "ideales Gas" oder "mathematisches Pendel" referieren auf physikalische Systeme unter "extremen Bedingungen", die von empirischen Systemen nur approximativ erfüllt werden können. Über die konkreten Unterschiede zwischen dem "theoretischen System" und dem Begriff z. B. des idealen Gases gibt Hempel keine Auskunft. Mit einer Rekonstruktion des idealen Gasgesetzes mittels materialem Konditional in der Form " $(\forall x) (Fx \rightarrow Gx)$ " mit " $Fx = x$  ist ein ideales Gas" und " $Gx = x$  erfüllt Boyles Gesetz" ist er jedoch nicht einverstanden. Der in (den ersten) Anführungszeichen stehende Ausdruck sei eine analytische Aussage, die in der Definition des idealen Gases enthalten sei. Auch die Ersetzung des idealisierten Prädikates "ist ein ideales Gas" durch einen Ausdruck, der einige mit dem Prädikat synonyme Extrembedingungen im Antecedens und das Boylesche Gesetz als Konsequens enthält, dürfte Hempel nicht akzeptieren, da es sich nur um eine Reformulierung der von ihm abgelehnten Fassung handeln würde. Hempel selbst liefert keinen Rekonstruktionsvorschlag, aber er benennt die einzuschlagende Richtung: Die Hypothesen, die quantitative Charakteristika von Gasen verknüpfen, beschreiben auch die Eigenschaften des idealen Gases. Aus diesen Hypothesen können Prognose-sätze abgeleitet werden, die der empirischen Überprüfung fähig sind: "Thus, to put the point in a somewhat oversimplified form, what enters into a physical theory is not the concept of ideal gas at all, but rather the concepts representing the various characteristics dealt with in the theory of ideal gases; only they are mentioned in the principles of thermodynamics."<sup>49</sup>

---

48 Ebd. S. 161

49 Ebd. S. 169

Genau genommen existieren die "zentralen" Begriffe der idealisierten Gesetze - z. B. der des "idealen Gases" - für die allgemeineren Theorien (z.B. für die Thermodynamik) daher gar nicht. Die Gesetze für ein ideales Gas sind aus der kinetischen Gastheorie durch die Annahme von Molekülen ohne Volumen erhältlich, zwischen denen keine Anziehungskräfte herrschen. Sind diese Bedingungen approximativ erfüllt, dann gelten die idealen Gasgesetze als empirisch bestätigt: "The extreme conditions characterizing the ideal case can at least be approximated empirically, and whenever this is the case in a concrete instance, the ideal gas laws in question are empirically confirmed."<sup>50</sup>

Die wissenschaftliche Signifikanz der Idealisierungen beruht nach Hempels Auffassung auf zwei Punkten:

1. Die das Verhalten der idealisierten physikalischen Systeme beschreibenden Gesetze sind aus allgemeineren - empirisch bestätigten - Gesetzen deduzierbar. Die Deduktion basiert auf der Zuordnung bestimmter *Extremwerte* zu einigen Parametern der allgemeineren Theorie.
2. Die "extremen" Bedingungen, die das idealisierte System charakterisieren, sind empirisch wenigstens approximierbar. Diese Situation gilt als hinreichend für die - empirische - Bestätigung der idealisierten Gesetze.

Für Rudner indizieren die in 1. und 2. genannten Bedingungen eine erfolgreiche Verwendbarkeit von Idealisierungen. Er ergänzt diese noch um eine dritte Bedingung, die bei Hempel allerdings in dessen Charakterisierung der Ordnungstypen enthalten ist:

3. Die in physikalischen Idealisierungen verwendeten Begriffe zeichnen sich durch *operationale Klarheit* aus. Sie erleichtern dem Physiker insbesondere das Erkennen von Situationen, auf die die Idealisierungen anwendbar seien: "Metric variable concepts like *mass, temperature, volume, pressure, distance, etc.*, all of which, at extreme values, may become constituents of physical idealizations, have been given relatively precise operational interpretations for many of their actually exemplified values."<sup>51</sup>

---

50 Ebd. Hervorhebung von mir.

51 Rudner, R. S. (1966), S. 61/62