

Wolfgang Maier/Thomas Zoglauer (Hrsg.)

# Technomorphe Organismuskonzepte

Modellübertragungen zwischen  
Biologie und Technik

problemata

frommann-holzboog

128

**Universitäts-  
Bibliothek  
München**

Herausgeber der Reihe „problemata“: Günther Holzboog

Gedruckt mit Unterstützung des Vereins der Freunde und  
Förderer der Leichtbauforschung e. V. in Stuttgart

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Technomorphe Organismuskonzepte** : Modellübertragungen  
zwischen Biologie und Technik / Wolfgang Maier ; Thomas  
Zoglauer (Hrsg.). – Stuttgart-Bad Cannstatt : frommann-  
holzboog, 1994

(problemata ; 128)

ISBN 3-7728-1479-4

NE: Maier, Wolfgang [Hrsg.]; GT

© Friedrich Frommann Verlag · Günther Holzboog  
Stuttgart-Bad Cannstatt 1994

Druck: Präzis-Druck GmbH, Karlsruhe

Einband: Ernst Riethmüller, Stuttgart

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier mit neutralem pH-Wert

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	7
<i>Thomas Zoglauer</i> Modellübertragungen als Mittel interdisziplinärer Forschung.....	12
<i>Julian Nida-Rümelin</i> Reduktionismus und Holismus.....	25
<i>Heinz Penzlin</i> Der Reduktionismus und das Lebensproblem.....	47
<i>Wolfgang Maier</i> Erkenntnisziele einer organismischen Biologie - Unter besonderer Berücksichtigung der Strukturforschung.....	67
<i>Richard Toellner</i> Ganzheit des Organismus in der Physiologie und Lebenstheorie bei Karl Eduard Rothschuh .....	101
<i>Renato G. Mazzolini</i> Mechanische Körpermodelle im 16. und 17. Jahrhundert.....	113
<i>Klaus Erlach</i> Anthropologische Aspekte des Maschinenbegriffs.....	134
<i>Michael Weingarten</i> Konstruktion und Verhalten von Maschinen. Zur Modellgrundlage von Morphologie und Evolutionstheorie.....	162
<i>Wolfgang-Friedrich Gutmann und Karl Edlinger</i> Molekulare Mechanismen in kohärenten Konstruktionen.....	174
<i>Ulrich Kull</i> Turgeszenz, Hydraulik, Information und das Maschinenkonzept in der Biologie .....	199
<i>Wolf-Ernst Reif, Roland Sadler und Rolf Reiner</i> Computersimulation der Musterbildung in der Haut von Säugetieren und Haien .....	213

<i>Günter Hotz</i>	
Zum Informationsbegriff.....	236
<i>Christoph v. Campenhausen</i>	
Zufall und Notwendigkeit bei der Einführung früher elektrophysiologischer Begriffe und Konzepte durch Emil du Bois-Reymond.....	248
<i>Christoph v. Campenhausen</i>	
Neubestimmung der biologischen Funktion von Farbrezeptoren bei Menschen und Tieren .....	269
<i>Werner Nachtigall</i>	
Technische Biologie und Bionik: Procedere - Probleme - Perspektiven .....	285
<i>Hans-Rainer Duncker</i>	
Probleme der wissenschaftlichen Darstellung der komplexen Organisation von lebenden Systemen .....	299

## Reduktionismus und Holismus

### I.

Der Terminus „technomorphe Organismuskonzepte“ verbindet zwei Traditionslinien - ja, man kann über weite Strecken der Biologiegeschichte hinweg sagen, zwei Weltanschauungen - begrifflich miteinander: Die Weltanschauung des Mechanismus, wie sie Borelli (1608-1679) durch detaillierte Einzelstudien zu den Bewegungsgesetzen bei Mensch und Tier vorbereitete und wie sie etwa bei dem französischen Philosophen und Arzt La Mettrie<sup>1</sup> (1709-1751) ihre programmatische Zuspitzung erfährt und die des Vitalismus, die davon ausgeht, daß es eigenständige nicht-mechanische Agentien wie Gestaltungs-, Seelen-, Lebenskräfte etc. gäbe.

Der Gegensatz von Mechanismus und Vitalismus reicht bis in die Anfänge der abendländischen Philosophie in der Vorsokratik zurück. Die Aristotelische Naturkonzeption ist dabei für die klassische Naturphilosophie nicht repräsentativ. Die Vorsokratik, der Epikuräismus, aber auch die Stoa legen Zeugnis davon ab, daß die Aristotelische Naturkonzeption die klassische Naturphilosophie nicht dominierte. Dies ändert sich erst durch die Ausbreitung der christlichen Lehre und den Aristotelismus führender klerikaler Autoritäten, insbesondere Thomas von Aquin. Ein angemessenes Verständnis des Gegensatzes von Vitalismus und Mechanismus in der abendländischen Naturphilosophie verlangt, auch die großen Brückenschläge ins Auge zu fassen: Einer dieser Brückenschläge liegt in der Aristotelischen Theorie der vier unterschiedlichen *causae*<sup>2</sup> vor und ein zweiter in der „Zwei-Welten-Theorie“ bei Kant: Die phänomenale Welt als systematischer Zusammenhang physischer und psychischer Erscheinungen unter kausalen Gesetzen (die Natur) und die intelligible Welt als von Freiheitsgesetzen beherrscht. Der Mensch gehört als Sinnenwesen der phänomenalen Welt, also der Natur, und als Vernunftwesen der intelligiblen Welt an und steht insofern sowohl unter Freiheitsgesetzen als auch unter den kausalen Naturgesetzen.<sup>3</sup>

Der jüngste, groß angelegte Brückenschlag ist der sogenannte Organizismus in der biologischen Theorie, der sich durch eine spezifische Zurückweisung des Reduktionismus mit der These bestimmt, der (lebende) Organismus sei mehr als die Summe seiner Teile.<sup>4</sup> Der Organizismus ist also eine spezifische holistische Konzeption, die sich in Abgrenzung vom Reduktionismus definiert.

Auch angesichts der weltanschaulichen Belastungen der Diskussion um Reduktionismus und Holismus lohnt es sich, einige begriffliche und wissenschaftstheoretische Unterscheidungen vorzunehmen, um die methodologische Klärung in den Einzelwissenschaften nicht durch vermeidbare Konfusionen zu belasten.<sup>5</sup> Das soll in diesem Beitrag versucht werden.

## II.

Im ersten Schritt unseres Klärungsversuches betrachten wir kein biologisches, sondern ein fraglos *technisches System*. Um gewisse Analogien zu ermöglichen, betrachten wir ein recht komplexes technisches System, nämlich ein in Betrieb befindliches Kernkraftwerk, und zwar in einer Periode, die ohne jegliche menschliche Intervention auskommt. Der Betrieb erfolgt also selbstgesteuert, die verschiedenen Abläufe und Regelkreisläufe funktionieren ordnungsgemäß. Die meisten wichtigen Kenngrößen des Systems sind entweder in bestimmten Margen konstant oder im Fließgleichgewicht, oder weisen zyklische Werte auf. Man stelle sich nun vor, eine Gruppe von Ingenieuren, die mit der Kerntechnik nicht vertraut sind, habe die Aufgabe, dieses Kernkraftwerk zu analysieren. Der Ausdruck „analysieren“ könnte möglicherweise als eine Vorentscheidung für ein reduktionistisches Programm empfunden werden, daher wollen wir vorsichtiger sein und zum Begriff der „Erklärung“ übergehen. Die Ingenieure wollen also das Kernkraftwerk *erklären*.

Nach der gängigen wissenschaftstheoretischen Explikation des Erklärungsbegriffes bezieht sich „Erklärung“ jedoch nicht auf ganze Systeme oder Prozesse, sondern auf Ereignisse. Ereignisse werden gemäß dem Hempel-Oppenheim-Schema dadurch erklärt, daß man sie logisch-deduktiv aus anerkannten gesetzmäßigen Zusammenhängen und (bestehenden) Antecedens-Bedingungen ableitet. Es hat sich dabei herausgestellt, daß die

Verwendung dieses Schemas als Kriterium für eine gelungene wissenschaftliche Erklärung unzureichend ist.<sup>6</sup>

Unzweifelhaft ist jedoch, daß ein Gutteil der (nicht-statistischen) Erklärungen in den empirischen Wissenschaften die logische Struktur des H-O-Schemas in der Tat aufweist. Der Ausdruck „Erklärung von S“ muß also im Falle eines technischen Systems (für S) in eine Vielzahl von Ausdrücken der Art „Erklärung von E<sub>1</sub>“, „Erklärung von E<sub>2</sub>“, „Erklärung von E<sub>3</sub>“ ... übersetzt werden, wobei E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> Ereignisse sind, die für S charakteristisch sind. Im Falle des Kernkraftwerks wären solche Ereignisse etwa die Verstärkung der Pumpleistung bei einer bestimmten Temperaturzunahme, das Maß der Stromenergie in Abhängigkeit von anderen Meßgrößen etc.<sup>7</sup> Eine Bedeutung von „Erklärung von S“ wäre dann erfüllt, wenn die verfügbaren, wissenschaftlich erhärteten Naturgesetze, zusammen mit den jeweils von der Konstellation des technischen Systems gegebenen Antecedens-Bedingungen, jedes dieser Ereignisse E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, ... E<sub>n</sub> logisch deduktiv abzuleiten gestatten. Es besteht überhaupt kein Zweifel, daß diese erste Bedeutung der Erklärung von S im Falle des Kernkraftwerkes ohne weiteres, zumindest idealiter, allein aufgrund physikalisch-chemischer Gesetzmäßigkeiten möglich ist.

Es kann jedoch ebenfalls kein Zweifel bestehen, daß damit S in einem anderen Sinne überhaupt nicht erklärt ist. So ist z.B. *die konkrete Konstruktion des Kernkraftwerkes* (daß es so und nicht anders konstruiert ist) auch dann nicht erklärt, wenn alle Ereignisse (und Vorgänge) innerhalb und außerhalb des Systems erklärt wären. Eine Erklärung dieser Art müßte auf die Zielsetzungen der Konstrukteure des Kernkraftwerkes rekurrieren, etwa auf eine möglichst effiziente Energieausbeute bei Achtung des Sicherheitsstandards etc. Offensichtlich gilt, daß eine vollständige Erklärung der ersten Art (Erklärung I) keine Erklärung der zweiten Art (Erklärung II) impliziert und umgekehrt eine Erklärung II keine Erklärung I impliziert. In diesem Beispiel wird die systematische Verknüpfung von Mechanismus und Reduktionismus einerseits und Holismus und Teleologie andererseits deutlich. (I) hat einen *analytischen* Charakter: das technische System wird in seine Bestandteile, d.h. hier speziell in die konstitutiven Ereignisse und Prozesse, *zerlegt*, die dann jeweils eine deduktiv-nomologische Erklärung erfahren, während Erklärung II auf die *Zielsetzung der Konstrukteure rekurriert*.

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, daß dieser enge - auch wissenschaftshistorisch sehr wirksame - Konnex nicht besteht. Es wäre im-

merhin möglich, daß die deduktiv-nomologische Erklärung der Einzelergebnisse jeweils die Bezugnahme auf den gesamten Komplex von Antecedens-Bedingungen, die das technische System insgesamt konstituieren, erforderlich macht. Ja, es könnte sogar sein, daß die zu erklärenden Ereignisse aufgrund der engen kausalen Vernetzung nicht jeweils isoliert zu erklären sind, die Ereignisse also in einem wechselseitigen kausalen Abhängigkeitsverhältnis stehen, das nur holistisch - d.h. bei Einbeziehung des gesamten technischen Systems - analysierbar wäre. Und umgekehrt lassen sich auch die einzelnen Elemente des technischen Systems teleologisch - d.h. hier unter Bezugnahme auf die Zielsetzungen der Konstrukteure, die verfügbaren Materialien, die zum Zeitpunkt der Konstruktion vorliegenden Daten und Theorien etc. - erklären II.

In der modernen Naturwissenschaft dominieren analytische Erklärungen I. Die analytische Methode initiierte die moderne Naturwissenschaft und sie hat Eindrucksvolles geleistet. Sie hat gerade durch ihre Leistungsfähigkeit allerdings auch ihre Beschränkungen aufgedeckt. Allgemein anerkannt sind diese Beschränkungen heute in der Mikrophysik.<sup>8</sup> Die Theorie offener Systeme in der Biologie und die Chaos-Theorie konstituieren möglicherweise weitere grundsätzliche Beschränkungen.<sup>9</sup> Da rationale Akteure ihr Handeln in der Regel dadurch kohärent gestalten, daß sie eine gewisse Hierarchisierung ihrer Handlungsziele vornehmen und daher im technischen Prozeß Subsysteme funktional im Hinblick auf die Ziele des Gesamtsystems gestalten, scheint eine analytische Vorgehensweise zur Erklärung II in jedem Falle abwegig zu sein.<sup>10</sup>

Die Unterscheidung zwischen Erklärung I und Erklärung II läßt sich mit Hilfe einer „science-fiction“-Ausschmückung verdeutlichen. Man stelle sich etwa vor, daß die menschliche Zivilisation auf diesem Globus ausgelöscht wurde, aber einige, besonders beständige Bauwerke, etwa dieses Kernkraftwerk, die Zeiten überdauert, bis intelligente Wesen den Globus erneut besiedeln. Diese Wesen suchen nun nach Erklärungen für diese Überreste menschlicher Zivilisation. Da diese intelligenten Wesen über mindestens das gleiche naturwissenschaftliche Wissen verfügen wie wir, ist es ihnen ohne Zweifel möglich, die erhaltenen technischen Systeme zu erklären I. Sie stünden aber dennoch vor einem totalen Rätsel, sofern sie nicht zu der Hypothese, daß es sich hier um technische Produkte, die bestimmte Zwecke anderer (ausgestorbener) intelligenter Wesen erfüllt haben, greifen würden. Ohne diese Hypothese sind diese Gegenstände nicht erklärt II. Ihre Entstehung ist aufgrund der bekannten naturwissenschaftli-

chen Gesetzmäßigkeiten ohne den technischen Eingriff der Konstruktion in dem starken Sinne *nicht erklärbar*, daß ihre Existenz *ohne* solche Eingriffe mit den bekannten (physikalisch-chemischen) Naturgesetzen *inkompatibel* ist.

### III.

Üblicherweise wird zwischen drei unterschiedlichen Formen des Reduktionismus unterschieden: ontologischer, explanatorischer und methodologischer Reduktionismus.<sup>11</sup> Die Reduktionismus-Problematik in der Biologie hat eine Parallele in der Individualismus-Problematik in den Sozialwissenschaften.<sup>12</sup> Da die Argumente fast völlig strukturgleich sind und wir als Individuen in gewissen Grenzen einen privilegierten Zugang zur Individualismus-Problematik in den Sozialwissenschaften haben, werde ich zur Explikation unterschiedlicher Varianten des Reduktionismus diese Parallele heranziehen.

1. Der *ontologische Individualismus* in den Sozialwissenschaften tritt in einer radikalen Variante (1A) in der These auf, nicht-individuelle gesellschaftliche Entitäten hätten keine (genuine) Realität. So sind die Mitglieder einer Schulklasse, die, sagen wir 25 Kinder im Alter zwischen sieben und acht Jahren umfaßt, jeweils individuell real, während die Schulklasse als solche nur als ein begriffliches Konstrukt zu verstehen ist, das diese 25 Kinder (begrifflich) unter einem bestimmten Aspekt (nämlich dem der Organisation des Unterrichts etc.) zusammenfaßt. Dem radikalen ontologischen Individualismus entspricht interessanterweise keine Variante des ontologischen Reduktionismus in der Biologie, denn niemand wird ausschließlich Molekülen, aber nicht Organismen (genuine) Realität zuschreiben.

Die *gemäßigte Variante des ontologischen Individualismus* (1B) gibt zwar zu, daß gesellschaftlichen Entitäten Realität zukommt, diese seien aber reduzierbar auf individuelle Eigenschaften und Relationen. So könnte man etwa am Beispiel der Schulklasse sagen, die Schulklasse sei zwar real, alle Eigenschaften, die diese Schulklasse begrifflich und empirisch inne hat, seien aber nichts anderes als bestimmte Eigenschaften, die den Mitgliedern dieser Schulklasse zukommen. (So gilt für jedes Mitglied der

Schulklasse, daß es einen gewissen Zeitraum täglich mit den anderen Mitgliedern zusammen in einem Raum ist etc.). Diese gemäßigte Variante des ontologischen Individualismus in den Sozialwissenschaften hat eine Analogie in der gemäßigten Variante des ontologischen Reduktionismus. Demnach wären biologische Entitäten (lebende Organismen) zwar real, aber auf physikalische (und gegebenenfalls chemische) Eigenschaften und Korrelationen reduzierbar.<sup>13</sup>

Eine weitere Abschwächung des ontologischen Individualismus in den Sozialwissenschaften besagt, daß gesellschaftliche Entitäten zwar real und nicht reduzierbar seien, daß sie aber auf individueller ‚agency‘ beruhen. Es sind demnach die Handlungen, Intentionen und Verhaltensmuster von Individuen, die die Gesellschaft in toto und ex omni parte konstituieren. Dieser Form des ontologischen Individualismus in den Sozialwissenschaften entspricht die schwache Variante des ontologischen Reduktionismus in der Biologie, nach der (lebende) Organismen zwar real und nicht reduzierbar seien, ihre Eigenschaften und Vorgänge aber (vollständig) auf physikalischen (und gegebenenfalls chemischen) Wechselwirkungen und Prozessen beruhen (1C).

Die schwächste, die Supervenienz-Variante des ontologischen Individualismus in den Sozialwissenschaften besagt, daß gesellschaftliche Entitäten zwar real und nicht reduzierbar seien, daß sie jedoch individuellen Eigenschaften und Korrelationen supervenient seien. „Supervenient“ besagt dabei folgendes: Wenn zwei gesellschaftliche Entitäten sich in den individuellen Eigenschaften und Korrelationen nicht unterscheiden, dann sind sie sich gleich. Anders formuliert: Zwei ungleiche gesellschaftliche Entitäten müssen sich in mindestens einer individuellen Eigenschaft bzw. Korrelation unterscheiden.<sup>14</sup> Der Supervenienz-Variante des ontologischen Individualismus entspricht die schwächste Variante des ontologischen Reduktionismus in der Biologie, für die Organismen zwar real und nicht reduzierbar sind, aber zwei Organismen, die sich im Hinblick auf ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften nicht unterscheiden, sich auch in ihren biologischen Eigenschaften nicht unterscheiden können.

2. Vom ontologischen Individualismus bzw. Reduktionismus ist der *explanatorische* Individualismus bzw. Reduktionismus zu unterscheiden.<sup>15</sup> Die Frage stellt sich, ob ein ontologischer Individualismus in den Sozialwissenschaften den explanatorischen Individualismus impliziert. Wir können zwei Formen des explanatorischen Individualismus unterscheiden: Die erste Form (2A) wird in der Tat zumindest durch die drei stärkeren Varianten

ten des ontologischen Individualismus (1A, 1B, 1C) impliziert. Wir können diese Variante auch als *explanatorischen „science-fiction“-Individualismus* bezeichnen. Gemeint ist damit folgendes: Wenn eine dieser stärkeren Varianten des ontologischen Individualismus zutrifft, dann wäre die ideale wissenschaftliche Theorie der Erklärung gesellschaftlicher Entitäten ebenfalls individualistisch. Wenn etwa gemäß Variante 1A gesellschaftliche Entitäten für sich gar keine Realität beanspruchen können, sondern durch Eigenschaften und Korrelationen der sie konstituierenden Individuen definiert sind, dann wäre eine ideale wissenschaftliche Erklärung erst dann gegeben, wenn alle Eigenschaften der gesellschaftlichen Entitäten durch Eigenschaften der sie konstituierenden Individuen erklärt werden. Ob dies unter den Bedingungen menschlicher Wissensakkumulation empirisch realisierbar ist, ist jedoch zweifelhaft. Es könnte immerhin sein, daß die Individualismus Variante 1A zuträfe, ohne daß es auch nur im entferntesten die Möglichkeit gäbe, eine entsprechende ideale explanatorische Theorie zu entwickeln. Daher unterscheiden wir vom explanatorischen Individualismus im Sinne von 2A den *explanatorischen de-facto-Individualismus* (2B), für den gerade nicht gilt, daß jeweils 1A bzw. 1B bzw. 1C 2B impliziert.

Ob die Umkehrung gilt, nämlich, daß diese Variante des explanatorischen Individualismus mindestens eine der Varianten des ontologischen Individualismus impliziert, kann hier offen bleiben. In vollständiger Analogie läßt sich der explanatorische „science-fiction“-Reduktionismus und der explanatorische de-facto-Reduktionismus in der Biologie unterscheiden: Der explanatorische „science-fiction“-Reduktionismus in der Biologie wird durch jede der drei stärkeren Varianten des ontologischen Reduktionismus impliziert, während dies für den explanatorischen de-facto-Reduktionismus nicht gilt: Auch dann, wenn Organismen nicht mehr sind als die Summe der physikalisch-chemischen Teile, könnte es sein, daß es völlig ausgeschlossen ist, eine erklärende Theorie lebender Organismen zu entwickeln, die sich ausschließlich auf physikalisch-chemische Gesetzmäßigkeiten stützt. Die *de facto* ideale biologische Theorie wäre insofern dann *nicht reduktionistisch*.

3. Da ein zentraler Aspekt der wissenschaftlichen Methodologie sich auf die Erklärungskraft von Theorien richtet, wollen wir im folgenden statt von „methodologischem“ Reduktionismus von „*heuristischem*“ *Reduktionismus* sprechen. Der heuristische Reduktionismus in der Biologie entspricht dem heuristischen Individualismus in den Sozialwissenschaften. Die Heuristik von Theorien bezieht sich auf Regeln, die den Forschungsprozeß steu-

ern und das Auffinden neuer Theorien erleichtern sollen. Heuristischer Individualismus in den Sozialwissenschaften fordert daher, bei der Entwicklung von Theorien möglichst auf holistische Begriffe zu verzichten und sich auf Eigenschaften und Korrelationen von Individuen zu beschränken. Sicherlich gilt, daß explanatorischer „de facto“-Individualismus heuristischen Individualismus impliziert.

Gleiches gilt selbstverständlich nicht für den explanatorischen „science-fiction“-Individualismus. Es gibt keine Implikation von einer der Varianten des ontologischen Individualismus zum heuristischen Individualismus, denn wenn der ontologische Individualismus eine zutreffende Theorie ist, so ist damit nur impliziert, daß auch die ideale „science-fiction“-Theorie individualistisch ist, aber nicht, daß Gleiches auch unter den Beschränkungen der *conditio humana* gilt. Dennoch bietet der ontologische und a fortiori der explanatorische Individualismus (auch in seiner „science-fiction“-Version) einen guten Grund für eine individualistische Heuristik: Wenn die soziale Welt ausschließlich aus Individuen, ihren Eigenschaften und Relationen zusammengesetzt ist, bzw. wenn eine gute Erklärung gesellschaftlicher Vorgänge auf individuelle Eigenschaften und Korrelationen rekurriert, dann scheint es sinnvoll, zumindest den Versuch zu machen, eine individualistische Theorie der sozialen Welt zu entwickeln. Ein solches Programm liegt im „rational-choice“-Ansatz der Ökonomie und der Sozialwissenschaften in der Tat vor. Es handelt sich um den groß angelegten Versuch, soziale Phänomene als Ausfluß je individueller rationaler Akteure zu verstehen. Das Programm ist in der theoretischen Ökonomie bisher recht erfolgreich gewesen und verzeichnet auch in anderen Disziplinen gewisse Fortschritte.<sup>16</sup>

Ein weiterer interessanter Gesichtspunkt ist der folgende: Angenommen, man verfügt über zwei phänomenal äquivalente Theorien: Die eine Theorie sei holistisch ( $T_h$ ) und die andere Theorie sei individualistisch ( $T_i$ ). Phänomenale Äquivalenz heißt, jedes (empirische) Phänomen, das von  $T_h$  erfaßt wird, wird auch von  $T_i$  erfaßt und umgekehrt.  $T_h$  und  $T_i$  führen zu den gleichen Prognosen, den gleichen Retrodiktionen und zu den gleichen Erklärungen auf phänomenaler Ebene. Außerhalb der phänomenalen Ebene gilt dies selbstverständlich nicht. Natürlich würde eine individualistische Theorie auch über das Verhalten von Individuen etwas aussagen, was die holistische Theorie nicht leisten könnte. Es scheint aber nicht diese zusätzliche Erklärungskraft der individualistischen Theorie  $T_i$  dafür ausschlaggebend zu sein, daß trotz phänomenaler Äquivalenz  $T_i$  gegenüber  $T_h$  als überlegen

gilt. (Wir sind ja davon ausgegangen, daß die intendierten Anwendungen, sowohl von  $T_i$  wie von  $T_h$ , sich auf holistische Phänomene bezogen. Erklärung und Systematisierung individuellen Verhaltens gehöre hier nicht zu den Zielen der Analyse.) Wenn man jedoch eine individualistische Ontologie zugrunde legt, dann wäre  $T_i$  auch bei gleichem phänomenalen Gehalt gegenüber  $T_h$  überlegen, da - so könnte man sagen -  $T_i$  Eigenschaften und Korrelationen realer Entitäten beschreibt, während sich  $T_h$  auf begriffliche Konstruktionen stützen muß, denen keine realen Entitäten entsprechen.

Dieser Zusammenhang wird im Falle des heuristischen Reduktionismus deutlicher, denn die Entitäten, auf deren Eigenschaften und Korrelationen eine biologische Theorie des Organismus zu reduzieren wäre, können für sich keine unmittelbare (d.h. vorthoretische) Evidenz in Anspruch nehmen, realen Entitäten zu entsprechen. Im Gegenteil, hier scheint sich die Sachlage sogar umgekehrt darzustellen: Die zu analysierenden biologischen Organismen haben unbezweifelbar reale Existenz, während die Entitäten, auf deren Eigenschaften und Korrelationen die organismischen Vorgänge zu reduzieren wären, möglicherweise nur theoretische Konstrukte darstellen, denen - wie es zumindest der heutige Stand der physikalischen Mikro-Theorie nahelegt - keine realen Entitäten entsprechen.<sup>17</sup> Wenn man nun auch im Falle der physikalistischen Reduktion biologischer Theorien ( $T_b$  auf  $T_p$ ) an der Überlegenheit von  $T_p$  gegenüber  $T_b$  auch bei phänomenaler Äquivalenz festhält, dann scheint mir hier das ontologische Argument vergleichsweise schwach zu sein.

4. Im Gegensatz zum heuristischen Reduktionismus läßt sich der *begriffliche Reduktionismus* recht präzise charakterisieren. So wie der begriffliche Individualismus in den Sozialwissenschaften behauptet, alle (vernünftigen) holistischen Begriffe seien durch individualistische definierbar, so behauptet der begriffliche Reduktionismus in der Biologie, daß alle (vernünftigen) Begriffe, die zur Analyse von (lebenden) Organismen gebraucht werden, ohne Bedeutungsverlust in physikalische (und gegebenenfalls chemische) Begriffe synonym übersetzt werden können. Sofern man der Quine-Kuhn-Feyerabend-These zustimmt, daß die Bedeutung der im Rahmen einer Theorie gebrauchten Begriffe von dieser Theorie nicht ablösbar ist, daß es also keine inter-theoretische synonyme Übersetzung geben kann (Inkommensurabilitätsthese), liegt auf der Hand, daß der begriffliche Individualismus in den Sozialwissenschaften, ebenso wie der begriffliche Reduktionismus in der Biologie, von einem ontologischen oder auch explanatorischen Individualismus resp. Reduktionismus nicht impli-

ziert ist. Da nach der Inkommensurabilitätsthese auch phänomenal äquivalente Theorien über den gleichen Gegenstandsbereich in der Regel begrifflich inkommensurabel sind, gilt a fortiori, daß eine in individualistischer Perspektive und physikalistischem Rahmen formulierte Theorie i.d.R. mit einer im holistischen resp. organismischen Rahmen formulierten Theorie begrifflich inkommensurabel ist. Die Inkommensurabilitätsthese schließt einen begrifflichen Individualismus in den Sozialwissenschaften und analog einen begrifflichen Reduktionismus in der Biologie auch dann aus, wenn sowohl der ontologische Individualismus bzw. Reduktionismus wie der explanatorische Individualismus bzw. Reduktionismus als zutreffende Meta-Theorien der Sozialwissenschaften bzw. der Biologie gelten können.

Wenn man die Inkommensurabilitätsthese allerdings nicht akzeptiert, wird das Verhältnis zwischen den verschiedenen Ebenen des Individualismus bzw. Reduktionismus komplizierter. Wer etwa eine traditionelle Korrespondenz-Theorie der Bedeutung zugrunde legt, die den wissenschaftlichen Begriffen als Bedeutung jeweils die realen Gegenstände, auf die sie sich beziehen, zuordnet, was natürlich nur im Rahmen einer realistischen Ontologie möglich ist, der kann an einem begrifflichen Individualismus resp. Reduktionismus nur festhalten, wenn er auch einen ontologischen Individualismus resp. Reduktionismus vertritt. Unter dieser besonderen Bedeutungstheorie impliziert begrifflicher Reduktionismus ontologischen Reduktionismus in den Sozialwissenschaften. Für andere Bedeutungstheorien gilt diese logische Beziehung jedoch nicht.

#### IV.

Für die Wissenschaftstheorie der Biologie steht der explanatorische Reduktionismus im Zentrum der Diskussion. Ein Gutteil der Auseinandersetzungen leidet allerdings darunter, daß die im vorangegangenen Abschnitt unterschiedenen Ebenen meist nicht sorgfältig auseinandergelassen werden. Proponenten des explanatorischen Reduktionismus glauben, ihre Auffassung allein schon damit begründen zu können, daß Organismen schließlich aus Molekülen und sonst nichts zusammengesetzt seien (einer ontologischen These). Umgekehrt argumentieren Gegner des ontologischen Reduk-

tionismus häufig mit methodologischen Erfahrungen: Aus der Zurückweisung des heuristischen Reduktionismus wird eine Zurückweisung des ontologischen.

Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich ausschließlich auf die explanatorische Ebene. Es soll versucht werden, eine Skizze dessen zu geben, was eine explanatorische Reduktion ausmacht. Wenn explanatorische Reduktionen in der Biologie auf physikalische Theorien immer erfolgreich wären, dann würde der explanatorische Reduktionismus seine Bestätigung erfahren haben. Einzelne erfolgreiche Reduktionen für sich genommen können die Richtigkeit des explanatorischen Reduktionismus nicht erweisen. Da dies für jede endliche Folge von erfolgreichen Reduktionen gilt, kann sich der explanatorische Reduktionismus bestenfalls bewähren (im Sinn des Popperschen ‚corroborate‘), aber er kann niemals bewiesen werden. Ein einzelner Nachweis, daß sich ein organismischer Sachverhalt nicht auf physikalische Sachverhalte (explanatorisch) reduzieren läßt, würde hinreichen, den explanatorischen Reduktionismus zu widerlegen.

Wir betrachten zunächst das Problem der explanatorischen Reduktion im Rahmen des sog. „statement view“. Das Explanandum, die zu erklärenden singulären Sachverhalte (die Beobachtungsdaten), müssen als Menge von Sätzen darstellbar sein: S. Wenn eine Theorie T S erklärt, dann gilt: T impliziert S.<sup>18</sup> T ist nun auf - T\* reduzierbar genau dann, wenn zwei Bedingungen erfüllt sind:

1. T\* impliziert T (die Umkehrung gilt nicht)
2. Wenn gilt, daß T S impliziert, dann impliziert T\* ebenfalls S.

So elegant und intuitiv einleuchtend diese Rekonstruktion erscheint, sie ist mit einer Reihe gravierender Probleme behaftet. Damit diese Rekonstruktion anwendbar ist, müssen die Begriffe, mit denen die Theorien von T und T\* formuliert sind, intertheoretisch übersetzbar sein. Dies ist zumindest de facto in der Regel nicht möglich. Wenn die Verfechter der Inkommensurabilitätsthese recht haben, ist dies sogar grundsätzlich unmöglich. Zum zweiten gilt, selbst für prominente Beispiele gelungener Reduktion - etwa die der klassischen Thermodynamik auf die statistische Thermodynamik - , daß die logische Ableitbarkeit, auch unabhängig von der Übersetzungsproblematik, sich als ein weit schwierigeres Unterfangen herausstellt, als man zunächst meinen könnte. So spielen etwa Approximationen eine we-

sentliche Rolle, was eine direkte logische Ableitung nicht gestattet.<sup>19</sup> Und schließlich stellt sich die grundsätzliche Frage, ob wissenschaftliche Theorien überhaupt als Mengen von Aussagen adäquat charakterisiert werden können.

Nun könnte man an diesem im Rahmen des statement view formulierten Reduktionsbegriff festhalten und angesichts der genannten und anderer Anwendungsprobleme konstatieren, daß der Reduktionismus in der Biologie ein Programm ist, das sich schon aus grundsätzlichen wissenschaftstheoretischen Gründen nicht durchführen läßt. Diese Konsequenz wäre allerdings voreilig gezogen, denn zunächst ist die Möglichkeit zu prüfen, ob nicht ein adäquaterer Reduktionsbegriff schwächere Bedingungen erfüllt, die eine größere Chance haben, erfüllt zu werden. Dies könnte durch eine Modifikation der Reduktionsrelation im Rahmen des statement view geleistet werden. Erfolgversprechender aber ist es, auf den Reduktionsbegriff im Rahmen des non-statement view zurückzugreifen. Gemäß der strukturalistischen Konzeption besteht eine wissenschaftliche Theorie aus zwei Teilen: einem Theoriekern (dem Paradigma) und dem Anwendungsbereich. Genauer betrachtet zerfällt eine Theorie in vier Bestandteile: Die Menge aller potentiellen Modelle  $M_p$  (die mathematische Repräsentation bei quantitativen und formal ausgereiften Theorien), die Menge aller partiellen potentiellen Modelle  $M_{pp}$ , die den empirischen Gehalt von  $M_p$  repräsentieren, die Menge der intendierten Anwendungen  $I$ , wobei  $I$  eine Teilmenge der Menge der empirischen potentiellen Modelle ist ( $I \subset M_{pp}$ ) und eine Charakterisierung von Anwendungsbedingungen, die z.T. auf andere Theorien und allgemeines Hintergrundwissen zurückgreifen ( $B$ ):  $T = \langle M_p, M_{pp}, I, B \rangle$ .

Wenn  $s$  ein singulärer Sachverhalt ist, dann sei  $//s//$  die Menge aller möglichen Welten, in denen  $s$  wahr ist. Analog können wir für den Fall eines Gesetzes  $g$   $//g//$  als die Menge aller möglichen Welten, in denen dieses Gesetz  $g$  gilt, definieren. Ein singulärer Sachverhalt  $s$  ist genau dann wahr, wenn  $w^\circ \in //s//$ , wobei  $w^\circ$  die tatsächliche Welt sei.

Eine Theorie  $T$  ist wahr, genau dann wenn  $\forall x \in I$  gilt  $w^\circ \in //x//$ .

Mit Hilfe dieser Begriffe läßt sich nun die Reduktion einer Theorie  $T$  auf eine Theorie  $T^*$  durch zwei Bedingungen charakterisieren, die dem oben Genannten im Rahmen des statement view analog sind.<sup>20</sup>

Sei  $T = \langle M_p, M_{pp}, I, B \rangle$  und  $T^* = \langle M_p^*, M_{pp}^*, I^*, B^* \rangle$

1.  $\forall x \in I: \exists y \in M_{pp}^*: //y// \subset //x//$
2.  $\forall x \in I: \exists y \in M_{pp}^*: [w^o \in //x// \rightarrow w^o \in //y//]$

Die Reduktion der Theorie  $T$  auf die Theorie  $T^*$  läßt sich in Gestalt einer Reduktionsfunktion  $\text{Red}: I \ni i \rightarrow M_c^* \in \text{Pot}(M_{pp}^*)$  darstellen, die jeweils einem Element  $i$  aus dem Bereich der intendierten Anwendungen  $I$  eine Menge  $M_c^*$  empirischer Modelle aus  $M_{pp}^*$  zuordnet, so daß  $\forall i \in I: \forall m_c^* \in M_c^*: [M_c^* \in \text{Red}(i) \rightarrow //m_c^*// \subset //i//]$ .

Für die Reduktionsrelation ist es charakteristisch, daß die Zustände eines Systems i.S. von  $T^*$  aufgrund einer Zustandsbeschreibung im Rahmen der Theorie  $T$  hochgradig unterbestimmt sind. Einem Zustand eines Systems bezüglich  $T$  entsprechen jeweils eine Vielzahl von Zuständen bezüglich  $T^*$ . Formal drückt sich das dadurch aus, daß den jeweiligen empirischen Modellen bezüglich  $T$  nicht einzelne empirische Modelle aus  $T^*$ , sondern Mengen solcher Modelle zugeordnet sind. Wenn die empirischen Funktionen (zumindest) von  $T^*$  reellwertig sind, dann entspricht einem empirischen Modell der zu reduzierenden Funktion eine überabzählbar unendliche Menge von empirischen Modellen bezüglich der reduzierenden Theorie ( $T^*$ ).<sup>21</sup>

Theoriereduktionen gibt es in der Biologie wie in jeder anderen empirischen Wissenschaft. In der Verhaltensbiologie etwa werden komplexe phänomenale Theorien des Verhaltens auf Kombinationen von stimulus-response-Mustern reduziert etc. Technomorphe Modelle mögen im Einzelfall über ihre heuristische Funktion hinaus die Reduktion von komplexeren phänomenalen Theorien erlauben. Das technische Analogon mag in solchen Fällen die Rolle eines Paradigmas spielen, das, in geeigneten mathematischen Funktionen beschrieben, die Menge der potentiellen Modelle  $M_p$  charakterisiert. Die intendierten Anwendungen technomorpher Modelle in der Biologie wären dann durch eine geeignete Auswahl der entsprechenden empirischen Funktionen, die auf Organismen anwendbar sind, zu charakterisieren.

Die Reduktion auf ein technomorphes Modell würde dann den oben genannten Bedingungen genügen. Selbst wenn bestimmte phänomenale Gegenstandsbereiche der Biologie durchgängig auf technomorphe Modelle

reduzierbar wären, so wäre damit noch in keiner Weise das reduktionistische Programm erfolgreich durchgeführt.

## V.

Wir kehren zu unserem technischen Beispiel aus Abschnitt II zurück. Wir betrachten das Kernkraftwerk wieder während eines Zeitabschnittes, in dem es nicht zu menschlichen Interventionen kommt. Man kann sich nun vorstellen, daß die Abläufe im Kernkraftwerk in einer systemtechnischen Sprache beschrieben werden. Unter den input-output-Parametern der Teilsysteme spielt auch etwa die Informationsübermittlung eine Rolle. Die systemtechnische Beschreibung ist nicht notwendigerweise physikalistisch (sie ist es in der Regel nicht). Ohne Zweifel gilt aber, daß zumindest im Prinzip die systemtechnische Beschreibung im Sinne des vorangehenden Abschnittes auf eine physikalische Beschreibung/Erklärung reduzierbar ist.<sup>22</sup>

Das Kernkraftwerk besteht aus physikalisch beschreibbaren Teilsystemen (ontologischer Reduktionismus - am plausibelsten Variante 1B) und dies erlaubt - wie zu erwarten - die explanatorische „science-fiction“-Reduktion und möglicherweise hier auch die de-facto-Reduktion. Wenn dies alles wäre, was dazu zu sagen ist, dann hätten wir das Beispiel nicht einzuführen brauchen. Tatsächlich zeigt sich aber bei genauerer Betrachtung, daß es einen zweiten Aspekt der Erklärung eines technischen Systems gibt, den wir bislang unberücksichtigt gelassen haben. In diesem zweiten Sinne ist das Kernkraftwerk (und alle seine Teilsysteme), obwohl physikalisch beschreibbar, physikalisch nicht zu erklären II.

Formal kann man sich den Unterschied zwischen Erklärung I und Erklärung II an diesem Beispiel folgendermaßen klar machen: Erklärung I verwendet im Explanans physikalische Gesetzmäßigkeiten und Antecedens-Bedingungen, die durch die spezifische Konstruktion des technischen Systems konstituiert sind. Die durch die spezifische Konstruktion des technischen Systems konstituierten Antecedens-Bedingungen selbst werden nicht zum Explanandum. Erklärung II ist umfassender als Erklärung I: Erklärung II verlangt nicht nur die konkreten Abläufe innerhalb des technischen Systems bei gegebener Konstruktion, sondern diese Konstruktion selbst zu erklären. Diese umfassendere Erklärung II ist jedoch physikalisch zumindest

prima facie nicht möglich, da die spezifische Konstruktion des technischen Systems auf menschliches intentionales Handeln (Konstruieren) zurückgeht, das selbst *nicht physikalisch* (wohl generell *nicht naturalistisch*) zu erklären ist.

Wenn es Kernkraftwerke gäbe, ohne daß es auf der Welt das intentionale Handeln der Konstrukteure gäbe, dann stünde man vor einem großen Rätsel. Trotz der vollständigen physikalischen Beschreibbarkeit dieses Systems wäre es im Sinne von Erklärung II nicht erklärbar. Ja, man kann dies zuspitzen: Eine solche Konstruktion stünde in eklatantem Widerspruch zu physikalischen Gesetzen. Eine naturalistische Welt könnte - nach unseren heutigen Kenntnissen der Naturgesetze - eine solche Konstruktion nicht hervorbringen. Daraus ergibt sich zweifelsfrei, daß die Implikation von ontologischem Reduktionismus auf explanatorischen („science-fiction“-) Reduktionismus nur für wissenschaftliche Erklärungen der ersten Art (Erklärung I) und nicht für wissenschaftliche Erklärungen der zweiten Art (Erklärung II) gilt. Ein technisches System wie das besagte Kernkraftwerk ist bezüglich Erklärung I abgeschlossen, d.h. die Explananda lassen sich aus Naturgesetzen und den Konstruktionselementen des Systems ableiten, weitere Informationen (Prämissen zur Ableitung der Explananda) sind nicht erforderlich. Für Erklärungen der zweiten Art ist ein technisches System jedoch nicht abgeschlossen. Die Explananda erfordern in diesem Fall, über die Kenntnis der wirkenden Naturgesetze und der Konstruktion hinaus, noch weitere Informationen. Sofern man eine kausalistische Handlungstheorie zugrunde legt,<sup>23</sup> lassen sich die Explananda der Erklärungen II aus den Intentionen und Kenntnissen der Konstrukteure, der technischen Konstruktion selbst und den wirkenden Naturgesetzen ableiten.<sup>24</sup>

Die Ableitung der Explananda läßt sich in zwei Schritte zerlegen: Der erste Schritt entspricht dem (kausalistisch interpretierten) Schema des praktischen Schlusses: Aus den Intentionen (konative Prämisse) und den Kenntnissen (epistemische Prämisse) der Konstrukteure lassen sich bestimmte Handlungen der Konstrukteure (hier Handlungen, die zur Konstruktion des technischen Systems beitragen) ableiten. Die Handlungen der Konstrukteure führen unter den gegebenen Handlungsbedingungen und den wirkenden Naturgesetzen zu einer konkreten technischen Konstruktion, die nicht nur statische Konstruktionsmerkmale, sondern auch (nach Inbetriebnahme) spezifische dynamische Eigenschaften (Verlaufsgesetze, dynamische Gleichgewichte, Input-, Outputparameter etc.) aufweist. Wenn man -wofür gute Gründe sprechen, die hier nicht zu erörtern sind- eine kau-

salistische Handlungstheorie für inadäquat hält, dann können Erklärungen der zweiten Art erst bei den technischen Interventionen selbst ansetzen.

Eine Erklärung II hätte die intentionalen Hintergründe einer technischen Konstruktion nicht zum Gegenstand und müßte sich mit der Herleitung von Konstruktionselementen aus stattgefundenen Interventionen, Rahmenbedingungen und Naturgesetzen begnügen. Wer darüber hinaus von einer vollständigen Erklärung eines technischen Systems verlangt, daß sie ihm das technische System in Hinblick auf seine Zweckbestimmung plausibel macht, der verlangt - sofern man den Kausalismus in der Handlungstheorie ablehnt - keine kausale Erklärung, sondern eine Angabe von (guten) Gründen für die konkreten Konstruktionshandlungen. In Anlehnung an Dray's Theorie<sup>25</sup> kann man hier von *rationaler Erklärung* sprechen.

Die Analogie zu (lebenden) Organismen liegt auf der Hand. So wie bei technischen Systemen nur für Erklärungen I der Schluß vom ontologischen Reduktionismus auf den explanatorischen Reduktionismus gültig ist, so gilt auch für Organismen, daß die Tatsache, daß Organismen aus Molekülen (physikalisch-chemisch beschreibbaren Elementen) bestehen, nur ein Argument für den explanatorischen („science-fiction“-) Reduktionismus auf der Ebene der Erklärungen I darstellt. Erklärungen II, das heißt also Erklärungen, die sich auf die spezifischen Konstruktionsmerkmale (Formelemente) als Organismus beziehen, sind von diesem Argument überhaupt nicht berührt. Der Übergang vom ontologischen Reduktionismus zum explanatorischen Reduktionismus ist auch für die ideale biologische Theorie für Erklärungen II ein non sequitur. Daß es sich hier um ein non sequitur handelt, wurde zwingend am Beispiel des technischen Systems erwiesen, für das ohne Zweifel feststand, daß die die Prozesse und Vorgänge im System leitenden Gesetze physikalisch-chemischer Natur sind und dennoch Erklärungen II nicht physikalisch-chemisch reduzierbar sind. Unter den stärksten, zugunsten des Reduktionismus in der Biologie überhaupt vorstellbaren Voraussetzungen, nämlich, daß ein Organismus in der gleichen Weise physikalisch-chemisch funktioniert wie ein technisches System, ist der Reduktionismus (2A) für Erklärungen II unbegründet.

„Unbegründet“ heißt nicht notwendigerweise falsch. „Unbegründet“ heißt hier lediglich, daß selbst dann, wenn (lebende) Organismen - im Prinzip - vollständig physikalisch-chemisch erklärbar I (im Sinne von Erklärungen I) sind, damit noch nicht gezeigt ist, daß sie erklärbar II (im Sinne der Erklärungen II) sind.<sup>26</sup> Jetzt stellt sich natürlich die Frage, unter welchen Bedingungen Reduktionismus bezüglich Erklärungen I Reduktionis-

mus bezüglich Erklärungen II implizieren würde. Im Falle des technischen Systems beruhte das non sequitur auf Interventionen durch menschliches Handeln (bzw. hier Konstruieren). Der Konstrukteur setzt dabei nicht Naturgesetze außer Kraft, sondern macht sich Naturgesetze zunutze, um bestimmte Ziele zu erreichen. Alle Vorgänge im technischen System sind mit den bestehenden Naturgesetzen vereinbar, die Konstruktion ist allerdings selbst nicht allein durch Naturgesetze erklärbar, sofern die Konstruktionshandlungen nicht von Naturgesetzen erfaßt sind.

Seit der Antike gibt es die Spekulation, daß auch menschliches Handeln naturalistischen Gesetzmäßigkeiten unterliegt. Die Atomisten der Vorsokratik, Epikur, Lukrez, aber auch Thomas Hobbes, Gassendi und in jüngerer Zeit La Mettrie haben jeweils unterschiedliche Varianten dieser Spekulation entwickelt. Es ist wichtig zu sehen, daß es bis heute nicht einmal im Ansatz eine explanatorische Theorie gibt, die menschliches Handeln naturalistischen oder gar physikalisch-chemischen Gesetzen unterstellt. Der Naturalismus bezüglich menschlichen Handelns (und in der weiteren Perspektive bezüglich menschlicher Intentionalität) stützt sich ausschließlich auf die logische Beziehung zwischen ontologischem und explanatorischem Reduktionismus. Wie wir gesehen haben, unterliegt diese logische Beziehung allerdings zwei wesentlichen Einschränkungen: Zum einen impliziert ontologischer Reduktionismus keinen explanatorischen de-facto-Reduktionismus, sondern nur einen - möglicherweise für die wissenschaftliche Forschung auf absehbare Zeit völlig irrelevanten - explanatorischen „science fiction“-Reduktionismus. Zum zweiten ist der Übergang von ontologischem Reduktionismus auf explanatorischen („science-fiction“-) Reduktionismus auf Erklärungen I beschränkt.

Als Gedankenexperiment nehme man aber an, daß menschliches Handeln im Prinzip physikalisch-chemisch erklärbar I sei. Die Konstruktionshandlungen selbst (oder genauer: der mit diesen Handlungen verknüpfte äußere physikalisch-chemisch beschreibbare Vorgang) untersteht nun ebenso Naturgesetzen wie das konstruierte technische System selbst. Auch wenn völlig unklar ist, von welcher Art die Antecedens-Bedingungen sein müßten, die dann die Erklärung II des technischen Systems ermöglichen würden, so scheint doch zu gelten: *Vollständige Erklärbarkeit I auf der Grundlage physikalisch-chemischer Gesetze sowohl der technischen Intervention, wie des sich daraus ergebenden technischen Systems impliziert Erklärbarkeit II des technischen Systems.*

Man kann dies auch so formulieren: Das Gesamtsystem aus Konstrukteuren und Konstrukt untersteht dann den gleichen Gesetzen, die Konstruktionshandlungen selbst wären nicht mehr Interventionen „von außen“, sondern Bestandteil eines reduktionistisch erklärbaren Systems. Offensichtlich gilt das non sequitur von Reduktionismus bezüglich Erklärungen I auf Reduktionismus bezüglich Erklärungen II nicht für kausal (bezüglich Erklärungen I) abgeschlossene Systeme. Das einzige System, das bezüglich Erklärungen I kausal abgeschlossen ist, ist die Welt (das Universum) als Ganzes.<sup>27</sup> Diesen logischen Zusammenhang kann man sich folgendermaßen klar machen: Wenn alle Ereignisse in der Welt zu jedem Zeitpunkt vollständig erklärbar I sind, dann sind auch alle Antecedens-Bedingungen der erklärenden I Prämissen erklärbar I, denn die Antecedens-Bedingungen kann man durch eine vollständige Beschreibung des Weltzustandes zum Zeitpunkt des zu erklärenden Ereignisses erfassen. Ein Ereignis ist ein Übergang von einem Weltzustand zu einem anderen Weltzustand. Die vollständige Beschreibung aller Ereignisse legt den Weltzustand zu jedem Zeitpunkt fest. Unerklärbar I bliebe nur der erste Weltzustand.

Wenn nun menschliches Handeln in diesen universalen Reduktionismus bezüglich Erklärungen I einbezogen ist, dann sind es auch technische Konstruktionen (als Bestandteil des Weltzustandes; eine vollständige Beschreibung beinhaltet auch die Beschreibung der technischen Systeme). Universale Erklärbarkeit I impliziert also auch die Erklärbarkeit II von technischen Systemen. Ihre konkrete Konstruktion kann man sich als letztes Glied einer Folge von Zuständen vorstellen, in der ein Zustand aus dem anderen durch technische Interventionen (menschliches Handeln) hervorgeht, das aber selbst wiederum nach Voraussetzung des universalen Reduktionismus bezüglich Erklärungen I erklärbar I ist. Universaler Reduktionismus bezüglich Erklärungen I impliziert offensichtlich universalen Reduktionismus bezüglich Erklärungen II.

Die Analogie zum Reduktionismus in der Biologie liegt auf der Hand: So wie man aus der reduktionistischen Erklärbarkeit I eines technischen Systems nicht auf seine reduktionistische Erklärbarkeit II schließen kann, so kann man im Falle eines Organismus ebenfalls nicht von reduktionistischer Erklärbarkeit I auf reduktionistische Erklärbarkeit II schließen: Physikalisch-chemische Erklärbarkeit aller Ereignisse (und Prozesse) im Organismus verlangt, in den Antecedens-Bedingungen auf die spezifischen Konstruktionsbedingungen des Organismus Bezug zu nehmen. Die Konstruktionsbedingungen selbst sind aber damit noch nicht geklärt. Da die Kon-

struktionsbedingungen im Verlauf des Wachstumsprozesses eines Organismus Folge einer Reihe von Ereignissen sind, die nach Auffassung des explanatorischen Reduktionismus (bezüglich Erklärungen I) physikalisch-chemisch erklärbar I sind, verlagert sich das nicht reduktionistisch Erklärbare II auf das genetische Programm des Organismus. Das genetische Programm erhält damit einen Status, der den technischen Interventionen der Konstrukteure analog ist. Sofern das genetische Programm selbst wiederum Folge eines physikalisch-chemisch erklärbaren I Prozesses ist, was nach Auffassung des universalen Reduktionismus (bezüglich Erklärungen I) axiomatisch gesetzt wird, wäre die reduktionistische Erklärbarkeit II von Organismen gesichert.

Beide Annahmen, die der reduktionistischen Erklärbarkeit I menschlicher Intentionalität wie die der reduktionistischen Erklärbarkeit I des genetischen Programms von Organismen, sind in hohem Maße spekulativ. Materialistische Theorien des Geistes konnten bislang ebensowenig empirisch belegt werden wie die physikalisch-chemische Reduktion der Darwinistischen Theorie.<sup>28</sup> Die Analogie darf allerdings auch nicht zu weit getrieben werden: Während mit der Darwinistischen Selektionstheorie immerhin eine naturalistische (aber keine reduktionistische, also physikalisch-chemisch formulierte) explanatorische Theorie vorliegt, gibt es bislang keinen vergleichbar wissenschaftlich anerkannten Ansatz der naturalistischen Erklärung des menschlichen Geistes.

Anmerkungen:

- 1 J. Offray de La Mettrie, Leiden 1748 (anonym u.d.T. „L'Homme plus que Machine“). La Mettrie überträgt hier Descartes' mechanistische These, Tiere seien bloße Maschinen (*bête machine*) auf die Anthropologie. Interessant ist dabei der Zusammenhang, den La Mettrie zwischen ontologischem Mechanismus und Erfahrungswissenschaft herstellt: Er ist der Auffassung, daß nur die Tatsache, daß der Mensch ein reiner Mechanismus sei, der physiologisch erklärbar ist, erst die Möglichkeit eröffnet, Anthropologie erfahrungswissenschaftlich und ohne Rückgriff auf Spekulationen zu betreiben. Das Geistige wird zu einer speziellen Äußerung materieller Strukturen. Für La Mettrie ist diese mechanistische Auffassung mit der These vereinbar, daß Mensch und Tier zur Erkenntnis und zum moralischen Empfinden befähigt sind. Daß der Autor aufgrund der Publikation dieses Buches aus den Niederlanden an den Hof Friedrich des Großen fliehen mußte, ist ein Hinweis auf die weltanschaulichen Altlasten, die die wissenschaftliche Diskussion bis heute drücken.
- 2 *Causa formalis, causa materialis, causa efficiens, causa finalis.*
- 3 Vgl. Kants „Kritik der reinen Vernunft“, (1. Auflage) 1781, Transzendente Analytik

- 4 Vgl. G.G. Simpson: *This View of Life: The World of an Evolutionist*. New York 1963; und R. Sattler: *Biophilosophy. Analytic and Holistic Perspectives*. Berlin 1986.
- 5 Einen Überblick zu den verschiedenen Positionen zum Reduktionismus-Problem bietet der Sammelband F. Ayala u. T. Dobzhansky (Hrsg.): *Studies in the Philosophy of Biology. Reduction and Related Problems*. Berkeley, Los Angeles 1974; vgl. a. Z. Kochanski: „Kann Biologie zur Physiko-Chemie reduziert werden ?“. In: B. Kanitscheider (Hrsg.): *Materie - Leben - Geist. Zum Problem der Reduktion der Wissenschaften*. Berlin 1979; sowie die Sammelbände v. F. Ayala und T. Dobzhansky (Hrsg.): *Studies in the Philosophy of Biology*. Berkeley, Los Angeles 1974 und P. Hoyningen-Huene u. F. Wuketits (Hrsg.): *Reductionism and System Theory in the Life Sciences*. Dordrecht, Boston, London 1989.
- 6 Vgl. W. Stegmüller: *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*, Bd. I Erklärung, Begründung, Kausalität. Berlin, Heidelberg, New York (2. Aufl.) 1983.
- 7 Auffallend ist, daß die Ereignis-Sprechweise für stabile Zustände, statische Größen, Fließgleichgewichte etc. sprachlich inadäquat erscheint. Von dieser Problematik wollen wir hier absehen.
- 8 Die analytische Vorgehensweise hat in der Mikrophysik durch die Quantenmechanik eine Grenze aufgezeigt bekommen, die den meisten Physikern heute unüberschreitbar erscheint. Physikalische Probleme im atomaren und subatomaren Bereich lassen sich analytisch nicht mehr angemessen erklären. Das Gesamtsystem bestimmt das Verhalten der Teilsysteme in einer irreduziblen Weise; man kann die Teilsysteme nicht jeweils für sich analysieren, ihre Konstellationen gegenüber anderen Teilsystemen beschreiben und daraus das Verhalten des Gesamtsystems konstruieren. Vgl. dazu R. Hedrich: *Komplexe und fundamentale Strukturen*. Mannheim 1990.
- 9 Vgl. die Beiträge in G. Altner (Hrsg.): *Die Welt als offenes System*. Frankfurt/M. 1986.
- 10 Diese ändert sich natürlich, sobald man die Konstitution gesellschaftlicher Zielsetzungen mit einbezieht, die selbst wieder aus den Zielsetzungen der einzelnen Individuen „zusammengesetzt“ sind - das jedenfalls ist das Credo des methodologischen Individualismus in den Sozialwissenschaften.
- 11 Vgl. P. Hoyningen-Huene: „Epistemological Reductionism in Biology: Intuitions, Explications, and Objections“. In: *Reductionism and System Theory in the Life Sciences*. Dordrecht, Boston, London 1989.
- 12 Vgl. R. Tuomela: *A Theory of Social Action*. Dordrecht, Boston, Lancaster 1984, Kap. 2.
- 13 Zur physikalischen Besonderheit des Lebens vgl. J. Kiefer: „Physik und Leben“. In: *Materie - Leben - Geist. Zum Problem der Reduktion der Wissenschaften*, B. Kanitscheider (Hrsg.), Berlin 1979.
- 14 Der Supervenienz-Begriff stammt ursprünglich aus der Meta-Ethik und wurde von Richard Melvin Hare in die Diskussion eingeführt. Moralische Eigenschaften sind nach Hare insofern gegenüber empirischen Eigenschaften supervenient, als sie nicht definierbar sind durch empirische Eigenschaften - dies würde einen naturalistischen

Einfluß im Sinne George Edward Moore's darstellen -, aber die moralische Qualität etwa einer Handlung vollständig durch ihre empirischen Eigenschaften bestimmt ist: Zwei Handlungen können moralisch nicht unterschiedlich beurteilt werden, wenn sie bezüglich ihrer empirischen Eigenschaften gleich sind.

- 15 Bisweilen wird vom epistemischen Reduktionismus gesprochen, ich halte diesen Terminus jedoch für zu unscharf.
- 16 Das Programm der entscheidungstheoretischen Rekonstruktion der Gesellschaftswissenschaften ist nicht so sehr wegen seines individualistischen Charakters umstritten, sondern deshalb, weil es eine ganz spezifische Form von Individualismus darstellt, die - stark idealisierend - davon ausgeht, daß Personen in der Regel so handeln, daß sich ihre subjektiven Interessen (oder allgemeiner subjektiven Werte) optimieren. Vgl. dazu J. Elster (Hrsg.): *Rational Choice*. Oxford 1986; sowie die Diskussion der Grenzen dieses Ansatzes in ders., *Ulysses and the Sirens*, Cambridge 1979 und *Sour Grapes*, Cambridge 1983; sowie Verf. (Hrsg.): *Praktische Rationalität*. Berlin 1993 i.E.
- 17 Die Standardinterpretation des bis heute nicht aufgelösten Welle-Teilchen-Dualismus etwa lautet, daß die verwendeten Modelle nur instrumentalen Charakter hätten und nicht als Beschreibung realer Entitäten zu interpretieren seien. Auch die Bohrsche Interpretation der Quantenphysik ist instrumentalistisch und gibt damit den Anspruch auf, daß die Grundbegriffe der physikalischen Theorie sich auf reale Entitäten beziehen. Vgl. dazu H. Primas und W. Gans: „Quantenmechanik, Biologie und Theoriereduktion“. In: B. Kanitscheider (Hrsg.): *Materie - Leben - Geist. Zum Problem der Reduktion der Wissenschaften*. Berlin 1979.
- 18 Die Umkehrung gilt nicht; denn wie sich in der Diskussion des H-O-Schemas der wissenschaftlichen Erklärung gezeigt hat, ist die logische Implikation eines Sachverhalts durch eine Theorie keine hinreichende Bedingung dafür, daß diese Theorie den Sachverhalt erklärt.
- 19 Vgl. C.U. Moulines: „Approximate Application of Empirical Theories: A General Explication“. *Erkenntnis* 10 (1976), S. 201-227 und H. Rott: *Reduktion und Revision*. Bern 1991.
- 20 Vgl. A. Kamlah: *On Reduction of Theories*. *Erkenntnis* 22 (1985), S. 119-145.
- 21 Vgl. Verf.: „Reduktion und Erklärung“. In: P. Weingartner und G. Schurz (Hrsg.): *Philosophie der Naturwissenschaften*,. Wien 1989.
- 22 Diese physikalistische Reduktion kann ein unterschiedliches Maß an Stringenz besitzen. Die stringenteste wäre die Reduktion auf eine mikrophysikalische, und d.h. nach heutigem Stand der Physik auf eine quantenelektrodynamische Theorie. Selbstverständlich ist dies angesichts begrenzter Rechen- und Speicherkapazitäten de facto nicht möglich. Im Prinzip aber ist es möglich, wie die erfolgreiche Reduktion einzelner paradigmatischer makrophysikalischer Theorien auf mikrophysikalische gezeigt hat. Ein Einwand darf hier nicht unerwähnt bleiben: Die systematische Untersuchung sog. chaotischer Phänomene scheint zu zeigen, daß es Anomalien - etwa in der Strömungsphysik - geben kann, die prinzipiell nicht auf die zugrundeliegenden mikrophysikalischen Gesetze zurückgeführt werden können. Prinzipiell heißt es hier: Es kann

- das Auftreten bestimmter makrophysikalischer Phänomene mikrophysikalischer Vorgänge geben, die grundsätzlich unterhalb jeglicher Meßgenauigkeit liegen. Für die folgende Argumentation ist es aber nicht wesentlich, ob die Chaostheorie einen grundsätzlichen Einwand gegen physikalistische Reduktion begründet oder nicht.
- 23 Prägnant dargestellt und verteidigt von A. Beckermann: „Handeln und Handlungserklärungen“. In: *Analytische Handlungstheorien*, Bd. 2 Handlungserklärungen, Frankfurt/M. 1985. Auch die übrigen Beiträge des Bandes bringen Argumente für und wider das kausalistische Verständnis menschlichen Handelns vor.
  - 24 Es mag irritierend sein, daß hier unter den Explanantes auch die Konstruktion selbst vorkommt, die doch für Erklärungen II zugleich Explanandum ist. Dies erklärt sich daraus, daß Erklärungen II sich nicht nur auf die Gesamtkonstruktion beziehen (In diesem Falle kommen als Explanantes in der Tat nur die Intentionen der Konstrukteure, ihre Kenntnisse — einschließlich der zur Verfügung stehenden Materialien und Techniken— und wirkenden Naturgesetze in Frage). Für Erklärungen von Teilelementen des Gesamtsystems jedoch sind auch bei Erklärungen II Merkmale der Konstruktion selbst im Explanans notwendig.
  - 25 Vgl. W. Dray: *Laws Explanation in History*. Oxford 1957 u. O. Schwemmer: *Theorie der rationalen Erklärung*. München 1976.
  - 26 Diese These ist unabhängig davon, ob - wie ich oben behauptet habe - ontologischer Reduktionismus explanatorischen („science-fiction“-) Reduktionismus impliziert.
  - 27 Popper und in anderer Form von Wright haben Argumente entwickelt, die es zweifelhaft erscheinen lassen, ob in kausal abgeschlossenen Systemen genuine wissenschaftliche Erklärungen überhaupt möglich sind. Sollten diese Argumente tatsächlich zwingend sein, entfielen das stärkste Argument zugunsten eines explanatorischen („Science-fiction“-) Reduktionismus bzgl. Erklärungen II. Wir bleiben aber weiterhin bei einer Argumentationsstrategie, die von günstigen Annahmen zugunsten des Reduktionismus bzgl. Erklärungen II ausgeht (daher schließen wir Überlegungen dieser Art von unserer Betrachtung aus).
  - 28 Eine repräsentative Zusammenstellung der kritischen Reaktionen auf die Theorie Darwins im 19. Jahrhundert enthält *Darwin and his Critics. The Reception of Darwin's Theory of Evolution by the Scientific Community* von D. Hull, Harvard Univ. Press 1973; zum heutigen Stand der Diskussion vgl. R. Sattler: *Biophilosophy. Analytic and Holistic Perspectives*. Berlin u.a. 1986, bes. Kap. 8; vgl. dazu auch den „Universaldarwinismus“ von Michael Ruse, der versucht, die Darwin'sche Theorie nicht nur als Theorie der Artenentstehung zu verteidigen, sondern auch als Analysemethode in der Philosophie zu etablieren: *Darwinism Defended. A Guide to the Evolution Controversies*. London u.a. 1982; ders.: *Taking Darwin Seriously. A Naturalistic Approach to Philosophy*. Oxford 1986.