

Alfred Gierer

Der physikalische Grundlegungsversuch in der Biologie und das psychophysische Problem

RATIO XII (1970) Heft 1, S. 40-54*

keywords: Leib-Seele-Problem/ Gehirn/ Geist/ Bewusstsein/ Decodierbarkeit/
Unentscheidbarkeit/ finitistisch/ Erkenntnisgrenzen/ Feigl

Zusammenfassung:

Die volle Anwendbarkeit der Physik auf die Biologie des menschlichen Gehirns bedeutet nicht notwendig, dass es ein finitistisches und zugleich vollständiges, algorithmisches Verfahren der Korrelation mentaler mit physikalischen Zuständen geben kann. Vielmehr gibt es Gründe für die Hypothese, dass eine umfassende Theorie der psychophysischen Beziehung prinzipiell unmöglich sein könnte. Diese Auffassung verbindet die Universalität der Physik mit der logischen Begrenztheit des menschlichen Denkens (z. B. in Bezug auf sich selbst) und betrachtet Bewusstsein - die ursprünglichste menschliche Erfahrung – nicht als Randphänomen.

*Die Zeitschrift RATIO erschien bis 1987 in einer deutschen und in einer englischen Ausgabe. Die englische Version des Artikels lautet: A. Gierer, The physical foundations of biology and the problems of psychophysics. RATIO XII, No. 1, 1970. S. 47-64.

DER PHYSIKALISCHE GRUNDLEGUNGSVERSUCH IN DER BIOLOGIE UND DAS PSYCHOPHYSISCHE PROBLEM

Von Alfred Gierer

1. Einleitung

Die Ergebnisse der modernen Biologie, insbesondere der molekularen Genetik, der Entwicklungsphysiologie und der Physiologie des Nervensystems, zeigen mit großer Wahrscheinlichkeit, daß die Gesetze der Physik in der gesamten belebten Natur einschließlich des Menschen und der höheren Tiere gelten.

Die Physik ist in dem Energiebereich, der für biologische und chemische Vorgänge wesentlich ist, mit der Quantenmechanik abgeschlossen. Ihre Grundgleichungen ergeben eine in den Grenzen der Quantenindetermination, die durch Heisenbergs Unschärferelation gegeben ist, vollständige Beschreibung der beobachtbaren Ereignisse in Raum und Zeit. Insbesondere gestatten sie, für jedes abgeschlossene System auf Grund der Orte und Impulse, die im Rahmen der möglichen Genauigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt gemessen sind, die Wahrscheinlichkeiten aller Orte und Impulse zu jedem zukünftigen Zeitpunkt vorherzuberechnen. Bei makroskopischen Objekten, die aus vielen Atomen bestehen, ergeben sich in den meisten Fällen äußerst genaue Vorhersagen. Ist die Physik auf den gesamten biologischen Bereich einschließlich des menschlichen Nervensystems anwendbar, so gelangt man zu der Vermutung, daß mit Hilfe der Physik eine vollständige Erklärung aller objektiv beobachtbaren Eigenschaften des Menschen möglich sein müßte.

Diesem vordergründigen Argument steht ein anderes entgegen, das gegen die Möglichkeit einer vollständigen Erklärung des Menschen mit den Mitteln der Naturwissenschaft spricht. Es erscheint plausibel, daß das menschliche Denken sich selbst nicht vollständig erfassen kann, obwohl es als eine Eigenschaft des menschlichen Nervensystems anzusehen ist, das seinerseits den physikalischen Gesetzen unterworfen ist. Man kann logische, soziologische und andere Argumente hierfür angeben, die zum Teil im folgenden Abschnitt erörtert werden. Die These läuft darauf hinaus, daß das menschliche Denken nicht zugleich Mittel und Gegenstand einer vollständigen Analyse sein kann. Diese Problematik der Selbstanwendung des Denkens steht in Zusammenhang mit den bekannten Widersprüchen, die bei der Selbstanwendung von Begriffen entstehen können, z. B. bei der Paradoxie vom Lügner, der behauptet, er lügt.

Somit stehen sich plausible physikalische Argumente für und plausible logische Argumente gegen die vollständige wissenschaftliche Analysierbarkeit der Eigenschaften des Menschen gegenüber.

Im folgenden soll als Lösungsversuch eine Hypothese über das psychophysische Grundproblem angegeben werden, die auf einer etwas eingehenderen Erörterung der physikalischen und logischen Argumente basiert. Angesichts der Vielzahl der Theorien zum „Leib-Seele-Problem“ soll nicht impliziert werden, daß bestimmte für die Hypothese verwendete Gesichtspunkte neu sind. Manche Argumente treten in jeder längeren Diskussion des Problems auf. Auf Zitate wurde daher mit wenigen Ausnahmen besonders anregender Arbeiten oder direkter Bezüge verzichtet. Grund-

lage wird eine finitistische Betrachtungsweise sein, die die grundsätzliche Endlichkeit der Zahl möglicher Operationen berücksichtigt. Es soll dargelegt werden, daß eine vollständige Theorie des psychophysischen Zusammenhanges prinzipiell unmöglich sein könnte, auch wenn die physikalischen Gesetzmäßigkeiten im gesamten biologischen Bereich gelten und wenn ein eindeutiger Zusammenhang zwischen physischen und psychischen Zuständen besteht.

2. Die Grenzen wissenschaftlicher Erklärung

Wenn die Physik in der gesamten Natur einschließlich des biologischen Bereichs gilt, so werden die Grenzen objektiver wissenschaftlicher Erklärung durch drei Faktoren wesentlich bestimmt:

- a) Die Grenzen der Physik, die durch die Quantenindetermination gegeben sind.
- b) Die Grenzen des formalisierbaren Denkens, die besonders durch die Entscheidungsprobleme der mathematischen Logik charakterisiert sind.
- c) Die zahlenmäßige Begrenzung der möglichen physikalischen bzw. gedanklichen Operationen durch die Endlichkeit der menschlichen Möglichkeiten, im äußersten Fall durch die begrenzte Größe und Dauer des Kosmos.

a) Die Grenzen der Physik

Die Grenzen objektiver physikalischer Analyse sind durch die Quantenindetermination gegeben, die mit dem prinzipiell unvermeidbaren Eingriff des Meßvorgangs in das gemessene Objekt zusammenhängt. Die Quantentheorie gestattet Wahrscheinlichkeitsaussagen über zukünftige Meßergebnisse auf Grund der Meßergebnisse zu einer gegebenen Zeit. Atomare und molekulare Vorgänge sind der Quantenindetermination wesentlich unterworfen: Chemische und physikalische Einzelprozesse an Atomen und Molekülen lassen sich durch physikalische Messungen und Berechnungen grundsätzlich nicht genau vorherbestimmen, lediglich ihre Wahrscheinlichkeit ist berechenbar.

Bei makroskopischen Objekten wirkt sich die Quantenindetermination in den meisten Fällen nicht wesentlich aus, da die Mittelwertbildung über die zahlreichen Atome und Moleküle des Objekts sehr genaue Messungen und Vorherberechnungen gestattet. Jedoch gibt es sowohl im anorganischen als auch im organischen Bereich auch solche makroskopische Erscheinungen, die von atomaren Einzelereignissen bestimmt und daher der Quantenindetermination unterworfen sind. Dies gilt nicht nur für künstliche Meßanordnungen mit Verstärkerwirkung wie etwa Geigerzähler, sondern auch für Keimbildungserscheinungen im allgemeinen Sinne, wie sie etwa bei Kristallisationsprozessen und Turbulenzerscheinungen vorkommen. So ist z. B. zu erwarten, daß das Wetter, das für Keimbildungsprozesse eine wesentliche Rolle spielt, mittel- und langfristige der Quantenindetermination unterliegt.

Im organischen Bereich gibt es in besonderem Maße Vorgänge, bei denen molekulare Prozesse makroskopische Auswirkungen haben. So sind Mutationen Molekularprozesse, die der Quantenindetermination unterworfen sind. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang die sexuelle Rekombination. Bei der zweigeschlechtlichen Vermehrung der höheren Organismen entsteht durch die besondere

Art der Chromosomenverteilung und Rekombination ein in seinen Erbmerkmalen spezifisches Lebewesen mit einer einmaligen Kombination biologischer Eigenschaften (nur bei eineiigen Zwillingen gibt es zwei Organismen mit gleichen Erbmerkmalen). Da die Prozesse der Chromosomenverteilung und Rekombination Molekularprozesse sind, unterliegen die Eigenschaften künftig gezeugter Lebewesen der Quantenindetermination und sind grundsätzlich nicht vorherbestimmbar.

Weiterhin ist anzunehmen, daß manche Krankheiten und entwicklungsphysiologische Störungen der Quantenindetermination unterliegen. Ob dies auch für manche funktionsrelevanten Prozesse im Nervensystem gilt, ist noch nicht bekannt, erscheint jedoch plausibel. Trial-and-error-Verhalten und manche Spontanreaktionen könnten z. B. durch Zufallsgeneratoren im Nervensystem mitbestimmt werden, deren Funktion auf indeterminierten Molekularprozessen beruht. In diesem Falle wäre auch das kurzfristige Verhalten höherer Lebewesen in manchen Aspekten der Quantenindetermination unterworfen. (Es ist jedoch zu betonen, daß eine solche Indetermination nicht denjenigen Hypothesen entspricht, die die Willensfreiheit in einen direkten Zusammenhang mit physikalisch indeterminierten Vorgängen im Nervensystem zu bringen suchten.)

Alle erwähnten Gegebenheiten — Wetter, Krankheiten, die Konstitution anderer Lebewesen und eventuell bestimmte Aspekte ihres Verhaltens — beeinflussen mittelfristig und vermutlich auch kurzfristig auf mannigfache direkte und indirekte Weise die zukünftigen, für einen Menschen relevanten Umweltbedingungen, die daher wesentlich der Quantenindetermination unterliegen. Im Gegensatz zu den deterministischen Annahmen der klassischen Physik, nach denen in letzter Konsequenz jedes Ereignis zu jeder Zeit einschließlich des menschlichen Schicksals bereits in der atomaren Konfiguration zur Zeit der Weltentstehung abgebildet und enthalten war, ergibt die Quantentheorie eine offene, indeterminierte Zukunft der menschlichen Umwelt mit einer sehr großen Zahl wesentlich verschiedener Möglichkeiten.

b) Grenzen des formalisierbaren Denkens

Es sei vorausgesetzt, daß die vollständige wissenschaftliche Analyse eines Menschen die Analyse seines Denkens enthalten muß, das seinerseits als Funktion des Nervensystems anzusehen ist. Unabhängig von einer detaillierten Kenntnis der Neurophysiologie gibt es eine Reihe allgemeiner logischer Gründe und Argumente gegen eine vollständige Analysierbarkeit des Menschen, die zunächst erörtert werden sollen.

Ein Argument geht vom begrenzten Informationsgehalt des menschlichen Denksystems aus. Für eine vollständige Analyse muß der Analytiker über alle funktionsrelevanten Parameter der zu analysierenden Person verfügen, einschließlich der Daten ihres informationsspeichernden Systems. Hierzu kann das informationsspeichernde System des Analytikers, da es von gleicher Größe und Art ist, nicht unmittelbar ausreichen. Diese Begrenzung ist jedoch insofern nicht absolut gültig, als der Analytiker zusätzlich technische Hilfsmittel zur Informationsspeicherung und Datenverarbeitung verwenden kann.

Ein gewichtigeres Argument berücksichtigt die verändernde Wirkung der Analyse auf die analysierte Person. (Die spezielle Frage der Wechselwirkung bei der physikalischen Analyse des Nervensystems wird erst im nächsten Abschnitt berührt.) Im allgemeinen wird jede Frage an den zu analysierenden Menschen, ja dessen bloße

Kenntnis von der Tatsache einer Analyse, seinen Zustand (z. B. im Sinne der Befangenheit) verändern. Die Ergebnisse der Analyse mögen richtig sein, stellen aber nicht den allgemeinen Fall (ohne Analyse) dar. Daher ist eine vollständige Selbstanalyse im allgemeinen Fall ebenso unmöglich wie eine vollständige Analyse anderer Personen, sofern diese irgendeine Kenntnis von Art oder Tatsache der Analyse erhalten.

Ein weiteres Argument bezieht sich auf die Rückwirkung der Bekanntmachung des Analyseergebnisses, zumal bei wissenschaftlichen Prognosen (z. B. MACKAY). Man kann sich auf den Standpunkt stellen, daß private Einsichten keine wissenschaftlichen Einsichten seien, daß also nur die grundsätzliche Zugänglichkeit für jedermann ihnen wissenschaftlichen Charakter verleihen. Bekanntgegebene Prognosen können aber den Gegenstand der Prognosen beeinflussen, und es gibt sowohl Fälle, in denen aus diesem Grunde zwei sich widersprechende Prognosen falsch sind (erfolgreicher Zweckpessimismus) als auch Fälle, in denen verschiedene Prognosen richtig sind (erfolgreicher Zweckoptimismus).

Insgesamt ist zu folgern, daß die Rückwirkung der Analyse und ihrer Ergebnisse auf den Zustand der analysierten Person zu grundsätzlichen Grenzen der wissenschaftlichen Analysierbarkeit des Menschen durch den Menschen führen, sofern vorausgesetzt wird, daß die analysierte Person Kenntnis von der Tatsache der Analyse bzw. von ihrem Ergebnis erhält.

Darüber hinaus kann man von der letztgenannten Einschränkung noch absehen und die weitergehende Frage stellen, ob die vollständige Analysierbarkeit gewährleistet bleibt, wenn jede Rückwirkung auf die analysierte Person unterbleibt. Ist etwa eine vollständige Analyse des menschlichen Denkens möglich, vorausgesetzt, der physikalische Zustand eines Menschen einschließlich seines Nervensystems ließe sich ohne Wechselwirkung, d. h. auch ohne Kenntnis der analysierten Person, vollständig ermitteln?

Logische Argumente gegen diese Möglichkeiten können auf die Entscheidbarkeitstheoreme der Mathematik aufgebaut werden, die sich in der Umgangssprache etwa folgendermaßen umschreiben lassen: In jedem formalen System, das reich genug ist, um die Logik und die Zahlentheorie zu begründen, gibt es richtige allgemeine Sätze, die sich mit den Mitteln des Systems zwar formulieren, aber nicht beweisen lassen. Es kann keine Beweismaschine geben, die für jeden Satz, der sich mit den Mitteln des Systems darstellen läßt, nach einem allgemeinen (algorithmischen) Verfahren in einer endlichen Zahl von Schritten entscheidet, ob der Satz richtig ist oder nicht. Zu den unentscheidbaren Sätzen gehört der über die Widerspruchsfreiheit des Systems, die also mit den Mitteln des Systems grundsätzlich nicht bewiesen werden kann. Zwar läßt sich jeweils ein ausdrucksreicheres System denken, in dem die im ärmeren System unentscheidbaren Sätze (einschließlich des Satzes über die Widerspruchsfreiheit des ausdrucksärmeren Systems) entscheidbar werden; aber das erweiterte System begründet nun neue unentscheidbare Sätze einschließlich des Satzes über die eigene Widerspruchsfreiheit. Ein absoluter, voraussetzungsloser Widerspruchsfreiheitsbeweis ist bei komplexen logischen Systemen nicht möglich.

Aus diesen Ergebnissen sind widersprechende Schlußfolgerungen in bezug auf das menschliche Denken gezogen worden, die von dem vielzitierten, weil zugeschriebenen Aphorismus „Gott existiert, weil die Mathematik widerspruchsfrei ist, und der Teufel existiert, weil wir es nicht beweisen können“ bis zu der Ansicht reichen,

man könne überhaupt keine Schlüsse in bezug auf das menschliche Erkenntnisvermögen ziehen (vgl. Lorenzen).

Eine ausführliche Untersuchung hat Stegmüller angestellt; die Widersprüche der verschiedenen Auffassungen können in gewissem Sinne sogar als eine Bestätigung seiner Folgerung angesehen werden. Sie besagt, daß jedes formale Denken auf nichtformalen Voraussetzungen beruht, die nur durch Evidenz (und, wie wir annehmen, Bewährung) zu rechtfertigen sind, daß also eine vollständige Formalisierung des intuitiven Denkens nicht möglich und eine absolute Sicherung des menschlichen Denkens ausgeschlossen ist.

Akzeptiert man diesen Schluß und sieht man das menschliche Denken als eine Eigenschaft bzw. Funktion des Nervensystems an, so ergibt sich, daß man auch über eine vollständige Analyse des Nervensystems nicht zu einer vollständigen Formalisierung des menschlichen Denkens gelangen könnte. Entweder ist eine vollständige Analyse der physikalischen Vorgänge im Nervensystem nicht möglich, oder sie ist zwar durchführbar, führt aber aus noch zu untersuchenden Gründen nicht zu einer solchen Theorie der Beziehung zwischen Denkprozessen und neurophysiologischen Vorgängen, die eine Formalisierung allen Denkens gestattet.

c) Endlichkeit des Universums, begrenzte Formeln und begrenzte Beweise

Nach den derzeit vorherrschenden kosmologischen Vorstellungen ist die Dauer und Ausdehnung des Universums endlich. Aber auch wenn man etwa ein periodisches Universum, ein Universum im „steady state“, bzw. (endlich oder unendlich) viele Universen annimmt, ist Austausch und Speicherung von Information nur innerhalb einer Dauer oder Periode eines Universums möglich. Damit ist aber auch die Gesamtzahl realisierbarer physikalischer bzw. gedanklicher Operationen begrenzt. Die größte denkbare Rechenmaschine ist kleiner als das Universum selbst. Eine (sehr großzügige) Abschätzung der oberen Grenze der realisierbaren Operationen wäre etwa durch die Zahl der stabilen Elementarteilchen des Universums (ca. 10^{80}), multipliziert mit der Dauer des Universums in Elementarzeiten (ca. 10^{40}), gegeben (Operationen, die kürzer als die Elementarzeit dauern würden, würden die Stabilität der Elementarteilchen aufheben). Die sich ergebende Zahl ist von der Größenordnung $Z = 10^{120}$ ¹. In Wirklichkeit ist diese Zahl für den menschlichen Bereich viel kleiner, schon allein wegen der Kürze des menschlichen Lebens, die außer dem zeitlichen auch den räumlichen Bereich des Informationsaustausches auf 100 Lichtjahre beschränkt. Praktisch ist die Zahl durch die Größe und Operationsgeschwindigkeit koordinierbarer Gruppen elektronischer Rechenmaschinen und menschlicher Gehirne gegeben. Im einzelnen ist der Wert dieser Zahl nicht sehr wesentlich. Im folgenden wird vorausgesetzt, daß Experimente oder Berechnungen mit mehr als Z operativen Schritten, Sätze mit mehr als Z Zeichen, Kataloge mit mehr als Z aufgeführten Gegebenheiten usw. im gesamten kosmischen Bereich nicht realisierbar und daher auch als Teile von Gedankenexperimenten unzulässig sind. Es wäre vielleicht außerdem möglich, zu untersuchen, wie die Welt vom Standpunkt einer gedachten superkosmischen Rechenmaschine aussehen könnte. Diese Frage erscheint aber wissenschaftstheoretisch sinnlos und wird im folgenden nicht behandelt.

¹ Die gleiche Zahl ergibt sich als Zahl der „Uralternativen“ im Kosmos in C. F. v. Weizsäckers Entwurf einer finitistischen Quantentheorie.

Die sehr großen Zahlen von der Größenordnung Z treten natürlich in der Wirklichkeit niemals auf, aber sie ergeben sich ohne weiteres schon bei ganz alltäglichen Problemen als Ergebnis der Kombinatorik, nämlich als Zahl der Möglichkeiten. Die Zahl der möglichen Zusammensetzungen der Passagiere eines Flugzeugs, der möglichen Kombinationen menschlicher Erbmerkmale, der möglichen Gedichte von einer Seitenlänge ist jeweils viel größer als Z . Für das menschliche Nervensystem, das aus ca. 10^{10} Zellen besteht, ist die Zahl der wesentlich verschiedenen möglichen Zustände besonders groß (als wesentlich verschieden sollen hierbei Zustände betrachtet werden, deren Unterscheidung Voraussetzung für eine gute Näherung der physikalischen Beschreibung der Reaktionen ist). Die Berechnung der Zahl möglicher Zustände ist derzeit noch nicht möglich, da einerseits der Zustand der einzelnen Nervenzellen durch eine Reihe nicht genau bekannter funktionsrelevanter Parameter bestimmt ist, andererseits das Nervensystem in seiner Funktion von einzelnen Nervenzellen im allgemeinen nicht abhängig zu sein scheint, sondern eine erhebliche Redundanz zeigt. Vermutlich ist die Zahl von einer Größenordnung zwischen 10^{107} und 10^{109} , in jedem Fall aber viel größer als Z .

Geht man davon aus, daß nicht mehr als Z gedankliche bzw. physikalische Operationen realisiert werden können, so folgt, daß es bei komplexen Gegebenheiten nicht nur praktisch, sondern auch grundsätzlich unmöglich ist, alle Möglichkeiten einzeln zu prüfen, also von einem gedachten Katalog aller Möglichkeiten auszugehen. Sätze bzw. Formeln über mehr als Z Möglichkeiten müssen vielmehr, wenn sie sinnvoll sein sollen, eine begrenzte Länge von viel weniger als Z Zeichen bzw. Operationen aufweisen. Selbstverständlich muß die Definition der Zeichen wieder in weniger als Z Einzelschritten möglich, die Operation in weniger als Z Einzelschritten ausführbar sein. In anderen Worten, sinnvolle Aussagen über komplexe Gegebenheiten sind keine Listen von Einzelaussagen, sondern begrenzte allgemeine Beziehungen, in denen bestimmte Eigenschaften vorkommen, während von anderen Eigenschaften abstrahiert wird. Solche Aussagen seien im folgenden begrenzte Formeln genannt. Behauptet man, daß eine begrenzte Formel für mehr als Z Möglichkeiten gilt, so genügt es nicht, ein Verfahren zu besitzen, das für jede Möglichkeit zu entscheiden gestattet, ob der Satz richtig ist bzw. ob eine bestimmte Eigenschaft vorliegt. Vielmehr ist es für ihren Nachweis notwendig, einen begrenzten Beweis zu finden, der die allgemeine Gültigkeit der begrenzten Formel in sehr viel weniger als Z Schritten beweist. Man erwartet, daß es für manche, aber nicht für alle wahren begrenzten Formeln solche begrenzten Beweise gibt.

Außerdem ist zu berücksichtigen, daß es für komplexe Formeln (die aus mehr als einigen hundert unabhängigen Zeichen bestehen) ebenfalls mehr als Z Möglichkeiten gibt. Selbst wenn es für eine derartige Formel, ist sie einmal aufgestellt, einen begrenzten Beweis gibt, so wird es doch nicht immer einen (vom glücklichen Zufall unabhängigen) Weg geben, diese wahre Formel zu finden, da man grundsätzlich nicht alle Formeln dieser Komplexität prüfen kann.

Die Beschränkung wissenschaftlich sinnvoller allgemeiner Aussagen auf begrenzte Formeln führt bei komplexen Systemen wie z. B. dem Nervensystem zu folgenden Möglichkeiten. Es kann für komplizierte Beziehungen zwischen Umwelteinflüssen, neurophysiologischen Prozessen und Verhalten solche wahre begrenzte Formeln geben, für die sich kein begrenzter Beweis findet, die also in den Grenzen des Kosmos nicht beweisbar sind, selbst wenn jeder Spezialfall der Formel einzeln

entschieden werden kann, und obwohl eine gedachte superkosmische Denkmaschine den Beweis vielleicht erbringen könnte. Es kann ferner wahre begrenzte Formeln geben, die, wenn sie aufgestellt sind, auch bewiesen oder wahrscheinlich gemacht werden können, die aber nicht durch ein formales Verfahren, sondern allenfalls durch einen (unter Umständen extrem unwahrscheinlichen) Zufall gefunden werden können. Es kann also wahre allgemeine Aussagen geben, die infolge der grundsätzlichen Endlichkeit möglicher Operationen entweder nicht gefunden oder nicht bewiesen werden können.

3. Die Möglichkeiten der physikalischen Analyse des Menschen

Ist die Physik auf den Menschen in allen Bereichen anwendbar, so ergibt sich als unmittelbare Folge der physikalischen Grundgleichungen, daß der physikalische Zustand eines Menschen zu einer gegebenen Zeit und die genaue Folge der Umwelteinflüsse alle objektiv beobachtbaren Eigenschaften für jeden zukünftigen Zeitpunkt innerhalb der Grenzen der Quantenindetermination festlegen. Da die Funktionsfähigkeit des Nervensystems voraussetzt, daß die funktionsrelevanten Parameter im allgemeinen nicht wesentlich der Quantenindetermination unterliegen (ausgenommen z. B. eventuelle Zufallsgeneratoren für trial-and-error-Verfahren, wie sie auch in elektronischen Rechenmaschinen Verwendung finden können), ist das menschliche Verhalten im wesentlichen — mit den eventuellen Ausnahmen einiger nur statistischer Verhaltensweisen — durch die physikalischen Gesetzmäßigkeiten determiniert, sofern eine bestimmte Folge von Umwelteinflüssen gegeben ist.

Dies setzt allerdings voraus, daß alle funktionsrelevanten physikalischen Parameter des Anfangszustandes ohne Störung des Nervensystems ermittelt werden können. Hierbei geht es nicht um die praktischen Möglichkeiten, die derzeit sicher keineswegs gegeben sind, sondern um die Frage, ob auch im konsistenten Gedankenexperiment grundsätzliche Grenzen der Bestimmbarkeit gesetzt sind. Es könnte z. B. für das langfristige Gedächtnis funktionsrelevant sein, ob ein einzelnes bestimmtes Molekül, etwa ein Protein oder eine Nukleinsäure mit einer bestimmten Sequenz der chemischen Bausteine, unter den sehr zahlreichen ähnlichen Molekülen des Nervensystems mindestens einmal vorkommt. Ob eine vollständige Sequenzanalyse aller vorkommenden Moleküle im Prinzip störungsfrei möglich ist und nicht wesentlich der Quantenindetermination unterliegt, bedarf noch genauerer Untersuchung. Bislang gibt es jedoch keinen plausiblen Grund für eine derartige Annahme, und es ist wahrscheinlich, daß die funktionsrelevanten Parameter des Nervensystems allgemein physikalisch analysierbar sind. Unter dieser Voraussetzung ergeben die Grundgleichungen der Physik für jede bestimmte Folge von Umwelteindrücken (einschließlich Sprache und Gestik der Umwelt) eine bestimmte Reaktionsfolge.

Im Gedankenexperiment ist die vollständige Abbildung des funktionsrelevanten physikalischen Zustands einer Person auf eine Analogrechenmaschine denkbar, durch die man sämtliche Reaktionen auf jede vorgegebene Folge von Umwelteindrücken testen und vorherbestimmen kann. Diese umfassen alle physikalisch bestimmbaren Vorgänge einschließlich der Antworten auf Befragung und andere sprachliche Aussagen sowie diejenigen Reaktionen (wie z. B. Erröten), aus denen

mit begrenzter Genauigkeit auf den psychischen Zustand (z. B. Zorn) geschlossen werden kann.

Es ist keineswegs notwendig, sich die gedachte Analogerechenmaschine extrem groß vorzustellen. Die Zahl der Nervenzellen im menschlichen Gehirn ist von der Größenordnung 10^{10} (oder 10^{11}). Wird eine Nervenzelle in einem Element von einem mm^3 Größe abgebildet, so ist die Maschine etwa so groß wie ein Haus. Die Maschine wäre nicht so sehr durch die Größe als durch die sehr große Komplexität der Verknüpfung der Elemente charakterisiert. Jedoch hält sich auch diese Komplexität noch in angebbaren Grenzen. Das menschliche Gehirn ist (bei der Geburt) ein Produkt der entwicklungsphysiologischen Prozesse und ist in seinem funktionsrelevanten Bauplan durch die Erbanlagen des Menschen bestimmt, die in der linearen Folge von der Größenordnung 10^{10} Nukleotiden der DNS enthalten sind. Der Zustand des Nervensystems wird im Laufe des Lebens ständig durch Lernen und Erfahrung verändert. Akzeptiert man die Schätzung des Informationsgehalts des langfristigen Gedächtnisses auf etwa 10^{10} „bits“, so würde dies die Komplexität der gedachten Analogiemaschine von der Geburt an zwar vergrößern, aber nicht in der Größenordnung wesentlich verändern. Genaugenommen wäre außerdem zu berücksichtigen, daß die isolierte Betrachtung des Nervensystems unvollständig ist; jedoch würde auch die Einbeziehung der nichtneuronalen Teile des menschlichen Körpers die Größe und Komplexität der Analogiemaschine nicht wesentlich ändern. Der vollständige Funktionsplan eines menschlichen Nervensystems kann also im Prinzip durch die Größenordnung 10^{10} bits, d. h. in einer Bibliothek von etwa 10 000 Bänden festgehalten werden, wenn auch in einer komplizierten und bislang unbekanntem Verschlüsselung. Die Abbildung des menschlichen Nervensystems auf eine Analogierechenmaschine wird somit durch die zahlenmäßige Begrenzung möglicher Operationen nicht prinzipiell in Frage gestellt und kann daher als erlaubtes Gedankenexperiment angesehen werden. Aus der Gültigkeit der Physik für die Biologie des Menschen folgt, daß die objektiv beobachtbaren Reaktionen des Menschen auf jede vorgegebene Folge von Umwelteindrücken physikalisch determiniert sind, da sie im Prinzip durch eine Analogiemaschine berechenbar sind (ausgenommen eventuelle statistische, der Quantenindetermination unterliegende Aspekte des Verhaltens, die vermutlich in den meisten Fällen nicht sehr bedeutsam sind).

4. Verhaltensformeln

Die beiden vorangehenden Abschnitte enthalten Argumente für logische Grenzen der Analysierbarkeit des Menschen einerseits und physikalischen Determinismus andererseits. Es soll nun gezeigt werden, daß hierin kein Widerspruch besteht, und es wird eine Hypothese angegeben, die beide Arten von Argumenten berücksichtigen soll. Sie geht davon aus, daß physikalisch zwar die Reaktion einer Person auf jede gegebene Sequenz von Umwelteinflüssen determiniert ist, daß aber im allgemeinen die Indetermination der äußeren Zukunft des Menschen berücksichtigt werden muß. Die offene Zukunft enthält eine sehr große Zahl wesentlich verschiedener Möglichkeiten, die zumindest mittel- und langfristig die kosmologische Zahl Z — die größtmögliche Zahl innerkosmischer Operationen — übersteigt. Was mittel- und langfristig im einzelnen wirklich geschieht, ist stets unwahrscheinlich. Dies bedeutet

natürlich nicht, daß die Wissenschaft keine wahrscheinlichen (gelegentlich sogar sichere) Vorhersagen machen kann: Nur sind diese Berechnungen nicht eine Funktion der vielen einzelnen möglichen Sequenzen von Umweltereignissen, sondern von deren allgemeinen Eigenschaften.

Die mögliche Kenntnis zukünftigen Verhaltens beschränkt sich auf diejenigen allgemeinen Beziehungen, die in begrenzten Formeln darstellbar sind. Wir wollen solche begrenzten Formeln zwischen einem bestimmten Zustand einer Person (insbesondere ihres Nervensystems), Eigenschaften der Sequenzen von Umwelteinflüssen, und Eigenschaften der zukünftigen Zustände einschließlich des Verhaltens der Person, als Verhaltensformeln bezeichnen. Die Verhaltensformel bezieht sich also auf eine bestimmte Person in einem bestimmten Zustand, aber auf alle bzw. sehr viele mögliche Sequenzen von Umwelteinflüssen. Sie kann sichere oder Wahrscheinlichkeitsvorhersagen beinhalten. Die einfachste Form wäre eine bedingungslose Wahrscheinlichkeitsangabe für bestimmte Reaktionen zu einer bestimmten zukünftigen Zeit, die über die Wahrscheinlichkeiten aller möglichen Umwelteinflüsse mittelt. Wesentlich interessanter sind jedoch Formeln, die Funktionen der Umwelteinflüsse sind (ein Beispiel einer Verhaltensformel wäre eine vielleicht komplizierte Beschreibung der Bedingungen künftiger Ereignisse, unter denen eine bestimmte Person bei einer im folgenden Jahr anstehenden Wahl bestimmte Parteien wählen würde).

Werden nun die physikalischen Gesetze im Gedankenexperiment auf eine Analogiemaschine des menschlichen Nervensystems (Abschnitt 3) angewendet, so ist es im Prinzip möglich, für jede Verhaltensformel zu jeder Einzelmöglichkeit der Sequenzen von Umwelteinflüssen zu prüfen, ob die Formel richtig ist oder nicht. Gibt es aber mehr als Z Möglichkeiten, so können nicht alle Möglichkeiten geprüft werden. In der offenen Umwelt gibt es im allgemeinen eine sehr große Vielfalt möglicher Sequenzen von Umwelteinflüssen, die größer ist als Z . Dementsprechend kann ein gegebener Zustand des Nervensystems in eine große Vielfalt verschiedener Zustände übergehen, die ihrerseits das komplexe Verhalten bestimmen. Auch mit Hilfe der gedachten Analogiemaschine ist es nicht möglich, alle diese Möglichkeiten für eine Verhaltensformel einzeln zu prüfen. Ebenso wenig ist es möglich, alle denkbaren Verhaltensformeln auf ihre Beweisbarkeit zu prüfen, da deren Mannigfaltigkeit ebenfalls viel größer ist als Z . Es folgt somit, daß die vollständige Anwendbarkeit der Physik auf den Menschen und die vollständige Abbildung des Menschen auf eine Analogiemaschine nicht von sich aus zu einem allgemeinen Verfahren führt, um alle wahren Verhaltensformeln aufzufinden bzw. zu beweisen. Vielmehr ist zu vermuten, daß es wahre Formeln gibt, die nicht aufgefunden oder nicht bewiesen werden können.

Die Entscheidbarkeitssätze der Mathematik besagen, daß es innerhalb komplexer logischer Systeme nicht zu jedem allgemeinen Satz über unendliche Gegebenheiten eine Deduktion bzw. einen Beweis gibt. Ebenso wenig ist zu erwarten, daß es für alle Verhaltensformeln über zwar endliche, aber sehr mannigfaltige Möglichkeiten der Zustände des menschlichen Nervensystems, deren Zahl Z weit übersteigt, eine Deduktion bzw. einen Beweis in weniger als Z Schritten gibt. In Analogie zu den Entscheidbarkeitsproblemen der Mathematik, die (in der Umgangssprache ungenau umschrieben) gerade bei hochgradiger Abstraktion und Selbstaussagen auftreten, wird man vermuten, daß insbesondere dann keine Deduktion bzw. kein Beweis

einer Verhaltensformel aus dem Zustand des Nervensystems möglich ist, wenn den Vorgängen im Nervensystem Denkprozesse hochgradiger Abstraktion und Selbstanalyse entsprechen. Ist diese Annahme richtig, bestünde ein Zusammenhang zwischen einer Nichtableitbarkeit der Verhaltensformeln aus dem physikalischen Zustand des Nervensystems und einer unvollständigen Formalisierbarkeit der dem Zustand entsprechenden Denk- und sonstigen physischen Prozesse. Es braucht nicht betont zu werden, daß es sich bei dieser Analogie um eine Vermutung handelt, die auch in der Formulierung keinen Anspruch auf formale Genauigkeit erheben kann und nur durch viel weiter gehende Untersuchungen erhärtet werden könnte.

Es ist offensichtlich, daß die Verhaltensformeln weniger aussagen und daher auch ein größeres Maß an Indetermination beinhalten als eine extrem detaillierte physikalische Analyse der Beziehung zwischen gegebenen Zuständen des Nervensystems, Umwelteinwirkungen und Reaktionen durch eine überkosmische Rechenmaschine, die als wissenschaftstheoretisch sinnlose Gedankenkonstruktion anzusehen wäre.

5. Aspekte des Leib-Seele-Problems

Ein Kernproblem des menschlichen Selbstverständnisses bildet das sogenannte Leib-Seele-Problem. Von Lösungsversuchen ganz abgesehen, bereitet schon die Formulierung des Problems große Schwierigkeiten. Unter bestimmten philosophischen Voraussetzungen ergibt es sich als Scheinproblem; damit verschwinden jedoch die logischen und empirischen Fragestellungen, die sich hinter der konventionellen dualistischen Auffassung des Leib-Seele-Problems verbergen, keineswegs, sondern treten in anderer Formulierung und anderem Zusammenhang wieder auf. Für eine eingehende Diskussion der verschiedenen Aspekte sei auf Feigl's ausführliche Exposition und Analyse des psychophysischen Problems hingewiesen². Im folgenden wird die Beziehung zwischen dem im Bewußtsein unmittelbar Gegebenen und dem physikalisch Meßbaren als wesentlich angesehen.

Der Mensch ist objektiver Beobachtungen, letztlich mit Hilfe der Sinne, sei es direkt, sei es mit Hilfe von Meßinstrumenten, und deren unbewußter und bewußter Analyse und Verarbeitung fähig. Die naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten der beobachtbaren Zusammenhänge sind vermutlich im Prinzip auf die Gesetze der Physik reduzierbar. In bezug auf sich selbst ist dem Menschen *darüber hinaus* unmittelbare Einsicht ohne Vermittlung der Sinne gegeben, die als ihm bewußte Gefühle, Gedanken, Neigungen usw. zusammen zu seinem psychischen Zustand beitragen. Dieser Zustand kann wenigstens zum Teil durch Sprache, Gestik und sonstiges Verhalten ausgedrückt und anderen Menschen mitgeteilt werden. Die Elemente, in direktem und übertragenem Sinne das Vokabular dieses Ausdrucks, sind teils angeboren, teils erlernt, teils durch Analogieschluß von dem eigenen auf das fremde Bewußtsein gegeben. Durch Kombination von Ausdruckselementen sind auch Informationen über sehr komplexe psychische Zustände mitteilbar, selbst wenn das Erlebnis des komplexen Zustandes direkt nicht nachvollzogen werden kann.

² Die nachfolgenden Überlegungen unterscheiden sich in mancher Hinsicht von denen Feigl's, sind aber nicht notwendig unvereinbar mit seiner Identitätshypothese.

Es sei also für das Folgende vorausgesetzt, daß der dem erlebenden Bewußtsein unmittelbar gegebene psychische Zustand wenigstens zum Teil intersubjektiv mitteilbar ist und damit Gegenstand wissenschaftlicher Fragestellung sein kann. Die Frage, ob und in welchem Sinne darüber hinaus dem Bewußtsein völlig private, intersubjektiv nicht mitteilbare Erlebnisse gegeben sein können, soll hier nicht diskutiert werden; die unten gezogenen Folgerungen werden davon nicht berührt.

Ferner bleibt offen, welche Kriterien für das Vorhandensein von Bewußtsein verwendet werden können. Man kann vermuten, daß fremdes Bewußtsein für den Menschen nur gegeben ist, wenn es sich intersubjektiv mitteilen kann, also wenigstens einen Teil der menschlichen Ausdrucksformen besitzt; dies ist auf Menschen und in defizienter Form auf höhere Tiere beschränkt. Die Frage nach dem Bewußtsein anderer organischer, technischer und sonstiger Objekte wäre sinnlos bzw. unentscheidbar. Es ist allerdings denkbar, wenn auch nicht sehr plausibel, daß die Theorie des Bewußtseins einmal Teil einer allgemeineren, vollständigeren Physik wird, die über ganz andere Kriterien verfügt, als wir sie uns derzeit ausdenken können.

Als ein wesentlicher Aspekt des Leib-Seele-Problems erscheint die Korrelation zwischen dem psychischen Zustand, der dem Bewußtsein unmittelbar gegeben, aber in einer intersubjektiven Sprache beschreibbar ist, und dem physischen Zustand des erlebenden Menschen, insbesondere seines Nervensystems, der objektiv meßbar ist. Ein Gedankenexperiment zur Ermittlung solcher Korrelationen wäre die „Autocerebroskopie“ (vgl. Feigl). Man registriert unabhängig und gleichzeitig psychische Erlebnisse (Gedanken, Gefühle usw.) und die objektiv gemessenen Vorgänge im Nervensystem und versucht die Beziehung zwischen beiden nachträglich zu analysieren.

In der Sprache der konventionellen dualistischen Auffassung des Leib-Seele-Problems ausgedrückt, ist die Hauptdoktrin in bezug auf diese psychophysische Beziehung der psychophysische Parallelismus, der eine Deduzierbarkeit der psychischen aus den physikalischen Zuständen behauptet und somit im Einklang mit einer vollständigen Gültigkeit der Physik in der Biologie steht. Ähnliche Folgerungen ergeben sich aus monistischen Theorien. Im Gegensatz hierzu stehen Interaktionstheorien, die einen irgendwie determinierenden Einfluß des psychischen Zustands auf den physikalischen Zustand postulieren, damit aber Gültigkeit oder zumindest Vollständigkeit der physikalischen Gesetze in bezug auf die Biologie in Frage stellen.

Nach der Darlegung von Feigl ist das psychophysische Problem kein rein philosophisches oder logisches, sondern hat auch rein empirische Aspekte. Nur mit Hilfe psychologischer und neurophysiologischer Daten ließe sich zum Beispiel der psychophysische Parallelismus oder die unbeschränkte Gültigkeit der bisher bekannten physikalischen Gesetze im Nervensystem beweisen oder widerlegen.

6. Hypothese zum psychophysischen Problem

Die Diskussion der vorangegangenen Kapitel läßt bereits die Folgerung zu, daß Parallelismus und Interaktion keine echte Alternative bezüglich des psychophysischen Problems sind.

Die volle Anwendbarkeit der Physik auf den Menschen vorausgesetzt, ist (in den Grenzen der Quantenindetermination) für jede gegebene Folge von Umwelteinflüssen das menschliche Verhalten physikalisch determiniert, und aus den physikalischen Reaktionen lassen sich (im Rahmen der üblichen Ungenauigkeit) Rückschlüsse auf den psychischen Zustand ziehen. Die objektiv beobachtbaren Ausdrucksformen (z. B. Lachen) des psychischen Zustands (z. B. Freude) sind unter diesen Voraussetzungen grundsätzlich berechenbare Folgen der physikalischen Vorgänge. Die Berechnung kann im Gedankenexperiment einer geeignet programmierten Analogrechenmaschine (vgl. Abschnitt 3) übertragen werden, der auch Fragen gestellt werden können. Es ist jedoch wesentlich, daß Antworten der Maschine auf die Befragung in komplexen Fällen keinen eindeutigen Rückschluß auf den psychischen Zustand zulassen, da die Tatsache und Reihenfolge der Fragen die Antworten beeinflussen und da auch falsche, paradoxe oder keine Antworten auf gestellte Fragen gegeben werden können. Die durch die Kenntnis des physikalischen Zustands gegebenen Möglichkeiten der Vorhersage künftiger physikalischer Zustände einschließlich des Verhaltens sind aber in dem Sinne vollständig, daß sie durch die Kenntnis des unmittelbar gegebenen psychischen Zustands grundsätzlich nicht bereichert werden können.

Anders verhält es sich jedoch für den seiner indeterminierten Umwelt ausgesetzten Menschen, dessen Zukunft offen ist. Wie im letzten Abschnitt dargelegt wurde, sind in diesen Fällen die möglichen wissenschaftlichen Vorhersagen auf Verhaltensformeln beschränkt, und man erwartet, daß nicht alle für eine Person wahren Verhaltensformeln aus dem Zustand ihres Nervensystems deduzierbar sind.

Nun stehen psychische Zustände, die u. a. als Dispositionen zu künftigem Verhalten angesehen werden können, in engem Zusammenhang mit Verhaltensformeln. Aus einer gegebenen Verhaltensformel lassen sich Rückschlüsse auf den psychischen Zustand ziehen, und aus dem gegebenen psychischen Zustand (z. B. Gedanken, Gefühle, Neigungen, Entscheidungen) lassen sich Verhaltensformeln konstruieren, die Wahrscheinlichkeitsvorhersagen und in bestimmten Fällen sichere Vorhersagen über das Verhalten gestatten.

Es folgt, daß die Argumente, die bezüglich der Deduzierbarkeit der Verhaltensformeln gelten, auch für die Deduzierbarkeit des psychischen Zustandes zutreffen. Es gibt keinen logischen Grund, die Deduzierbarkeit jedes psychischen Zustandes aus der Struktur des Nervensystems in weniger als Z Schritten, also durch begrenzte Formeln, zu erwarten; im Gegenteil ist zu vermuten, daß in komplexen Fällen, vor allem wenn Denkprozesse mit hochgradiger Abstraktion und selbstanalytischem Anteil beteiligt sind, eine solche Deduktion nicht möglich ist. Trifft diese Hypothese zu, so besteht kein zwingender Widerspruch zwischen den in den ersten Abschnitten erörterten Argumenten gegen eine vollständige Formalisierbarkeit des menschlichen Denkens und für eine vollständige physikalische Analysierbarkeit des menschlichen Nervensystems, da der Zusammenhang zwischen physikalischen Zuständen bzw. Prozessen des Nervensystems einerseits und psychischen Zuständen andererseits nicht notwendig durch begrenzte Formeln beschreibbar sein muß. Die hier vorgebrachte Hypothese bestreitet also in gewissem Sinne die vollständige Entscheidbarkeit des psychophysischen Problems bzw. die Möglichkeit einer vollständigen wissenschaftlichen Theorie des psychophysischen Zusammenhangs.

7. Einschränkung des psychophysischen Parallelismus

Mit der im vorigen Abschnitt beschriebenen Hypothese gelangt man zu einer Einschränkung des psychophysischen Parallelismus, ohne die Interaktionstheorie zu akzeptieren und ohne die beiden physikalischen Grundvoraussetzungen des Parallelismus zu bestreiten. Die eine Voraussetzung besteht darin, daß die Physik in der Biologie des Menschen vollständig gilt. Diese Annahme ist durch Molekularbiologie, Neurophysiologie, biologische Kybernetik und andere Zweige der Biologie sehr weitgehend empirisch bestätigt. Die zweite Voraussetzung besagt, daß psychische Zustände eine Funktion der physischen Zustände des Nervensystems sind. Etwas präzisiert bedeutet dies, daß die Beziehungen zwischen psychischem und physischem Zustand ein-eindeutig oder ein-mehrdeutig, aber nicht mehr-eindeutig sind, daß also niemals zwei verschiedene psychische Zustände zu einem bestimmten physikalischen Zustand des Nervensystems gehören können (vgl. Feigl). Für diese Annahme sprechen indirekt zahlreiche Befunde über psychische Auswirkungen physikalisch-chemischer Veränderungen im Nervensystem sowie die Zweige der Kybernetik, die auf der ein-eindeutigen Zuordnungsfähigkeit formalisierbarer Denkprozesse zu physikalischen Prozessen basieren. Wenn es auch verfrüht ist, hier von einer befriedigenden empirischen Bestätigung zu sprechen, ist doch auch diese Annahme als sehr wahrscheinlich anzusehen.

Die eindeutige Zuordnung psychischer zu physischen Zuständen reicht aber zur Berechnung hinreichend allgemeiner und komplexer psychophysischer Zusammenhänge nicht notwendig aus, wenn man die prinzipielle Begrenzung der Zahl möglicher Operationen berücksichtigt.

Wäre der Mensch einer determinierten Sequenz von Umwelteinflüssen (oder einer überschaubaren Zahl von Möglichkeiten) ausgesetzt, so könnte der psychophysische Parallelismus richtig sein, da alle objektiv beobachtbaren Reaktionen im Prinzip von einer physikalischen Analogiemaschine berechenbar sind, so daß die Kenntnis des psychischen Zustandes die physikalische Beschreibung nicht bereichert und daher auch nicht in sie einzugehen braucht. Das, was über den psychischen Zustand intersubjektiv mitteilbar ist, wäre auf das beschränkt, was aus dem physikalischen Verhalten erschlossen werden kann.

Vom Standpunkt einer kosmische Ausmaße weit übersteigenden Rechenmaschine könnte der Parallelismus auch bei offener Zukunft richtig sein, wobei sich allerdings die Frage der Funktionssicherung bzw. inneren Widerspruchsfreiheit dieser Maschine stellt; beschränkt man jedoch wissenschaftstheoretisch sinnvolle gedankliche Operationen auf den innerkosmischen Bereich, so gilt der psychophysische Parallelismus, wie wir vermuten, im allgemeinen Fall, d. h. bei offener Zukunft, nicht vollständig. Der psychische Zustand kann aus dem physikalischen Zustand wohl zum großen Teil, aber nicht vollständig deduziert werden. Die Kenntnis des psychischen und des physischen Zustands erlaubt weitergehende objektive Vorhersagen als die Kenntnis des physischen Zustands allein. Dies ist nicht eine Folge der Wechselwirkung des psychischen mit dem physischen Zustand, wie er in der Interaktionstheorie angenommen wird. Es ist vielmehr eine Folge davon, daß wir mit unseren endlichen Mitteln nicht alle denkbaren Konsequenzen aus dem gemessenen physischen Zustand ziehen können, so daß die zusätzliche Kenntnis des psychischen

Zustands unsere Gesamtkennntnis und damit auch den Grad der Berechenbarkeit zukünftiger Zustände grundsätzlich erhöht.

Die schwierige Frage, ob und in welchem Sinne dieser Sachverhalt von einer determinierenden Wirkung des psychischen Zustandes zu sprechen gestattet, soll hier nicht erörtert werden. Falls die Frage zu bejahen ist, bedeutet sie jedenfalls nicht eine Einwirkung des psychischen Zustandes auf physische Zustände über oder außerhalb der bekannten physikalischen Gesetzmäßigkeiten, weder im Sinne einer Änderung bzw. Außerkraftsetzung von physikalischen Gesetzen noch einer Determinierung von Vorgängen, die physikalisch der Quantenindetermination unterliegen.

Vom Standpunkt des vollständigen psychophysischen Parallelismus könnte man einwenden, daß man Maschinen mit selbstanalytischen Funktionen und anderen mehr oder weniger bewußtseinsanalogen Eigenschaften konstruieren kann, für die es eine vollständige formale Theorie gibt. Ein solcher Einwand wäre jedoch nicht stichhaltig, da in diesem Fall vollständige Formalisierbarkeit vorausgesetzt und nicht bewiesen wird. Es ist naturgemäß leichter, bestimmte Teilaspekte des Bewußtseins formal zu beschreiben, als etwas Definiertes anzugeben, was vielleicht nicht formalisierbar ist. Daher sei eine Spekulation über möglicherweise nicht in begrenzten Formeln darstellbare Zusammenhänge im Nervensystem angegeben. Nach einer Bemerkung von Lorenz wird eine Situation besonders dann oft ins Bewußtsein gehoben, wenn sie einen nicht ohne weiteres lösbaren Konflikt enthält, wenn also z. B. einer komplizierten Situation zwei verschiedene erlernte Verhaltensweisen entsprechen. Neurophysiologisch könnte dies bedeuten, daß an irgendeiner Stelle des Nervensystems kurz nacheinander entgegengesetzte Informationen (ja und nein über eine bestimmte Gegebenheit) eintreffen. Wenn aber zur Bestimmung dessen, was bewußt wird, die Produktion von derartigen Widersprüchen bei neurophysiologischen Prozessen wesentlich beiträgt, so könnten formale Widerspruchskriterien Voraussetzung einer vollständigen psychophysischen Theorie sein. In Analogie zu den Entscheidungsproblemen der Mathematik kann man Zweifel daran hegen, ob solche Kriterien bei hinreichend komplexen Fragestellungen noch in Form begrenzter Formeln zu erhalten sind. Auf den spekulativen Charakter dieser Analogiebetrachtung sei besonders hingewiesen. Ihre Gültigkeit könnte nur durch viel eingehendere Untersuchungen bestätigt werden; sie soll aber zeigen, daß es umgekehrt nicht zulässig ist, Formalisierbarkeit als selbstverständlich zu betrachten.

8. Zum Problem der Willensfreiheit

Der oben eingeführte Begriff der Verhaltensformel steht in einem besonders engen Zusammenhang mit einem bestimmten Aspekt des psychischen Zustandes, dem Willen. Die Richtung des Willens bzw. eine Willensentscheidung kann eine Verhaltensformeln wesentlich bestimmen. Auch der Wille bzw. die Willensentscheidung ist nicht notwendig (und vermutlich nicht immer) aus dem physikalischen Zustand des Nervensystems in weniger als *Z* Schritten deduzierbar, sofern sich der Wille auf eine Umwelt mit offener Zukunft bezieht. Es ist also anzunehmen, daß es prinzipiell nicht möglich ist, in allen Fällen menschliche Willensentscheidungen vorherzusagen oder objektiv zu deduzieren, obwohl die Bestimmung der tatsächlichen Reaktionen für eine gegebene Reihe von Umwelteinflüssen im Prinzip möglich ist.

Die Willensfreiheit, die wir an uns erleben, bedeutet zunächst, daß unsere Entscheidungen nicht nur durch Außenfaktoren, sondern auch durch Faktoren in uns selbst bestimmt werden. Sie besagt jedoch nicht, daß die inneren Faktoren unphysikalisch sind. Ob die Innenfaktoren ihrerseits physikalisch determiniert sind, ist für die Tatsache der Willensfreiheit nach übereinstimmender Meinung fast aller Wissenschaftstheoretiker belanglos. Für die zum Denken funktionsrelevanten Prozesse im Nervensystem ist Determiniertheit eine Voraussetzung der Willensfreiheit, deren Wesen ja im Abwägen und nicht im Zufall begründet ist. Es verbleibt jedoch die Frage, ob und inwieweit unsere Willensentscheidung für einen Außenstehenden determiniert ist, der über umfangreiche Mittel der Analyse und Manipulation der Umweltbedingungen verfügt. Teilweise ist diese Frage sicher zu bejahen. Die vorangegangenen Überlegungen machen es aber wahrscheinlich, daß eine vollständige Analyse des menschlichen Willens bei offener Zukunft durch Außenstehende auch mit sehr umfangreichen Mitteln grundsätzlich nicht möglich ist.

9. Folgerungen

Wie ich im Voranstehenden zu zeigen versuchte, bedeutet die vollständige Anwendbarkeit der Physik auf die Biologie des Menschen nicht notwendig, daß es eine finitistische und zugleich vollständige Korrelation zwischen physikalischen und psychischen Zuständen gibt. Darüber hinaus wurde die Hypothese begründet, daß eine derartige vollständige Theorie prinzipiell unmöglich sein könnte. Die vorgebrachte Hypothese kann bei dem gegenwärtigen Stand unserer empirischen neurophysiologischen und psychologischen Kenntnisse nicht bewiesen oder widerlegt werden. Auch detaillierte logische Untersuchungen z. B. über Entscheidungsprobleme bei endlichen Gegebenheiten, aber begrenzter Zahl der Operationen unter Berücksichtigung biologischer Tatsachen, könnten relevant sein. Die Hypothese betrifft auch nur einen Teil der Aspekte des psychophysischen Problems. Sie erklärt nicht, warum es Bewußtsein gibt, was Bewußtsein ist und wer oder was Bewußtsein hat.

Unsere Vermutung gründet sich im wesentlichen darauf, daß sie auf eine plausible Weise die universelle Gültigkeit der Physik einerseits und einer logischen Begrenztheit des menschlichen Denkens (z. B. in bezug auf sich selbst) andererseits vereinigt und zudem das dem Bewußtsein unmittelbar Gegebene, die ursprünglichste menschliche Erfahrung, nicht als Randerscheinung behandelt.

Literaturhinweise:

- H. Feigl, *The Mental and the Physical*, Minnesota Studies II, S. 370. Minneapolis, Minn., 1958.
P. Lorenzen, *Metamathematik*, S. 132. Mannheim, 1962.
D. M. Mackay, in „*Man and his Future*“, S. 153. London, 1963.
W. Stegmüller, *Metaphysik, Wissenschaft, Skepsis*. Frankfurt und Wien, 1954.
W. Stegmüller, *Unvollständigkeit und Unentscheidbarkeit*. Wien, 1959.