

Zur Praxis theoretischer Arbeit in den Wissenschaften

Harald Atmanspacher

Zusammenfassung

In vielen Wissenschaften wird theoretische Arbeit von anderen Vorgehensweisen unterschieden, die numerisch, empirisch oder angewandt orientiert sind. Die Fruchtbarkeit wissenschaftlicher Tätigkeit hängt letztlich entscheidend von einem ausgewogenen Wechselspiel dieser Gesichtspunkte ab. In jüngster Zeit tritt allerdings im Selbstverständnis mancher Wissenschaftsbereiche die Rolle theoretischer Arbeit zunehmend zugunsten von anderen, zum Teil sachfremden Erwägungen (wie etwa Aufmerksamkeit seitens von Medien und Wirtschaft) in den Hintergrund. Theoretische Arbeit wird in solchen Fällen oft missverstanden, und als Folge davon wird ihre Tragweite und Bedeutung unterschätzt.

Der vorliegende Beitrag steht dieser Tendenz entgegen. Zunächst werden historische Fallstudien theoretischer Arbeit in der Physik und Astronomie sowie der Biologie und Psychologie beschrieben und analysiert. Anschliessend wird die gegenwärtige Situation in den Kognitions- und Neurowissenschaften einer Kritik unterzogen, die dazu dient, auf aktuelle Fehlentwicklungen hinzuweisen. Schliesslich werden einige Beispiele skizziert, die andeuten, wie zeitgemässe theoretische Arbeit in diesen Bereichen aussehen kann.

Was macht ein Theoretiker ?

Als theoretisch arbeitender Wissenschaftler wird man gelegentlich mit der Frage konfrontiert, was man eigentlich den ganzen Tag tut, wenn man dieser Arbeit nachgeht. Die Frage klingt zunächst etwas unverfroren, aber wenn man sie ernst nimmt, ist sie gar nicht so leicht zu beantworten. Was heisst es, theoretisch zu arbeiten? Was ist damit gemeint, wenn etwas als ein theoretisch gefundenes Resultat bezeichnet wird? Was sind wesentliche Aspekte theoretischer Arbeit? – Am ehesten wäre man vermutlich geneigt, Antworten auf diese Fragen in der Physik zu erhoffen, wo es (zumindest in akademischen Strukturen) eine traditionelle Einteilung in theoretische Physik und Experimentalphysik gibt. Auf den ersten Blick könnte man meinen, dass es Aufgabe der Theoretiker sei, die empirischen Befunde der Experimentatoren mit Hilfe der Theorie zu erklären. Doch – abgesehen davon, dass der Begriff der Erklärung seinerseits der Klärung bedarf – das trifft so nicht zu. In vielen Fällen machen sich Experimentalphysiker ihre eigenen Gedanken, die zu Modellen ihrer Befunde führen. Aber was machen dann die Theoretiker?

Die vorliegende Skizze einer Charakterisierung theoretischer Arbeit resultiert aus einer inzwischen 20jährigen Praxis solcher Arbeit in unterschiedlichen Bereichen der Wissenschaft (und ignoriert die vorhandene wissenschaftsphilosophische Literatur zu diesem Thema weitgehend). *Nach meiner Auffassung ist es ein notwendiges Kriterium für theoretische Arbeit, dass einer begrifflichen Frage nachgegangen wird.* Sehr verkürzt und ein wenig salopp ausgedrückt ist theoretische Arbeit Denken.

Dies kann in verschiedener Weise geschehen. In den Naturwissenschaften wird man in erster Linie mathematische Formulierungen anstreben, in anderen Bereichen kann theoretische Arbeit auch durch den präzisen Gebrauch natürlicher Sprache erfolgen.

Selbstverständlich muss theoretische Arbeit in den Naturwissenschaften (im Gegensatz etwa zu Mathematik oder vielen Bereichen der Philosophie) letztlich immer zusammen mit den empirischen Befunden, auf die sich die Theorie bezieht, gesehen werden. Das Ziel dabei ist jedoch *zunächst* die Beantwortung einer Frage, die am Anfang steht, und der damit verbundene Verständniszuwachs oder Erkenntnisfortschritt. *So verstandene Theorie ist nicht primär von empirischen Befunden motiviert oder gar aus ihnen abgeleitet* – wenngleich solche Befunde unverzichtbar sind, um die Gültigkeit einer Theorie zu überprüfen. Falls sie sich auf diese Weise bestätigt, ist die Erklärung der entsprechenden empirischen Befunde eine Folge (um nicht zu sagen ein Nebenprodukt) der Beantwortung der begrifflichen Ausgangsfrage.

Es gilt heute als Binsenweisheit, dass es theoriefreie Erfahrung auch in den “Erfahrungs”-Wissenschaften nicht gibt – jedes Resultat einer Beobachtung oder Messung beruht auf stillschweigend akzeptierten, nicht-empirischen Vorannahmen. Ohne Reflexion dieser Vorannahmen besteht allerdings die Gefahr, dass der Wissenschaftler von der Wissenschaft am Ende so viel versteht wie ein Fisch von der Hydrodynamik. *Für eine stichhaltige Kritik impliziter Vorannahmen ist es erforderlich, dass theoretische Arbeit mit möglichst wenig theorieexternem Input auskommt.* Die empirische Richtigkeit einer Theorie ist natürlich wichtig, aber entscheidend ist ihre begriffliche Stringenz. Ein guter Theoretiker ist nicht ein schlechter Experimentator, sondern ein Wissenschaftler, dessen Begeisterung für die Einsicht in begriffliche Zusammenhänge noch grösser ist als seine Begeisterung für interessante Experimente.

Bevor ich diese Thesen mit einigen Beispiele illustriere, möchte ich betonen, dass das soweit skizzierte Bild überpointiert ist. Es gibt viele Resultate im Bereich der Theorie, bei deren Erarbeitung (nicht nur Überprüfung) Experimente und Beobachtungen eine wesentliche und unverzichtbare Rolle gespielt haben. Mir geht es jedoch hier weniger um die Charakterisierung des Wissenskorpus, das unter Theorie subsumiert werden kann, als um die Charakterisierung einer Vorgehensweise, die genuin theoretisch ist. Im Extremfall (wie er etwa in der Stringtheorie vorliegt): Wie arbeitet ein Theoretiker, der über empirische Befunde, die in den Bereich seiner Arbeit fallen, gar nicht verfügt?

Historische Beispiele

Physik und Astronomie

Ein Beispiel, das deutlich zum Ausdruck bringt, was mit theoretischer Arbeit gemeint ist, ist Einsteins Weg zur Relativitätstheorie, eines der beiden zentralen Theoriegebäude der Physik des 20. Jahrhunderts. Die entscheidende begriffliche Frage für Einstein resultierte aus der Inkonsistenz zweier fundamentaler bestehender Theorien, der Mechanik und der Elektrodynamik. Sie erklärt auf natürliche Weise den Titel der Arbeit, mit der er 1905 die spezielle Relativitätstheorie einführte: “Zur

Elektrodynamik bewegter Körper”. In dieser Arbeit wird die Frage beantwortet, wie man beide Theorien so zusammenfassen kann, dass sie miteinander kompatibel sind. Dies geschieht durch die Betrachtung fundamentaler Symmetrien in den Theorien, die durch sogenannte Invarianzprinzipien ausgedrückt werden, in diesem Fall Galilei-Invarianz und Lorentz-Invarianz. Die Erweiterung der Galilei-invarianten klassischen Mechanik zu einer Lorentz-invarianten Mechanik führt zur speziellen Relativitätstheorie.

Die gelegentlich geäußerte Behauptung, die Ergebnisse der Experimente von Michelson und Morley zur Überprüfung der Äther-Hypothese seien Einsteins Ausgangspunkt gewesen, ist unzutreffend. Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, die sich in diesen Experimenten zeigt, geht zwar in eines der Postulate von Einsteins Theorie ein. Der Kontext, in dem dies der Fall ist, wird jedoch erst durch die Forderung nach der Invarianz von Bewegungsgesetzen beim Wechsel zwischen relativ zueinander bewegten Bezugssystemen verständlich.

Eine prinzipiell ähnliche Konsistenzfrage stand am Beginn der anderen fundamentalen physikalischen Theorie des 20. Jahrhunderts, der Quantentheorie. Die von Planck 1900 gefundene Strahlungsformel (“Ueber eine Verbesserung der Wien’schen Spectralgleichung”) resultierte unter anderem aus dem Bestreben, zwei damals bekannte Strahlungsgesetze zusammenzuführen. In Plancks Strahlungsgesetz werden die Gesetze von Wien und Rayleigh-Jeans zu Grenzfällen für hohe und niedrige Frequenzen. Die Beschreibung des gesamten Spektrums durch *ein* Gesetz zwang Planck dazu, eine Grösse einzuführen, die heute als das nach ihm bezeichnete Wirkungsquantum bekannt ist. Es dauerte ein Vierteljahrhundert, bis dessen fundamentale Bedeutung für die gesamte Quantentheorie durch Heisenbergs Unschärfere Relationen und die ihnen zugrunde liegenden Kommutationsrelationen inkompatibler (bzw. komplementärer) Observablen erkannt wurde.

In beiden Beispielen lässt sich die Ausgangsfragestellung durch die Absicht spezifizieren, zunächst disparate oder inkonsistente Vorstellungen, die je für sich etabliert sind, in einen gemeinsamen Kontext zu stellen. Das dabei angewandte Vorgehen ist also in beiden Fällen dadurch gekennzeichnet, dass ein höherer Grad von Allgemeinheit der Theorie angestrebt wird. Letzten Endes bedeutet dies, dass eine grössere Menge von empirischen Befunden durch die gleiche Theorie beschrieben bzw. verstanden werden kann – der faktische Gültigkeitsbereich der Theorie wird erweitert. Das Motiv der theoretischen Arbeit, die das leistet, liegt jedoch unzweifelhaft im ausserempirischen Bereich.

Eine andere lehrreiche historische Studie ist der Weg von den astronomischen Aufzeichnungen der Babylonier zu Keplers Einsichten zur Bewegung der Planeten. Erstere sind offensichtlich empirischer Natur, und sie wurden über Jahrhunderte hinweg für verschiedenste Zwecke verwendet, von der Projektion mythologischer Überlieferungen über astrologische Vorhersagen bis zur Herstellung von Kalendern. Einige wenige Himmelskörper, die Planeten, wurden bald als beweglich gegenüber der Mehrzahl der anderen erkannt, und es kam zu Überlegungen dazu, wie man diese Bewegung beschreiben kann. Die Epizykel, die Ptolemäus im 2. Jahrhundert nach

Christus zu diesem Zweck postulierte, sind ein Beispiel dafür, wie Gesetzmässigkeiten aus empirischem Material konstruiert werden. Man fasst grosse Mengen vorhandener Daten so zusammen, dass die Datenmenge (in heutiger Sprechweise) algorithmisch komprimiert wird.

Dieses Verfahren ist offensichtlich anders angelegt als theoretische Arbeit im oben angesprochenen Sinn. Erst Kepler gelang am Ende des 16. Jahrhunderts auf der Basis des heliozentrischen Weltbildes von Kopernikus der entscheidende theoretische Durchbruch zum Verständnis der Planetenbahnen. Seine leitende Idee war, anders als bei Einstein und Planck, nicht so sehr die Verallgemeinerung bestehender Kenntnisse. Ausgangspunkt für Kepler war eine Mischung aus theologischen und neoplatonischen Grundüberzeugungen (unempirischer geht es kaum!), die – wie später Pauli nachwies – ihn annehmen liess, dass ideale geometrische Figuren wie Kreise der Sphäre des Göttlichen vorbehalten sind und in der Wirklichkeit nicht vorkommen. Dort muss mit Abweichungen von den idealtypischen Formen gerechnet werden. Daher können die Planeten keine Kreisbahnen beschreiben, sondern es sind Ellipsen, verzerrte Kreise, zu erwarten. Diese – für uns heute absurd anmutende – Begründung führte Kepler zu seinen drei Gesetzen, die dann im 17. Jahrhundert wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung von Newtons Gravitationstheorie hatten.

Biologie und Psychologie

Nun sind Physik und Astronomie Wissenschaftsbereiche, in denen mathematische Vorgehensweisen als Instrumente des Denkens sowohl eine etablierte Tradition als auch überwältigenden Erfolg hatten und haben. Die Frage liegt auf der Hand, wie es mit theoretischer Arbeit in weniger mathematisierten Wissenschaften steht. Werfen wir als erstes zwei Blicke in die Biologie. In welcher Hinsicht kann Darwins Evolutionstheorie als Produkt theoretischer Arbeit verstanden werden? Stehen vielleicht auch theoretische Einsichten am Anfang der Molekularbiologie?

Das Kernstück in Darwins Vorgehensweise war das Postulat, dass die biologischen Arten entgegen der damals herrschenden Meinung nicht gemeinsam geschaffen wurden, sondern sich sukzessive entwickelt haben: Artenwandel statt Artenkonstanz. Wie Lovejoy gezeigt hat, konnten allerdings sämtliche damals bekannten empirischen Befunde sowohl für als auch gegen beide Annahmen geltend gemacht werden. Als Darwin seine Theorie 1859 publizierte (“On the Origin of Species”), hatte man zudem noch keine Hinweise auf Variationsmechanismen, mit denen ein Wandel biologischer Arten schlüssig begründet werden konnte. Darwin forderte dazu auf, dies experimentell zu untersuchen; er selbst spekulierte noch nicht einmal darüber. Welche Argumente bewogen ihn also, sich kategorisch pro Artenwandel zu entscheiden?

Eine wichtige Rolle dabei dürfte die zunehmende Ablehnung teleologischer Argumente in den Naturwissenschaften gespielt haben, die in der damaligen Biologie noch mit am stärksten vertreten waren. Darwin suchte demgegenüber einen Mechanismus, der es erlaubte, die Vielfalt der Arten als Ergebnis von kausalen Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen zu rekonstruieren. Er postulierte einen ihm

unbekannten Grund für die Variation als Voraussetzung für das Wirksamwerden eines Selektionsprinzips, das auf Auslese durch Adaption beruht und dadurch teleologische Argumente vermeiden kann.

Später wurden für den gesuchten Variationsmechanismus zufällige (im Gegensatz zu gerichteten) Mutationen des Erbmaterials gefunden. Dass es hierbei zunächst um reine Zufallsereignisse geht, zieht nach sich, dass die Evolutionstheorie keine individuellen Vorhersagen, sondern lediglich die Rekonstruktion bereits stattgefundener Entwicklungen erlaubt. In den letzten Jahrzehnten haben neue Erkenntnisse der Epigenetik dazu geführt, dass der zunächst angenommene blinde Zufall durch spezifische molekularbiologische Mechanismen bei der Vererbung ergänzt wird. Das anti-teleologische Grundmotiv der Evolutionstheorie blieb davon jedoch unberührt.

Der Wegbereiter der Molekularbiologie, Delbrück, war stark geprägt von der rasanten Entwicklung der Quantentheorie, an der er zunächst mitarbeitete. Er war davon überzeugt, dass elementare Biologie, die sich mit der Struktur der Gene und deren Mutationen beschäftigt, nur durch die Anwendung von entsprechend elementarer Physik verstanden werden kann. So war Delbrücks "atomphysikalisches Modell der Genmutation" von 1935, die Geburtsstunde der Molekularbiologie, nichts anderes als eine erfolgreiche Übertragung grundlegender Ideen der Quantentheorie auf genetische Fragestellungen. Mutationen werden in dieser Arbeit als Quantensprünge beschrieben, die zwischen jeweils stabilen Konfigurationen der Gene stattfinden. Obwohl Delbrück später zunehmend auch experimentell arbeitete, blieben theoretische Fragen (wie etwa die Rolle der Idee der Komplementarität in der Biologie) das primäre Motiv dafür. Experimente waren für ihn Instrumente des Denkens, nicht umgekehrt.

Zum Abschluss des historischen Teils dieses Essays möchte ich einige Bemerkungen zu theoretischer Arbeit in der Psychologie anfügen. Dieses Thema ist deswegen von besonderem Interesse, weil ein allgemein akzeptierter konsistenter theoretischer Rahmen für die Psychologie oder eines ihrer Teilgebiete bisher nicht vorliegt. Mögliche Gründe dafür sind vielfach diskutiert worden. Dennoch gab es in der knapp 200jährigen Geschichte der wissenschaftlichen Psychologie eine Reihe von herausragenden Denkern, die eine ausgeprägte Neigung zu theoretischer Arbeit hatten.

Dies zeigt sich besonders darin, wie die frühe Psychologie ihre grossen Probleme definierte: als erstes das Leib-Seele-Problem (oder psychophysische Problem), dann das Problem des Einflusses von Vererbung und Umwelt (parallel zur entsprechenden Diskussion in der Entwicklungsbiologie). Fechner und später Wundt sind heute zwar vor allem auch für empirische Beiträge zur Psychologie bekannt, beschäftigten sich jedoch beide intensiv mit dezidiert begrifflichen Fragen. Wenn heute zum Beispiel die Rede von "dualen Aspekten" in der Beziehung zwischen Gehirn und Bewusstsein ist, dann findet man entwickelte Vorläufer dieses Konzepts bei Fechner und Wundt.

Speziell Wundt hatte grossen Einfluss auf die internationale Institutionalisierung der akademischen Psychologie. Auch inhaltlich wurde sein umfangreiches Oeuvre zusammen mit den "Principles of Psychology" von James weltweit massgeblich, und zwar hinsichtlich beider genannter Problemkreise und bis in die Gegenwart. Die

Psychologie entwickelte sich zwar im 20. Jahrhundert methodisch weiter, etwa im Behaviorismus durch die Betonung von Verhaltensdaten statt Qualia und Introspektion. Doch innovative theoretische Ideen, wie beispielsweise in der Tiefenpsychologie (Freud, Jung), Gestaltpsychologie (Köhler, Wertheimer) und Entwicklungspsychologie (Piaget) zu Beginn des 20. Jahrhunderts, wurden mehr und mehr zur Ausnahme.

Eine solche Ausnahme ist die “Organization of Behavior” (1949) von Hebb. Noch unter dem bereits nachlassenden Eindruck des Behaviorismus (vgl. Skinners “Behavior of Organisms”, 1938) entwickelte Hebb eine Reihe von Ideen, die (entgegen seiner eigenen Prognose) bis heute, oder vielmehr heute mehr denn je, zum konzeptuellen Kern der kognitiven Neurowissenschaft gehören: die Hebbsche Synapse, das Hebbsche Ensemble, Hebbsches Lernen. Im wesentlichen handelt es sich dabei um Vorschläge, wie mentale Zustände und deren Veränderung (Lernen) neurophysiologisch verstanden werden können. Hebbs damals spekulative Ideen stellten sich bis heute als Anregung und Grundlage für grosse Bereiche der experimentellen und numerischen Neurowissenschaft heraus.

Ebenfalls in den 1940er Jahren wurde mit den Macy-Konferenzen um von Neumann, Wiener und McCulloch eine bis heute einflussreiche “kybernetische” Tradition begründet. Mit Elementen der (syntaktischen) Informationstheorie und Logik wurden Kognition und Gehirn als Regelkreissysteme aufgefasst, die zum Teil analog zu Rechnern verstanden werden können. Obwohl sich von Neumann als einer der Pioniere dieser Idee (“The Computer and the Brain”, 1958) bezüglich ihrer Tragweite eher zurückhaltend äusserte, wurde die “Computermetapher” zunehmend zum zentralen Dogma etlicher Bereiche der Kognitions- und Neurowissenschaft.

Die gegenwärtige Situation in Kognitions- und Neurowissenschaft

Damit sind wir in der Gegenwart angekommen. In der Tradition der Kybernetik ist heute ein Bild entstanden, in dem vielerorts theoretische Arbeit mit Anwendungen der Informatik bis hin zu numerischen Simulationen verwechselt wird. Dies zeigt sich besonders deutlich in Arbeitsgruppen, Departments und Zentren, die vermehrt mit der Bezeichnung “computational neuroscience” auftauchen. Dass es dabei eher um einen verlängerten Arm des Experiments geht anstatt um Theorie, zeigt sich daran, dass in der Regel vor allem Datenanalyse und Datenmodellierung im Mittelpunkt der Arbeit stehen. Innovative theoretische Ideen sind nach wie vor Mangelware. Wenn (seit 2005 an der EPF Lausanne) mit vernetzten Supercomputern versucht werden soll, die Funktion menschlicher Gehirne zu simulieren, dann hat das mit theoretischer Neurowissenschaft so viel zu tun wie die Computersimulation eines Planetariums mit Astronomie.

Die derzeitige Situation in den Kognitions- und Neurowissenschaften wie auch in der Psychologie ist wohl weitgehend richtig eingeschätzt, wenn ihr ein Defizit an theoretischer Arbeit und entsprechenden Ideen attestiert wird. Damit ist aber noch nicht alles gesagt. Bei etlichen Vertretern dieser Forschungsrichtungen wird aus der Not nämlich eine Tugend gemacht, indem behauptet wird, dass theoretische Arbeit im Grunde überflüssig sei. Alles, was man für wissenschaftlichen Fortschritt

braucht, so wird plädiert, sind mehr Experimente, mehr Messungen und mehr Daten. Die Annahme dahinter scheint zu sein, dass das Verständnis, welches das Ziel wissenschaftlichen Bemühens ist, sich bei hinreichend vielen empirischen Befunden von selbst einstellen wird.

Für die defiziente Entwicklung, die zu derartigen Vorstellungen geführt hat, mag es verschiedene Ursachen geben: der eingeschränkte Erfolg theoretischer Arbeit in der Geschichte der Psychologie, mangelnde Ausbildung in und dadurch fehlende Erfahrung mit präzisiertem formalen Denken, eine generell veränderte Wissenschaftskultur, die auf (vermeintlich anschauliche) Bilder anstelle wirklichen Verständnisses setzt, Bewertungssysteme, bei denen eingeworbene Finanzierungsmittel mehr zählen als inhaltlich relevante Forschungsergebnisse, und anderes mehr. Alles in allem ist festzustellen, dass die entstandene Melange von Theoriedefizit und Theoriephobie in Kognitions- und Neurowissenschaft angesichts der Entwicklung der Wissenschaft im Ganzen unzeitgemäss, nämlich eigentlich präreflexiver Natur ist.

Eine zaghaft wachsende Zahl namhafter Vertreter der angesprochenen Disziplinen erkennen diese Situation seit einiger Zeit als korrekturbedürftig. Wohin die Abwesenheit theoretischer Einsicht führen kann, zeigen unter anderem die populistischen Argumente, die in der jüngsten Vergangenheit von Fachleuten für Gehirne einen unhinterfragten (aber an sich bereits fragwürdigen) neurobiologischen Determinismus bei Diskussionen zum Thema Willensfreiheit einsetzen. Dabei wurden Ausmasse an Peinlichkeit erreicht, die man besser kommentarlos übergehen sollte, wenn es nicht zugleich auch um einen Missbrauch des Vertrauensvorschlusses ginge, der Sachexperten in weiten Teilen der Gesellschaft nach wie vor zugestanden wird. Damit geht eine Verantwortung einher, der man im präreflexiven Zustand konzeptueller Naivität nicht gerecht werden kann.

Von der Tendenz her hat sich der Standort der Theorie in der Psychologie vor allem in meta-theoretische Forschungsthemen verlagert, zum Beispiel in historische, soziale, kulturelle und epistemologische Analysen (siehe zum Beispiel die seit 1987 erscheinenden Proceedings der "International Society for Theoretical Psychology" sowie deren Journal "Theory & Psychology"). Theoretische Ansätze in den Kognitions- und Neurowissenschaften sind verstärkt in Teilbereichen der Philosophie zu finden, insbesondere in der (analytischen) Philosophie des Geistes. Zum Beispiel hat zur Renaissance des Themas Bewusstsein in den 1990er Jahren, inklusive der lange systematisch ausgeklammerten Diskussion von Qualia, der Philosoph Chalmers mit den von ihm mitbegründeten Tucson-Konferenzen wesentlich beigetragen. Sein Name verbindet sich heute mit dem "hard problem of consciousness", das auf die Beziehung zwischen phänomenalen Bewusstseinszuständen und Hirnzuständen zielt und zu den Hauptthemen des seit 1994 erscheinenden "Journal of Consciousness Studies" zählt.

Chalmers (damals Tucson, heute Canberra) griff die alte Idee von Bewusstsein und Gehirn als dualen Aspekten einer neutralen Beschreibung auf und präsentierte eine kritische Diskussion der Option, diese Beschreibung informationstheoretisch auszuführen. Als weiterer wichtiger Autor (nicht-formaler) begrifflicher Arbeit in

diesem Kontext ist Kim (Brown University) mit seinen gründlichen Überlegungen zu supervenienten mentalen Zuständen zu nennen, die neuronal multipel realisiert sind. Schliesslich sei auf Metzinger (Mainz) mit seinem innovativen Konzept von transparenten bzw. opaken mentalen Repräsentationen und den mit ihnen verbundenen intentionalen Relationen hingewiesen.

Zentrale Punkte der Wiederbelebung der Bewusstseinsproblematik sind erneut verschiedene Facetten des psychophysischen Problems. In der Forschungspraxis der Kognitions- und Neurowissenschaft werden diese Facetten in der Regel ausgespart; man könnte von einer Binnenanomalie (im Sinne Kuhns) inmitten empirischer Befunde zu speziellen “neuronalen Korrelaten des Bewusstseins” sprechen. Zahlreiche solcher Korrelate wurden und werden in vielen Labors Woche für Woche untersucht. Die theoretische Frage, um die es dahinter geht, besteht darin, warum es die zugrundeliegenden Korrelationen überhaupt gibt, wie man sie genauer charakterisieren und am Ende vielleicht sogar besser verstehen kann.

Genau hier liegt ein Thema, das für theoretische Arbeit geradezu prädestiniert ist, und zwar was sowohl konzeptuelle Fragen als auch mathematische Formalisierung betrifft. Eine Forschungseinrichtung, die sich damit im Detail beschäftigt, ist die hochgradig interdisziplinär besetzte Abteilung für Theorie und Datenanalyse am Institut für Grenzgebiete der Psychologie und Psychohygiene in Freiburg. Die Art und Weise, wie dort die Frage nach neuronalen Korrelaten des Bewusstseins angegangen wird, zeigt interessante Beispiele für moderne theoretische Forschung, bei der Resultate, Hypothesen und Methoden aus der Philosophie des Geistes, der Kognitionsforschung, der Neurowissenschaft und der theoretischen Physik zusammenfliessen.

Ein erstes Beispiel beruht auf einer formalisierten Darstellung struktureller Relationen zwischen den Beschreibungsebenen, auf denen Neurodynamik einerseits und mentale Zustände andererseits eine Rolle spielen. Die entsprechenden Relationen stellen einen Typ von Emergenz dar (es handelt sich also um ein nicht-reduktives Programm), der von physikalischen Beispielen her bekannt ist und gut illustriert werden kann. Ein Grundprinzip der Konstruktion emergenter Zustände führt auf das Problem, wie sich der Raum der neuronalen Zustände so aufteilen lässt, dass robuste Partitionen entstehen. Dieses Problem wurde im Rahmen der Theorie ergodischer Systeme gelöst, und die erhaltenen Partitionen sind auf emergente mentale Zustände abbildbar. Erste Anwendungen auf experimentelle Daten unterstreichen die Leistungsfähigkeit dieses vielversprechenden Ansatzes.

Es handelt sich dabei um eine Vorgehensweise, die zunächst von empirischem Material unabhängig ist und auf die Entwicklung einer prinzipiell anwendungsneutralen “Strukturtheorie” zielt. Die spezifischen Details, die man für die jeweils angestrebte Anwendung benötigt, müssen dann in den allgemeinen Theorierahmen implementiert werden. Dazu werden Kenntnisse – in der Regel auch solche, die empirisch gewonnen wurden – aus den beteiligten Disziplinen verwendet.

Ein zweites Beispiel geht auf Anregungen von Bohr von vor 80 Jahren zurück und bezieht sich auf das Konzept der Komplementarität. (Beschreibungen, die einander jeweils widersprechen, jedoch zusammen zum Verständnis eines Phänomens

notwendig sind, werden als komplementär bezeichnet.) Nachdem sich dieses Konzept in der Quantentheorie als verständnisfördernd erwiesen hatte, schlug Bohr vor, es auch ausserhalb der Physik zu explorieren. Er selbst präsentierte eine Reihe von Möglichkeiten, von denen jedoch über die Jahre hinweg keine im Detail ausgearbeitet wurde.

Auch hier bietet es sich an, eine Rahmentheorie zu suchen, die die für Komplementarität wesentlichen Bedingungen ohne Anwendungsspezifika enthält. Eine solche Theorie ergibt eine bestimmte algebraische Struktur, ein Monoid, deren Kernstück die Existenz nicht-kommutierender Observablen ist. (Ein alternativer Zugang verwendet Algebren mit Booleschen Unterhalbgebren, die jedoch auf nicht-Boolesche Weise zusammengefügt sind.) Implementiert man in diese Struktur diejenigen Details, die man für die Diskussion von Quantensystemen braucht, so erhält man die Quantentheorie zurück. Andere Spezifikationen ergeben sich für Beispiele ausserhalb der Physik. Vorhersagen eines Modells für die Wahrnehmung bistabiler Stimuli, das auf diese Weise ausgearbeitet wurde, stimmen mit einer Reihe alter und neuer experimenteller Befunde eindrucksvoll überein und legen weiterführende Untersuchungen nahe.

Ein letztes Beispiel greift einen Vorschlag von James auf, der im vielzitierten Kapitel über den Strom des Bewusstseins in den “Principles of Psychology I” dazu aufforderte, nicht nur stabile, sondern auch instabile mentale Zustände *zwischen* stabilen Kategorien zu betrachten. In Anlehnung an den Schweizer Philosophen Gebser kann man entsprechende Zustände als akategorial bezeichnen und sie sowohl von kategorialen Zuständen als auch von tendenziell regressiven nicht-kategorialen Zuständen unterscheiden. Zukünftige Arbeit in dieser Richtung lässt unter anderem konstruktive Beiträge zu einem besseren Verständnis von meditativen Zuständen und von Einsichtsprozessen erwarten. Ausserdem ist abzusehen, dass eine vertiefte Auseinandersetzung mit Instabilitäten auch aus der Sicht sozialer und gesellschaftlicher Probleme in Zukunft immer wichtiger werden wird.

Der Weg von einer Rahmentheorie bis zur konkreten Anwendung kann lang und beschwerlich sein, und in der Regel ist er das auch. In den beschriebenen Fallbeispielen dauerte es um die fünf Jahre, bis erste Ideen so weit ausgearbeitet waren, dass es zum erfolgreichen Vergleich mit experimentellen Resultaten kommen konnte. Dieser relativ kurze Zeitraum erklärt sich daraus, dass erstens die benötigten Elemente der Theorie weitgehend bekannt waren und letztlich nur durchgearbeitet und zusammengebaut werden mussten, und dass es zweitens bereits etablierte Kooperationen mit Experimentatoren gab, auf deren Ergebnisse zurückgegriffen werden konnte. Bei schwierigeren Problemen und weniger entwickeltem Stand der Theorie kann die Arbeit, wie die historischen Beispiele zeigen, länger oder viel länger dauern. Die mit Abstand wichtigste Voraussetzung für solche Unternehmungen sind gute Ideen – die man bekanntlich auch mit viel Geld nicht kaufen kann.