

## DER URSPRUNG DER PHYSIKALISCHEN BEGRIFFE

### Über ein Defizit der zeitgenössischen Wissenschaftstheorie

#### 1.

Hinsichtlich seiner Wahrnehmung der Welt unterliegt der Mensch von Natur aus einer Täuschung: Er glaubt, dass die Welt voller Dinge ist, die er unmittelbar erkennen kann. Bei näherer Betrachtung und im Lichte seiner naturwissenschaftlichen Forschung kommt er dann zu der Einsicht, dass diese Welt eigentlich nur eine in seinem Kopf existierende Vorstellung ist, die zum Teil angeboren sein kann, im wesentlichen aber auf Grund von Sinneseindrücken immer weiter ausgebaut wird. Die Außenwelt ist aus dieser Sicht nur noch die vermutete Ursache der Sinneseindrücke, deren Existenz – im Gegensatz zur Vorstellungswelt – zunächst einmal fraglich ist. Es gibt jedoch viele Gründe für die Annahme, dass diese Außenwelt existiert. Dazu gehört auch der Glaube an die reale Existenz der Mitmenschen. Vergleicht man sich mit diesen, so kommt man zu dem Ergebnis, dass man selbst mitsamt seiner Vorstellungswelt ein Teil dieser „Außenwelt“ ist.

Nimmt man die Existenz der Außenwelt an, dann ergibt sich das Problem, inwieweit die Vorstellungswelt dieser Außenwelt entspricht. Die Annahme der Existenz der Außenwelt ist hier von wesentlicher Bedeutung, denn ohne sie gäbe es das Problem gar nicht.

Man kann das Problem auch anders formulieren: Wie kann der Mensch, der ja nur auf die Zeugnisse seiner Sinne angewiesen ist, Kenntnis von den Dingen der Außenwelt erlangen? Diese Formulierung ist nicht so harmlos, wie sie scheint. Sie nimmt es als gegeben an, dass die Welt eine Ansammlung von Dingen ist. (Dass eine solche Ansicht in der Wissenschaftstheorie weit verbreitet ist, zeigt der häufig anzutreffende Verweis auf das „Inventar der Welt“. Robert Brandom meint beispielsweise, dass die Naturwissenschaften „das Inventar der Welt katalogisieren“.)

Richtiger ist es, danach zu fragen, *welche* Kenntnisse wir aus den Sinneseindrücken überhaupt erlangen können. Im Rahmen der Wissenschaftstheorie wurden beide Fragen betrachtet. Die immer wieder gesuchten Antworten auf die erste leiden an einer nicht zu behebenden Zirkularität, Die zweite Frage wurde in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts dahingehend beantwortet, dass die Sinneseindrücke allein überhaupt keine Kenntnisse vermitteln, und die Frage gilt seither als erledigt. Die Antwort ist jedoch falsch, denn die zweite Frage wurde nie in voller Allgemeinheit gestellt, sondern immer wieder nur direkt oder indirekt auf die Möglichkeit der Beantwortung der ersten bezogen. Daher gilt auch heute noch jeder gescheiterte Versuch einer schlüssigen und unangreifbaren Beantwortung der ersten als Bestätigung der negativen Antwort auf die zweite.

## 2.

Der wichtigste Gewährsmann für die Behauptung, dass Sinneseindrücke allein keine Kenntnisse vermitteln, ist Wilfrid Sellars. Ein geeigneter Ausgangspunkt für die Diskussion der speziellen Frage, um die es hier geht, ist ein Absatz aus dem Werk *Expressive Vernunft* (Originaltitel *Making it Explicit*) von Robert B. Brandom:

„In seinem Meisterwerk »Empiricism and the Philosophy of Mind« beutet Sellars diese Konsequenz seiner Einsicht in die Signifikanz inferentieller Verknüpfungen für den Begriffsgebrauch aus, und zwar auch für Fälle responsiver Klassifikation: Nichtinferentielle Berichte, durch die Wahrnehmungszustände explizit gemacht werden, können keinen selbständigen, unabhängig von anderen Bereichen verständlichen Bereich der Sprache bilden. Beobachtungsberichte haben zwar einen gewissen Vorrang bei der Rechtfertigung empirischer Behauptungen, nicht aber beim Verstehen. Da zum Wissen nicht nur Rechtfertigung, sondern auch Begreifen oder Verstehen des gerechtfertigten Inhalts gehört, kann es kein Beobachtungswissen ohne Inferenz geben. Man kann keine reine Beobachtungssprache oder Beobachtungsbegriffe haben und dann fragen, ob die Entscheidung, ihnen einen inferentiellen Überbau zu verpassen, rational oder zu rechtfertigen ist. Der Fels, auf den der erkenntnistheoretische Fundamentalismus baut, ist dementsprechend seine Unfähigkeit zu erklären, was es heißt, die Signifikanz von Elementen der beobachtungsgestützten Rechtfertigungsbasis zu verstehen. Denn um einen Begriff nichtinferentiell anwenden zu können, um unterscheidend auf nichtsprachliche Reize zu reagieren, muß man andere Begriffe inferentiell anwenden können. Nur wenn die Reaktion eine solche inferentielle Signifikanz hat, ist sie begrifflich gehaltvoll. Der Gedanke eines autonomen Sprachspiels (oder Menge von Praktiken der Begriffsanwendung), in dem nur nichtinferentielle Berichte (und sei es auch über rein mentale Ereignisse) vorkommen, geht komplett in die Irre.“

Sellars bestreitet mithin nicht die Möglichkeit nichtinferentieller Berichte, durch die Wahrnehmungszustände explizit gemacht werden, und weist ihnen sogar eine bestimmte Funktion als beobachtungsgestützte Rechtfertigungsbasis zu. Die Behauptung, dass man den Inhalt nicht ohne Inferenzen verstehen kann, wird man rein formal immer verteidigen können, denn zum vollständigen Verstehen gehört auch die widerspruchsfreie Verknüpfung mit dem vorhandenen Wissen. Doch das schließt nicht aus, dass sich das Verstehen bisher unbekannter Sachverhalte auf die reinen, nichtinferentiellen Beobachtungsberichte stützt und die inferentiellen Verknüpfungen lediglich der Einordnung des neuen Wissens in das vorhandene dienen. Dann macht nicht das vorhandene Wissen die reinen Beobachtungsberichte verständlich und es ist sogar möglich, dass das aus den reinen Beobachtungsberichten gewonnene neue Verständnis das vorhandene Weltbild nicht unwesentlich verändert. Dass Sellars das nicht bemerkt hat, liegt auch daran, dass er sich nirgends in seinen Schriften damit befasst hat, was nichtinferentiellen Berichten über umfangreiche Serien systematisch variiertes und vielfach überprüfter Beobachtungen tatsächlich entnommen werden kann. Daher konnte er weder die Grundlage der empirischen Wissenschaften finden noch die Art des Wissens dieser Wissenschaften richtig bestimmen. Seine Argumente treffen die empirischen Wissenschaften gar nicht.

### 3.

Die gesamte Entwicklung der Physik seit Galilei bis in die Gegenwart beruht auf der Methode der Gewinnung eines neuen Verständnisses durch die geistige (rationale, vorwiegend mathematische) Verarbeitung großer Mengen nichtinferentieller und damit nicht durch Interpretationen auf der Grundlage des vorhandenen Wissens mit Vorurteilen belasteter Beobachtungsberichte. Das dadurch erlangte neue Verständnis bezog sich immer nur auf Zusammenhänge (Abhängigkeiten), zunächst zwischen Sinneseindrücken, die gleichzeitig vorhanden sind oder unmittelbar aufeinanderfolgen, später auch solchen, die in einer beliebigen räumlichen und zeitlichen Relation zueinander stehen. Etwas anderes ist aus Mengen von Sinneseindrücken nicht herauszulesen und durch Beobachtungen nicht zu erfahren.

Von Zusammenhang oder Abhängigkeit spricht man dann, wenn die betreffende Kombination bei der Wiederholung gleichartiger Beobachtungen nicht nur zufällig, sondern regelmäßig auftritt. Abhängigkeit ist mithin nicht durch eine einmalige Beobachtung oder eine geringe Zahl von Beobachtungen festzustellen. Der hier anzuwendende Begriff von Zusammenhang oder Abhängigkeit beinhaltet (und fordert) weder das Vorhandensein noch den Nachweis eines kausalen Zusammenhangs und auch keine ausnahmslose Bestätigung. Die mathematische Informationstheorie, die für die Beantwortung der Frage zuständig ist, was Signalmengen unbekannter Bedeutung an Erkenntnissen entnommen werden kann, definiert den Grad dieser Abhängigkeit als *signifikante Abweichung vom reinen Zufall*.

Das Neue bei Galilei war nicht, dass er sich auf Beobachtungen stützte und die Mathematik zu Hilfe nahm. Das Neue war, dass er nicht *Dinge* beobachtete – Kugeln, schiefe Ebenen usw. –, sondern *Abhängigkeiten* feststellte. Er benutzte Kugeln und schiefe Ebenen und musste sie natürlich zur Kontrolle genauer betrachten. Die mit diesen Kugeln angestellten Beobachtungen bezogen sich aber nicht auf die Eigenschaften der Kugeln, sondern darauf, ob zwischen unterschiedlichen Parametern der Versuche bei häufiger Wiederholung irgendwelche Beziehungen festgestellt werden konnten. Die Kugeln und schiefen Ebenen waren künstlich hergestellte Hilfsmittel für die Untersuchungen und nicht Naturobjekte, deren Eigenschaften und deren Beziehungen zu anderen Objekten durch Beobachtungen geklärt werden sollten. Die gesuchten Erkenntnisse betrafen nicht die Kugeln, sondern die Frage, wie zufällig eigentlich das Weltgeschehen ist. Ob das Galilei selbst schon so sah oder nicht, ist nur von historischem Interesse.

Für die umfassende Beantwortung der Frage nach der Zufälligkeit des Weltgeschehens waren die Ergebnisse der Versuche Galileis nur ein kleines, für sich ziemlich unbedeutendes Mosaiksteinchen. Doch indem man diesen Weg fortsetzte, immer mehr Zusammenhänge fand und diese immer genauer untersuchte, gelangte man zu dem heutigen beeindruckenden Weltbild der Physik.

Wie kann aber ein Weltbild mit vielen neuen, theoretische Entitäten allein auf der Feststellung von Zusammenhängen aufgebaut werden? Wie eindeutig ist dieses Weltbild durch die nachgewiesenen Zusammenhänge bestimmt und welche Freiheiten bestehen bei seiner Ausgestaltung, insbesondere auch bezüglich der Definition theoretischer Entitäten? Diese Fragen sind nur mathematisch zu klären. Das wichtigste Hilfsmittel dafür ist die mathematische Informationstheorie. Mit ihrer

Hilfe kann man zweierlei zeigen: (1) Die Bestimmung von Abhängigkeiten ist kumulativ. Jede unter speziellen Bedingungen gefundene Abhängigkeit ist und bleibt ein notwendiger Bestandteil der Bestimmung des gesamten Abhängigkeitsgefüges. (2) Die Definition der Entitäten folgt aus einer Optimierung der symbolischen (sprachlichen und mathematischen) Darstellung des gefundenen Abhängigkeitsgefüges..

#### 4.

Die großen Fortschritte der Physik im 19. Jahrhundert sind vor allem eine Frucht der so genannten Mathematisierung. Bei dieser handelt es sich nicht darum, neuen Erkenntnissen ein mathematisches Mäntelchen umzuhängen oder diese durch die Verwendung von Formeln kompakter darzustellen. Werden Beobachtungsergebnisse mit Hilfe der rein apriorischen Wissenschaft Mathematik ausgewertet, so sorgt das automatisch dafür, dass nur die reinen Beobachtungsergebnisse und keine Inferenzen aus dem Vorwissen in die Ergebnisse eingehen. Praktisch sieht das so aus, dass die Grundlage der mathematischen Auswertung *nur die* bei Versuchsreihen gewonnenen *reinen Zahlenwerte* sind und weder die physikalischen Größen, auf die sie sich beziehen noch die verwendeten Maßeinheiten eine Rolle spielen. Diese reinen Zahlenwerte bilden das reine Beobachtungsergebnis, denn sie sind das einzige, was vor den Beobachtungen nicht bekannt war. Sie sind das, was die mathematische Informationstheorie untersucht: ein *Informationsstrom*, d. h. eine Folge geordneter n-Tupel von Symbolen unbekannter Bedeutung. Diese Eigenschaft hat übrigens schon die Menge der elementaren Sinneseindrücke.

Das einzige, was man einem Informationsstrom entnehmen kann, ist seine innere Ordnung, sofern eine solche besteht. Das Maß für diese innere Ordnung ist die Abweichung von einer rein zufälligen Folge von Symbolen. Dieses Maß und die Art der Ordnung lassen sich nur schrittweise bestimmen, indem man immer längere Folgen von Symbolen (oder allgemeiner n-Tupeln von Symbolen) aus derselben Quelle oder gleichen Quellen analysiert. Dabei kann man – sofern eine solche besteht – immer mehr Ordnung aufdecken. Zwischen der erkannten inneren Ordnung und der Möglichkeit von Voraussagen über die zu erwartende Fortsetzung eines erhaltenen Informationsstroms besteht ein enger Zusammenhang. Findet man keine innere Ordnung, dann ist auch keine Voraussage möglich.

Das Mittel für die Aufdeckung der inneren Ordnung des Zahlenmaterials ist die Mathematisierung. Diese setzt voraus, dass es gelingt, die durch umfangreiche Beobachtungsreihen gefundenen Abhängigkeiten auf einfache Regeln zurückzuführen. Diese werden dann zu den Axiomen des mathematischen Kalküls, der den untersuchten Phänomenbereich beschreibt. Ist dieser Kalkül im Repertoire der Mathematik schon vorhanden, so ist er nur noch anzuwenden und evtl. etwas anzupassen. Das entspricht dann dem, was sich viele unter Mathematisierung vorstellen. Nicht selten und vor allem in den Fällen, die die Physik große Schritte voranbrachten, fand man Regeln, deren mathematische Konsequenzen zuvor noch nicht untersucht worden waren. Um die Versuchsergebnisse zu verstehen, musste ein neuer Kalkül, ein neues Spezialgebiet der Mathematik begründet und ausgearbeitet werden. Im Rahmen der Wissenschaftstheorie wurde diese Verbindung der Entwicklung der Physik mit der Entwicklung der Mathematik, die so

eng ist, dass die eine ohne die andere gar nicht verständlich ist, bisher noch nicht näher untersucht.

Die Ausarbeitung eines neuen Kalküls für die Mathematisierung des Zahlenmaterials umfasst zwei Arbeitsgänge: (1) die Auffindung von Regeln und (2) die Untersuchung aller Konsequenzen dieser Regeln. Das erste ist die Aufgabe des Theoretikers, das zweite die des Mathematikers. Das ist natürlich sehr vereinfacht. Der Theoretiker, der mit seinen Überlegungen vorankommen will, muss dem Mathematiker immer ins Handwerk pfuschen. Die passenden Regeln sind nur durch Probieren zu finden, wobei immer wieder die Konsequenzen bedacht werden müssen. Dabei erfindet der Theoretiker nicht selten eine Mathematik, die dem Mathematiker die Haare zu Berge stehen lässt. Danach sind Generationen von Mathematikern damit beschäftigt, das alles in Ordnung zu bringen und auf eine solide mathematische Grundlage zu stellen. So bildete sich bei den Mathematikern die Meinung, man könnte die Physik auf eine sichere Grundlage stellen, wenn man von Beginn an die strengen Prinzipien mathematischer Beweisführung einhalten würde. Das war der Ausgangspunkt einer angesehenen wissenschaftstheoretischen Schule, deren methodische Prinzipien in der Wissenschaftstheorie mehr Beachtung verdienten. Der Fehler dieser Schule besteht jedoch darin, dass ihre Anhänger nach wie vor der falschen Doktrin Glauben schenken, es sei grundsätzlich nicht möglich, die theoretischen Begriffe der Physik aus Beobachtungsergebnissen herzuleiten, womit sie sich den Weg zu einem Verständnis der Grundlagen und des Wesens der Physik selbst versperren.

## 5.

Nach der hier vertretenen These sind an der Front der physikalischen Forschung nicht die Inferenzen die Quelle des Verstehens nichtinferentieller Beobachtungsberichte, wie Sellars und Brandom meinen, sondern die gewöhnlich als Mathematisierung bezeichnete und immer wieder die Ausarbeitung neuer mathematischer Kalküle erfordernde mathematische Analyse des durch systematische Beobachtungen und Messungen erhaltenen, durch keine Inferenzen erklärten und belasteten Zahlenmaterials. Die Entwicklung der Physik bestätigt diesen Ablauf in vielfältiger Weise. Eine ausführliche und fundierte Grundlage für diesbezügliche Untersuchungen bildet das zweiteilige Werk *Geschichte der physikalischen Begriffe* (1987 und 1989) des Physikers Friedrich Hund (1896-1997). Belege für die hier vertretene These sind auch in der wissenschaftstheoretischen Literatur zu finden. Ian Hacking erwähnt in seiner *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften* (1996, Originaltitel *Representing and Intervening* 1983), Norwood Hanson habe „ein seltsames Merkmal neuer Ansätze in den Naturwissenschaften festgehalten“: „Zunächst wird die Idee nicht als buchstäbliche Wiedergabe des So-seins der Welt, sondern hauptsächlich als Rechenverfahren vorgeschlagen.

Spätere Generationen gelangen dann dahin, die Theorie und ihre Entitäten in zunehmend realistischer Weise zu deuten.“ Wenn man sich im klaren darüber ist, dass die reine Information aus der Welt (die Peter Kosso in *Reading the Book of Nature* 1992 wegen der so genannten Theoriebeladenheit noch als „unavailable“ bezeichnet) nur in den Zahlenwerten und ihren gegenseitigen Beziehungen besteht, ist dieses Merkmal gar nicht mehr merkwürdig. In seiner Kritik des Strukturenrealismus unter dem Titel *Structure: Its Shadow and Substance* (2006)

beschreibt Bas van Fraassen ein Hin- und Herschwanken der Physiker zwischen „reification and structuralism“, wobei der Strukturalismus die mathematische Struktur in den Vordergrund rückt. Van Fraassen sieht allerdings nicht und kann aus seiner Position heraus auch nicht sehen, dass es eine gerichtete Entwicklung von der mathematischen Struktur zur realistischen Interpretation gibt, weil ihm wie auch den Vertretern des Strukturalismus der hier anzuwendende, informationstheoretisch begründete Strukturbegriff und damit die Quelle der Strukturkenntnisse unbekannt sind.

Wie sich nach vielen Versuchen einer Interpretation von Beobachtungsergebnissen mit Hilfe bekannter Begriffe und Vorstellungen letztlich doch die unvoreingenommene „Mathematisierung“ des Zahlenmaterials durchsetzt und zu einer neuen, in sich geschlossenen Theorie führt, beschreibt der Mathematiker und Physiker James Hopwood Jeans (1877-1946) sehr eindrucksvoll im Kapitel VI, *FROM APPEARANCE TO REALITY - THE NEW QUANTUM THEORY* seines Buches *PHYSICS AND PHILOSOPHY* (1943). Bei der Quantentheorie wird besonders deutlich sichtbar, dass die empirischen und theoretischen Begriffe, mit denen die Ergebnisse der Beobachtungen beschrieben und zunächst interpretiert werden, nicht die Grundlage für die neue Theorie und ihre Begriffe sind. Feyerabends Meinung, dass der empirische Gehalt aller Theorien im Laufe ihrer Weiterentwicklung infolge der Theoriebeladenheit aller Beobachtungen ständig abnimmt, ist somit völlig unbegründet. Auch die Tatsache, dass wir trotz aller anhaltenden Interpretationsschwierigkeiten eine funktionierende Quantentheorie haben, die die Basis aller unserer heutigen Kenntnisse über den mikroskopischen Aufbau der Stoffe ist, welche ihrerseits die Grundlage vieler neuer, zuvor undenkbarer Technologien von globaler Bedeutung bildet, erhärtet die These vom Primat der Mathematisierung des reinen Zahlenmaterials für die Weiterentwicklung der Physik und des Verständnisses für die Naturvorgänge.

Sehr aufschlussreich ist in diesem Zusammenhang eine Passage aus dem Buch: *Wahrscheinlichkeit und Struktur* (1978) von J. V. Sackov: „Der amerikanische Physiker F. DYSON berichtet beispielsweise darüber, daß er dabei eine Beobachtung gemacht hat, die ihm auch aus seinem eigenen Studium erinnerlich ist. »Die Studenten durchlaufen mehrere Stadien des Verständnisses. Der Student lernt zunächst Rechnungen in der Quantenmechanik auszuführen und richtige Resultate zu bekommen, berechnet den Wirkungsquerschnitt von Neutronenstreuungen an Protonen u. ä. – Das ist das erste Stadium. Dieses ist relativ einfach zu durchlaufen. Danach beginnt das zweite, in dem er sich damit zu quälen anfängt, daß er nicht versteht, was er tut. Er leidet darunter, daß er über kein klares physikalisches Bild verfügt. Er verliert sich völlig in Versuchen, eine physikalische Erklärung für jedes mathematische Verfahren zu finden, das er erlernt hat. Er arbeitet außerordentlich angestrengt und verzweifelt immer mehr. Es scheint ihm, daß er ganz einfach nicht imstande ist, klar zu denken ... Danach beginnt völlig unerwartet ein drittes Stadium. Der Student sagt sich: ‚Ich verstehe die Quantenmechanik‘ bzw. kurze Zeit später: ‚Ich verstehe jetzt, daß es hier nichts Besonderes zu verstehen gibt.‘ Die derart unbestimmten Schwierigkeiten sind auf geheimnisvolle Weise verschwunden. Dabei handelt es sich darum, daß der Student es gelernt hat, unmittelbar und unbewußt in der Sprache der Quantenmechanik zu denken und aufgehört hat, alles mit Hilfe von klassischen Vorstellungen verstehen zu wollen.“

## 6.

Umfangreiche Messungen und die Anwendung mathematischer Methoden galten seit jeher als die Kennzeichen der „exakten“ Naturwissenschaften. Die epistemische Bedeutung dieser Kombination von Messung und Rechnung, die ihren äußeren Ausdruck auch in der Koevolution von Physik und Mathematik fand, sah man in der Wissenschaftstheorie noch nicht und konnte sie auch nicht sehen. Erst die gründliche Beschäftigung mit der mathematischen Informationstheorie im Zusammenhang mit ihrer unkonventionellen Anwendung auf physikalische Probleme ließ erkennen, welchen Informationsgehalt das *reine Zahlenmaterial* hat und dass dieser Informationsgehalt zugleich die Grundlage für eine optimale Begriffsbildung ist.

Zu akzeptieren, dass das reine Zahlenmaterial ohne Berücksichtigung der physikalischen Größen und Maßeinheiten die Quelle neuer Erkenntnisse ist, fällt sicherlich vielen nicht leicht, besonders auch Physikern, die noch nicht aus dem Rahmen dessen herausgekommen sind, was Thomas Kuhn in der *Struktur wissenschaftlicher Revolutionen* normale Wissenschaft nannte. (Der Physiker Steven Weinberg bemerkte in seiner Kritik *The Revolution That Didn't Happen*, ihn habe vor allem Kuhns Darstellung der normalen Wissenschaft beeindruckt, weniger hingegen das, was in der breiten Öffentlichkeit Kuhns Ruf begründete.) Tatsächlich ist aber der Weg vom reinen Zahlenmaterial zu neuen Erkenntnissen gar nicht so exotisch, wie es zunächst scheint. Auch die menschlichen Sinne nehmen nichts weiter auf als große Mengen von Signalen unbekannter Bedeutung, die sich nur in ihrer Intensität – einer durch Zahlen auszudrückenden Eigenschaft – unterscheiden. Heute kann man das sogar technisch realisieren. Was wir als Basis der theoretischen Begriffsbildung herausgefunden haben, entspricht mithin völlig dem, was wir mangels anderer Erkenntnisquellen notgedrungen als Basis der natürlichen Begriffsbildung ansehen müssen.

Natürliche und theoretische Begriffsbildung beruhen zwar auf gleichartigen Grundlagen, diese unterscheiden sich aber in quantitativer Hinsicht: Die von den Sinnesorganen gelieferte Information bewegt sich im Bereich der Gigabyte, die für die Weiterentwicklung von Theorien bedeutsamen Messungen liefern hingegen nur Information im Bereich der Kilo- bis Megabyte, d. h. weniger als ein Promille der durch die Sinne erhaltenen Information. Die Entwicklung und Weiterentwicklung von Theorien ist daher nur möglich, wenn sehr viele Menschen über Ländergrenzen und Generationen hinweg koordiniert und kontinuierlich daran arbeiten.

Der zweite Unterschied besteht darin, dass die Theorie in Bereiche vordringt, die der natürlichen Begriffsbildung verschlossen bleiben, wobei sie sich aber auf die natürliche Begriffsbildung stützen muss. Für diesen Sachverhalt liefert die maschinelle Rechentechnik ein anschauliches Modell: die immer bestehende Möglichkeit der Emulierung der Funktionen eines komplizierteren Prozessors durch einen einfachen Prozessor in Verbindung mit einer zusätzlichen Speicherung von Zwischenergebnissen bei einer Vervielfachung des Zeitaufwands. Der einfache Prozessor entspricht hier dem Nervensystem, das den sensorischen Input verarbeitet, und die Auslagerung von Zwischenergebnissen den Versuchsprotokollen und der Fachliteratur. Emuliert wird eine Intelligenz, die aus dem sensorischen Input

wesentlich mehr an Erkenntnissen herausholt, als es dem einzelnen Menschen oder einer kleinen Gruppe möglich ist.

## 7.

Die Anfänge der Wissenschaft lagen dort, wo Menschen begannen, sich systematisch Aufzeichnungen zu machen, um daraus abzulesen, was ihnen sonst verborgen geblieben wäre. Das macht man auch heute noch immer wieder. Galilei wandte dieses Verfahren auch dort an, wo man bis dahin meinte, mit Beobachtungen allein alles erfassen zu können, was sich überhaupt erfassen lässt. Dabei erkannte er die Notwendigkeit der Mathematik für das Verstehen der Aufzeichnungen.

Die Ausrichtung der Naturforschung auf die Aufdeckung von Abhängigkeiten durch Reihen systematischer Beobachtungen und die mathematische Auswertung der Ergebnisse erwies sich als außerordentlich erfolgreich. Eines der herausragenden Beispiele ist die von verschiedenen bekannten, aber unverständenen Erscheinungen ausgehende Entdeckung der bis dahin völlig unbekanntem Welt des Elektromagnetismus. Der Erkenntnis, zu der man durch die Aufdeckung von Abhängigkeiten gelangen konnte, schienen aber Grenzen gesetzt, die am Ende des 19. Jahrhunderts namhafte Physiker für unüberschreitbar hielten. Was man später „Struktur der Materie“ nannte, glaubte man mit dieser Methode nicht erforschen zu können. Die Physik war damals eine reine Kontinuumsphysik. Die Verwendung der Atomhypothese zur Erklärung der gefundenen Abhängigkeiten in der Chemie und – als kinetische Theorie der Gase – in der Thermodynamik sah man als ein erlaubtes heuristisches Hilfsmittel an, als ein gedankliches Gerüst zur Herleitung des passenden Formalismus, das aber wieder abzuberechnen sei, wenn es seinen Dienst getan habe.. Dass noch am Ende des 19. Jahrhunderts Ludwig Boltzmann seine für viele schwer durchschaubaren Berechnungen, in denen wir heute eine wichtige Vorarbeit für die Entdeckung des Wirkungsquants erkennen, auf die Atomhypothese gründete, wurde ihm als anachronistisch und unwissenschaftlich angekreidet.

Am Ende des 19. Jahrhunderts hatte die Physik das „Inventar der Welt“ noch nicht durch neue, in Raum und Zeit lokalisierbare Objekte bereichert. Es gab den Begriff der elektrischen Ladung, aber noch nicht das Elektron, den Begriff der elektromagnetischen Welle, aber noch nicht das Photon. Die Physik hatte sich ja nach Galilei nicht auf den Weg gemacht, nach neuen Bausteinen der Welt zu suchen, sondern Abhängigkeiten zu untersuchen. Was man dabei fand, waren nur mathematisch beschreibbare Abhängigkeitsgeflechte. Dass und wie man auf diesem Wege Kenntnisse über die Struktur der Welt im Sinne des Aufbaus aus elementaren Objekten erlangen könnte, war nahezu undenkbar und unvorstellbar. Und es gelang doch, allerdings mit einem erheblichen mathematischen Aufwand.

Nur wenige Jahrzehnte später hatte die Physik unserem Weltbild viele Arten raumzeitlich lokalisierbarer Elemente mit endlicher Masse, Energie, Ladung usw. hinzugefügt. Wie lang der Weg dahin war und über welche Vorstufen er führte, war jedoch kaum bekannt. Paul Feyerabend war einer der wenigen Philosophen, die sich damals mit dieser Thematik befassten. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen zur Ideen- und Wissenschaftsgeschichte fasste er 1965 in der Schrift *Problems of Empiricism, Part I* zusammen. deren deutsche Übersetzung 2002 veröffentlicht wurde.



Nach Feyerabend sind drei geschichtliche Formen des Empirismus zu unterscheiden: (1) der Aristotelismus, (2) der Empirismus des siebzehnten, achtzehnten und neunzehnten Jahrhunderts und (3) der Empirismus der mit der Quantentheorie beginnenden modernen Physik. Die letzte Form sei der ersten ähnlich. Die zweite sei jedoch durch eine Art Schizophrenie gekennzeichnet. Er bezichtigte ihre Vertreter der Doppelzüngigkeit, weil sie behaupteten, sich nur auf die Erfahrung und Beobachtungen zu stützen, tatsächlich jedoch ihre Theorien auf allgemeine Grundsätze und Annahmen gründeten. Als Beispiel nannte er Einstein, der bei der Ausarbeitung der Relativitätstheorie nicht, wie es sich nach Feyerabends Ansicht für einen Empiristen gehörte, von Tatsachen wie den Ergebnissen des Michelson-Morely-Experiments ausging, sondern von den Grundsätzen der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und der Relativität. Feyerabend berücksichtigt bei seiner Kritik in keiner Weise, dass diese Grundsätze das Ergebnis der Zusammenfassung unzähliger Beobachtungen sind. Schon die theoretische Auswertung der Messergebnisse bezüglich der Kräfte zwischen elektrischen Ladungen, der Magnetfelder stromdurchflossener Leiter und der Induktion elektrischer Spannungen und Ströme durch ein veränderliches oder bewegtes Magnetfeld führt auf eine Naturkonstante der Größe der Lichtgeschwindigkeit, ohne dass man von der Möglichkeit elektromagnetischer Wellen schon etwas zu wissen braucht. Das ist eine verlässlichere empirische Basis, als es beobachtete *Tatsachen* mit ihrer vielfältigen Theoriebeladenheit je sein könnten.

## 8.

Die Theorie der Herleitung neuer Begriffe aus Beobachtungsergebnissen betrifft die Grundlagen der Wissenschaftstheorie. Sie berührt jedoch auch die Sprachphilosophie.

In der Annahme, die Begründung von Begriffen durch reine Beobachtungsergebnisse sei prinzipiell unmöglich, hat sich die Sprachphilosophie auf Untersuchungen über den Erwerb der Begriffe einer Sprachgemeinschaft durch die Analyse des Gebrauchs und die Weiterentwicklung der Begriffe bei der Anwendung beschränkt. Grundlage ist immer das vorhandene Begriffssystem. Erfahrungen, die in eine Begriffsexplikation eingehen, dienen nur zur Präzisierung und Korrektur vorhandener Begriffe und zur Einführung zusätzlicher oder zweckmäßigerer Unterscheidungen.

Weil man die Möglichkeit der Herleitung neuer Begriffe aus den bei systematischen Versuchen erhaltenen Mengen reiner Messwerte noch nicht kannte, versuchte man die Begriffsbildung in den Naturwissenschaften mit den vorgenannten Methoden zu erklären. Einige Philosophen waren der Meinung, es wäre für Naturwissenschaftler an der vorderen Front der Forschung sehr hilfreich, von der Philosophie etwas über die Begriffsarbeit zu lernen. In einem relativ umfangreichen Werk mit dem Titel *Science and Metaphysics – Variations on Kantian Themes* (1968) hat Wilfrid Sellars die Einführung völlig neuer Begriffe durch die Ansammlung von Korrekturen zu erklären versucht. Seine im übrigen sehr abstrakten Gedankengänge halten aber einer Überprüfung durch Vergleiche mit der Bildung neuer Begriffe in den Naturwissenschaften nicht Stand.

## 9.

Nicht selten wird fälschlicherweise jede Herleitung von Regeln aus Beobachtungen schon als Induktion bezeichnet. Daher ist eine Klarstellung nötig. Induktion ist ihrem Wesen nach der Schluss vom Beobachteten auf unter bestimmten Bedingungen zu erwartende Beobachtungen. Wenn man in einer großen Zahl von Beobachtungsergebnissen nach Regelmäßigkeiten sucht und findet, so sind das gültige Aussagen über das Beobachtete; es ist keine Induktion. Selbst die Interpolation und Extrapolation von Funktionsverläufen ist nichts weiter als die Anwendung gängiger mathematischer Methoden, so lange daran nicht die Erwartung geknüpft wird, das Berechnete unter entsprechenden Bedingungen tatsächlich zu beobachten.

Die Anwendung vorhandener Kenntnisse – welcher Art sie auch sein und woher sie auch stammen mögen – auf künftig zu Erwartendes beinhaltet immer einen Induktionsschluss. Das gilt selbst dann, wenn es sich nur um die Erwartung der gleichen Beobachtung handelt, wie man sie unzählige Male zuvor machte. Auch die Anwendung der so genannten hypothetisch-deduktiven Methode beseitigt die Notwendigkeit der Induktion bei der Weiterverwendung ihrer Ergebnisse nicht. Ihr einziger „Nutzen“ besteht darin, dass sie diese Notwendigkeit aus dem Denken verdrängt und hilft, sie zu verschweigen.

6.11.2010

Anschrift des Verfassers:

Dr. H.-J. Mascheck  
Friedlieb-Ferdinand-Runge-Str. 11  
16303 Schwedt (Oder)

<http://www.h-j-mascheck.de>