

Medientheorie im epistemischen Übergang  
Hermann Weyls Philosophie der Mathematik und  
Naturwissenschaft und Ernst Cassirers Philosophie der  
symbolischen Formen im Wechselverhältnis

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades des Doctor  
philosophiae an der Fakultät Medien der Bauhaus-Universität  
Weimar vorgelegt von Nils Röller, geboren in Wilhelmshaven.

## INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung:	4
Die “neue Grundlagenkrise der Mathematik”, 9 - Wortgefechte, Putsch und Polizeibüro, 13 - Erkenntnistheorie, 17 - Epistemische Übergänge, 19 - Medientheoretisches Vorverständnis, 21 – Wechselverhältnis, 27.	
Erstes Kapitel: Synthesen	32
Substanz und Funktion, 34 - Raum und Zeit, 41 - Synthesis in der <u>Philosophie der symbolischen Formen</u> , 46 - Zahlwort und Zahlbegriff, 51 - Rückschritt oder Vollendung? 55 - Medien, 57 – Wortwechsel, 61.	
Zweites Kapitel: Zwiespalt	67
Proteus, 68 - Zwiefältigkeit, 74 - Konstruktion, 78 - Schnitte im Seienden, 80 - Mathematische Intuition und lebendige Anschauung, 83 - Schatzsuche: Medium des freien Werdens, 89 - Maschinenlauf im argumentativen Gebrauch, 93 - Medienkunde, 101.	
Drittes Kapitel: Anwendung	106
Geometrien, 107 – Kontaktstellen, 114 - Methode und Begriff, 117 - Funktion und Aussenwelt, 119 - Orte der Mischung, 121 - Der Bereich des Subjekts, 124 – Medienkunde, 129.	

Viertes Kapitel: Wechselverhältnis	134
Kontingenz, 140 - Stilfragen, 145 - Existenzphilosophische Aspekte, 155 - Zum Computer, 157 - Medienkunde, 162 - Diskursive Bruchstellen, 171.	
Fünftes Kapitel: Wirkungen	174
Technisches Sein, 180 - Experimentelle Epistemologie, 185 - Differenzen und reine Mittel, 191 – “Mediale Methode”, 199.	
Literaturverzeichnis	208
Eidesstattliche Erklärung	219

## EINLEITUNG

In der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts wird das Wort Medium in Zusammenhängen verwendet, die den heutigen Leser verblüffen, der unter Medien technische Geräte zur Generierung, Übermittlung, Empfang und Speicherung von Informationen versteht. Der Mathematiker Hermann Weyl nennt das Kontinuum der reellen Zahlen ein "Medium des freien Werdens", der Philosoph Ernst Cassirer versteht symbolische Formen als Medien und damit als "Lichtquellen", die so heterogene Literaturen wie die Mythenforschung, die Sprachgeschichte und die Theorie der exakten Wissenschaften als einen zusammenhängenden Gegenstand der Kulturwissenschaft erscheinen lassen, und Hermann Broch, der Philosoph und Dichter, betrachtet das Kapitel "Anna Livia Plurabelle" in Finnegans Wake als Beispiel für eine "Einheit" von Darstellungsobjekt und "Darstellungsmedium". Diese Formulierungen sind Indizien eines epistemischen Übergangs, d.h. eines Wandels grundlegender wissenschaftlicher Kategorien, z.B.

von Substanz, Funktion, Wirklichkeit und Möglichkeit. Dieser Wandel kann exemplarisch in den philosophischen Schriften des Mathematikers Hermann Weyl abgelesen werden. Eine Analyse seiner schriftlichen philosophischen Äusserungen zur Theorie des mathematischen Kontinuums erarbeitet zugleich die Grenzen der Vermittelbarkeit zwischen philosophischen Begriffen und mathematisch-physikalischer Forschung. Weyls produktivste Phase fällt in die Zeit des Grundlagenstreits, der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik, an deren Diskussionen Weyl als Mathematiker mit eigenen Interpretationen teilnahm. Weyl hat zudem Aufsätze, populäre Vorträge und Monographien hinterlassen, die sich explizit an ein nicht mathematisches Publikum wenden und in Organen der akademischen Philosophie veröffentlicht wurden. Neben den umfangreichen

Veröffentlichungen zur Mathematik und theoretischen Physik und neben drei Monographien<sup>1</sup> weist eine von Weyl selbst erstellte Literaturliste in den Selecta<sup>2</sup> sieben Schriften als philosophisch aus. Hinzukommen Einleitungen zu den Schriften Raum, Zeit, Materie<sup>3</sup> und Das Kontinuum<sup>4</sup>, in denen Weyl den Zwiespalt zwischen philosophischer Betrachtung und wissenschaftlicher Handlung thematisiert. Die Schriften untersuchen das Verhältnis des mathematischen Symbolismus zur Wirklichkeit und Wahrheit. Sie sind damit erkenntnistheoretischen Fragen gewidmet. Frappant sind Weyls Bemerkungen über die Unvereinbarkeit der “philosophischen Klärung” mit dem “dogmatischen” Verfahren der Einzelwissenschaften<sup>5</sup> und seine Kritik an der “rohen und oberflächlichen Verquickung” von formalen methodischen Vorgehen und sinnlichen Bezügen, die unter “Mathematikern immer noch grosses Ansehen geniesst”.<sup>6</sup> Das versetzt ihn in die als quälend<sup>7</sup> empfundene Situation, formal exakt zu argumentieren und dabei “doch philosophischen Fragen nicht aus dem Wege” zu gehen.<sup>8</sup>

Der Mathematiker war der harschen Kritik seiner berühmteren Kollegen Hilbert und Einstein ausgesetzt. Im Bemühen um Ausgleich zwischen kritischen Positionen ändert er zeitweilig die Richtung seiner Gedankengänge, so dass auch seine Auffassung

---

<sup>1</sup> Darunter die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft. München 1966 (EA München 1926); The open world. New Haven 1932; Symmetrie. Basel 1955 (EA Princeton 1951).

<sup>2</sup> Weyl, Hermann: Selecta. Hrsg. von ETH Zürich und dem Institute for Advanced Studies in Princeton. Basel/Stuttgart 1956.

<sup>3</sup> Weyl, Hermann: Raum, Zeit, Materie - Vorlesungen über eine allgemeine Relativitätstheorie. Berlin 1918.

<sup>4</sup> Weyl, Hermann: Das Kontinuum. Kritische Untersuchungen über die Grundlagen der Analysis. Leipzig 1918.

<sup>5</sup> Raum, Zeit, Materie, S. 2.

<sup>6</sup> Das Kontinuum, S. IV.

<sup>7</sup> So schreibt Weyl vertraulich: “Es ist direkt eine Tortur gezwungen zu sein, sich in diesen Dingen schriftlich festzulegen, und ich werde heilfroh sein, wenn ich die Sache vom Halse los bin. Ich habe es jetzt mal wieder gespürt, wieviel bequemer es ist, eine rein mathematische Arbeit zu schreiben”. Dokument W 91, 594a im Nachlass von Hermann Weyl im Archiv der ETH Zürich. Zitiert nach: Frei, Günter und Stammbach, Urs: Hermann Weyl und die Mathematik an der ETH Zürich 1913-1933. Basel/Berlin 1992, S. 72. Die “Sache” ist die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft und “diese Dinge” sind Forschungen in der Mathematik und Physik.

<sup>8</sup> Das Kontinuum, a.a.O.

vom Kontinuum changiert. Die Debatte zwischen Weyl und Hilbert entzündet sich an der Frage, ob das Kontinuum der reellen Zahlen logisch oder mathematisch zu begründen sei. In der Debatte, der sogenannten Grundlagenkrise der modernen Mathematik, fasst Weyl das Kontinuum als unendlich präzisierbare Möglichkeit, eine reelle Zahl einzuschachteln. Diese Möglichkeit nennt er "Medium des freien Werdens". Dieses Medium scheint nur auf Grund einer radikalen zeichentheoretisch motivierten Differenz zwischen inner- und aussermathematischen Gegenständen eine darstellende Funktion übernehmen zu können. Ob dies nur ein Schein ist oder Bedingung für die Kluft zwischen mathematischer Praxis und der "Kultur"-Aufgabe der mathematischen Naturwissenschaften, kann in einer Analyse des Wechselverhältnis zwischen Weyls und Cassirers Schriften herausgearbeitet werden.

Weyls Schriften werden von Ernst Cassirer in dem Moment zur Kenntnis genommen, da der Philosoph seine Studien zur Erkenntnistheorie der exakten Wissenschaften mit neueren Forschungen der Sprachwissenschaft und Anthropologie in Beziehung setzt und deshalb versucht, einen gemeinsamen Nenner für die unterschiedlichen Ausdrücke von räumlich-zeitlichen Beziehungen in den "afrikanischen und Südseesprachen" und den relativen Raum- und Zeit-Auffassungen der Physik Einsteins zu finden. Cassirer würdigt das mathematische Kontinuum als ausgezeichnete symbolische Praxis und er spricht in der methodischen Einleitung der Philosophie der symbolischen Formen<sup>9</sup> von Medien, die gestatten, heterogene menschliche Zeichenhandlungen in einem bestimmten Focus zu betrachten. Voraussetzung dafür ist Cassirers Kritik an Hegel. Bei Hegel werde die Entwicklung des menschlichen Geistes unter dem Blickwinkel eines "einförmigen Gesetzes" gesehen, dem "Gesetz der dialektischen Methode". In ihr fasse der Geist alles im Begriff.

---

<sup>9</sup>Cassirer, Ernst: Philosophie der symbolischen Formen. Bd. I-III. Darmstadt 1994 (Berlin 1923-1929)[Im folgenden zitiert als PhsF]. M.W. hat der Begriff in den frühen Schriften wie Substanzbegriff und Funktionsbegriff (Berlin 1910) eine untergeordnete Funktion, dies gilt auch noch für Zur Einsteinschen Relativitätstheorie (Berlin 1921).

Dieser sei nicht nur Mittel, um das konkrete Leben darzustellen, sondern auch das „substantielle Element des Geistes selbst“.<sup>10</sup> Fortschrittlich ist für den Philosophen, der vor dem ersten Weltkrieg die Ablösung des Substanzbegriffs durch den Funktionsbegriff<sup>11</sup> dargestellt hatte, nicht die Zergliederung der objektiven Welt in substantielle Elemente, sondern die Bestimmung der vermittelnden Funktion zwischen Geist und Welt. Cassirer sucht nach dem ersten Weltkrieg nach einer Erklärung der Funktion des Symbolischen, die unter Wahrung der Unterschiede heterogene Formen geistiger Artikulation darstellen kann. Die Gefahr der dialektischen Methode sei es, dass diese die „Besonderungen“ jedes Einzelgebietes und die Eigenart seines Prinzips „verwische“. Die Suche nach einem Weg aus dem Dilemma zwischen Vereinheitlichung durch die logische Form, die durch die dialektische Methode vorgegeben werde, und der Besonderung einzelner Gebiete ist gleichbedeutend mit der Suche nach einem „Medium, durch welches alle Gestaltung, wie sie sich in den einzelnen geistigen Grundrichtungen vollzieht, hindurchgeht, und in welchem sie nichtsdestoweniger ihre besondere Natur, ihren spezifischen Charakter bewahrt“.<sup>12</sup> Das Wort Medium ist bei Cassirer Hinweis auf die Möglichkeit von Synthesen zwischen heterogenen Objekten und erkennenden und handelnden Subjekten.

Weyls Gebrauch des Wortes Medium ist abhängig vom Stand der mathematischen Diskussion um die Grundlegung des Kontinuums der reellen Zahlen. Er betont die grundsätzliche Differenz zwischen Zeichen und Bezeichnetem, zwischen dem raum-zeitlichen Kontinuum der Alltagswelt und der mathematisch-physikalischen Auffassung. Kann man mit Recht davon ausgehen, dass die Aussenwelt auch dann kontinuierlich gegeben ist, wenn sie nicht aufmerksam betrachtet wird, so gilt dies nicht für das Kontinuum

---

<sup>10</sup> PhsF I, S. 15.

<sup>11</sup> Cassirer, Ernst: Substanzbegriff und Funktionsbegriff - Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik. Darmstadt 1980 (Berlin 1910).

der konstruktiven Mathematik. Es ist nur im Moment der mathematischen Handlung gegeben. Das Wort Medium ist bei Weyl Indiz der Unvereinbarkeit und der Differenz zwischen der traditionellen Definition von Wahrheit (als Übereinstimmung von Vorstellung und Sache) und einer konstruktiv-operationalen Definition von "Richtigkeit" in der modernen Mathematik. Der Begriff des Kontinuums oszilliert deshalb derart, dass die Grenze zwischen Form und Inhalt fragwürdig wird, so fragwürdig, dass Form und Inhalt wechselnd als Medium oder Botschaft interpretierbar werden.

Das semantische Spektrum des Begriffs des Kontinuums in Weyls Schriften spiegelt eine erkenntnistheoretische Debatte, die Cassirer als Historiker beschäftigt. Die synonyme Verwendung der Worte Medium und Kontinuum bei Weyl stellt diese Untersuchung vor ein zentrales methodisches Problem. Ich vertrete in dieser Arbeit die These, dass Weyls Auseinandersetzung mit der Theorie des Kontinuums einen Wandel wissenschaftlicher Kategorien markiert und zu einer "konstruktiven" Auffassung des Kontinuums führt. Wenn er dieses konstruktive Kontinuum ein "Medium des freien Werdens" nennt, bedient er sich einerseits überlieferten Bedeutungen des Worts "Medium"<sup>13</sup> und verknüpft es mit einer

---

<sup>12</sup> PhsF. I, S. 16f.

<sup>13</sup> Die lateinischen Worte "medius" und "mesus" sind Lehnworte an das griechische "μεσος". Siehe: Walde, A.: Lateinisches Etymologisches Wörterbuch. Neubearbeitet von J.B. Hofmann 2. Bd. Heidelberg 1954, S. 57. Das Lateinisch-Deutsche Handwörterbuch (in zwei Bänden von Heinrich Georges. Achte Auflage. Darmstadt 1988) weist darauf hin, dass "medius" eine Stellung zwischen Extremen unterschiedlicher Natur bezeichnet, z. B. zwischen den Superlativen "infimus" und "supremus" sowie "primus" und "extremus" und den Partizipien "oriens" und "cadens". Im Griechischen bezeichnet das Substantiv "μεσος" auch den mittleren Term im Syllogismus. Es ist derjenige, der eine Verbindung zwischen zwei Argumenten herstellt, der aber in der Konklusion nicht mehr auftaucht. In dem folgenden Syllogismus ist "Mensch" der mittlere Term (gr.: "το μεσος" oder lat. "terminus medius")  
 Prämisse 1: Sokrates ist ein Mensch  
 Prämisse 2: Alle Menschen sind sterblich  
 Schluss: Sokrates ist sterblich. Papes Griechisch-Deutsches Handwörterbuch (Graz 1954) verweist auf eine Stelle bei Herodot, in der eine frühe Verbindung zwischen Mitte und Schnitt artikuliert wird: Der Fluss "Nil ist der Aegypten mitten durchschneidende" (Νειλος μεσην Αιγυπτον σχιζων Her. 2, 17). Zur Relevanz dieser Stelle für die Theorie der Schnittstelle zwischen Menschen und Maschinen siehe Rössler, Otto E.: Das Flammenschwert. Bern 1996, S. 37f. :

konstruktiven Wendung, die erkenntnistheoretisch brisant ist und Cassirers Widerspruch erweckt.<sup>14</sup> Entscheidend für die Herausbildung einer konstruktiven Auffassung vom Kontinuum und damit für eine Wende in der Geschichte des Begriffs des Kontinuums ist die sogenannte mathematische Grundlagenkrise. Die Grundlagenkrise präpariert zugleich einen Wandel in der Geschichte des Wortes “Medium”.

### **Die “neue Grundlagenkrise der Mathematik”**

Unter dem gleichnamigen Titel veröffentlicht Hermann Weyl 1921 einen Aufsatz, der den heftigen Widerspruch seines akademischen Lehrers David Hilbert erregt. Neu ist die Grundlagenkrise im Unterschied zur Krise der griechischen Mathematik; gleichwohl hat die neue Krise eine beinahe hundertjährige Vorgeschichte. Der Streit über die Grundlagen der modernen Mathematik wurde durch die nichteuklidische Mathematik, die Mengenlehre Cantors und die Funktionenlehre im neunzehnten Jahrhundert angebahnt. In der mathematischen Grundlagenkrise (1920-1925)<sup>15</sup> stehen intuitionistisch eingestellte Mathematiker sogenannten Formalisten gegenüber. Einerseits werden die substantiellen Konnotationen des

---

“Das Interface ... ist - beispielsweise - der Schnitt zwischen den roten Kugeln und dem Rest. ... Die Schnittoperation besteht in erster Linie aus einem ‚Fiat’...”. Dieses Zitat verweist auf die grundsätzliche Frage, ob die Mitte zwischen zwei Objekten als Verbindung oder als trennende Differenz gedacht werden kann. In dieser Frage stehen zwei Konzeptionen von Zeichen zur Disposition: eine, die mit Wilhelm von Humboldt und Ernst Cassirer symbolische Artikulationen als Brücke definiert, und eine andere, die eine Spaltung zwischen Zeichen und Welt betont.

<sup>14</sup> PhsF III, S. 449: “So können wir auch nicht mit Weyl das Gebiet der ‚anschauenden Einsicht’ durch einen scharfen Schnitt von dem der ‚theoretischen Gestaltung’ scheiden und das eine dem ‚Wissen’, das andere dem ‚Glauben’ zuweisen”.

<sup>15</sup> Mehrtens grenzt die Grundlagenkrise auf diesen Zeitraum ein. Siehe: Mehrtens, Herbert: Moderne, Sprache, Mathematik. Frankfurt/M. 1990, S. 289. Andere Datierungen sind möglich, z.B. mit der Entdeckung der logischen Antinomien durch Russell (1901), die in den Principia Mathematica ausführlich behandelt werden (Veröffentlichung 1910), bis zur Publikation Gödels über formal unentscheidbare Sätze im Jahr 1931. Eine verständliche Darstellung der logischen und mathematischen Fragen, die zur Entwicklung des digitalen Computers führen, findet sich in der Biographie Hodges, Andrew: Alan Turing, Enigma. Berlin 1989 (EA London 1983).

Wortes “Medium” gelockert, dann aber werden im Streit Argumente formuliert, die im Paradigma der Kybernetik und dem Versuch der Gleichsetzung der logischen Operationen von Menschen und Maschinen verdrängt worden sind. Besondere Aufmerksamkeit verdient der Begriff der mathematischen Handlung, des schrittweisen Schaffens von “Wahrheiten”.<sup>16</sup> Die Intuitionisten versuchen semantisch den Sinnbestand mathematischer Zeichen<sup>17</sup> zu sichern und rekurrieren dabei auf eine “Urintuition”.<sup>18</sup> Die Formalisten definieren Teilbereiche der Mathematik durch die korrekte Ausführung von logischen Operationen und arbeiten einer mechanischen Auffassung von Zeichenoperationen zu. In der Diskussion differenzieren sich zwei mathematische Kulturen aus: Eine begründet die semiotische Praxis referentiell, und eine legitimiert sie syntaktisch (durch den Nachweis richtig ausgeführter Operationen). Die Ursachen des Streits sind auf innermathematische Diskussionen im neunzehnten Jahrhundert zurückzuführen.

Der Mathematiker Richard Dedekind drückt das 1888 prägnant in der Frage aus: “Was sind und was sollen die Zahlen?”<sup>19</sup> Diese Frage wird im Kontext von Cantors Mannigfaltigkeitslehre<sup>20</sup> gestellt und ist vor dem Hintergrund einer Abkoppelung der Geometrie von der nun als gewöhnlich geltenden anschaulich gegebenen Raumauffassung zu sehen. Dieser von Descartes initiierte Prozess wird in den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts verstärkt. Die Geometrie wird nicht länger als Teildisziplin der Mechanik aufgefasst und an gewohnte Raumvorstellungen gebunden, sondern radikal “arithmetisiert”. Hilbert nennt die

---

<sup>16</sup> WPhil, S. 31: “Wir haben [Hvhb Weyl] die Wahrheit nicht, sondern sie will durch Handeln gewonnen sein”.

<sup>17</sup> Mehrtens stellt die politische Verwendung der Forderung nach Anschaulichkeit dar, S. 308f.

<sup>18</sup> Cacciari, Massimo: *Icone della Legge*. Milano 1985 unterstreicht den Einfluss mystischer Autoren wie Meister Eckhart und Jakob Böhme auf Brouwer.

<sup>19</sup> Mehrtens, a.a.O., S. 35.

<sup>20</sup> Mannigfaltigkeit ist gleichbedeutend mit Menge. Siehe dazu auch zweites Kapitel dieser Arbeit.

Arithmetik „Königin‘ der mathematischen Wissenschaft’.<sup>21</sup> Sie habe die Gebiete der Algebra und Funktionentheorie erobert und mit der nichteuklidischen Geometrie auch die griechische Geometrie. Doch führt dieser Prozess zu Widersprüchen. Da die Geometrie nicht mehr allein den gewohnten dreidimensionalen Raum beschreibt, kann sich der Geometer beim Beweis nicht mehr auf die Evidenz der menschlichen Raumauffassung berufen, wenn Zweifelsfälle zu entscheiden sind. Frege und Russell übertragen der Logik das Schiedsrichteramt und entdecken dabei Antinomien, das heisst Sätze, deren Wahrheitswert nicht entschieden werden kann. Wer entscheidet aber dann? Eine Alternative ist es, diese Widersprüche nicht zu gestatten und per Verbot bestimmte Fragen an den Schiedsrichter nicht zuzulassen. Hilbert schlägt einen anderen Weg vor, nämlich die vollständige Axiomatisierung von Mathematik und Logik. Er hatte 1900 während eines Vortrags vor dem zweiten internationalen Kongress der Mathematiker in Paris das neue Jahrhundert mit einem Katalog an Forschungsaufgaben für die Mathematik eröffnet und seine Zuversicht ausgedrückt, dass die Mathematik auf einen sicheren Bestand an Axiomen aufgebaut werden könne und dann für immer widerspruchsfrei und verlässlich die „Führung“ der anderen Wissenschaft übernehmen könne. Die Axiome sollten widerspruchsfrei, vollständig und unabhängig sein. Die Möglichkeit der Widerspruchsfreiheit rückte mit der von Russell entdeckten Antinomie in den Bereich der Unwahrscheinlichkeit. Dennoch liess sich Hilbert nicht entmutigen. In einem Vortrag, den er vor der Schweizerischen mathematischen Gesellschaft am 11. September 1917 hielt, bekräftigt Hilbert seinen Glauben an die „führende Rolle der Mathematik in der Wissenschaft überhaupt’.<sup>22</sup> Er greift mit diesem Glaubensbekenntnis die Metaphorik seiner Einleitung desselben

---

<sup>21</sup> Hilbert, David: „Die Theorie der algebraischen Zahlkörper“. In: Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung Bd. IV (1897). ND In: Gesammelte Abhandlungen I, Berlin 1932, S. 65.

<sup>22</sup> Hilbert, David: „Axiomatisches Denken“. In: Mathematische Annalen Bd. 778. (1918). ND in: Gesammelte Abhandlungen I-III. Berlin 1932, Bd. III, S. 156.

Vortrags auf, in der er die Beziehungen zwischen den Wissenschaften mit den Beziehungen zwischen den Völkern vergleicht.

Er betont: "... und die Schwierigkeit besteht darin, die Auswahl so zu treffen, dass alle beobachteten physikalischen Gesetze logische Folgen der ausgewählten Axiome sind".<sup>23</sup> Hilbert fordert, dass die Axiome in logischer Beziehung zu den Gesetzen stehen. Hier kommt der Logik eine Kontrollfunktion bei der Verknüpfung zu. Die Kontrolle der Kontrollfunktion ist Aufgabe einer spezifischen Beweistheorie. Diese Beweistheorie bildet ein Forschungsfeld, in dem der Begriff des "spezifisch mathematischen Beweises selbst zum Gegenstand einer Untersuchung ... [wird,] gerade wie ja auch der Astronom die Bewegung seines Standortes berücksichtigen, der Physiker sich um die Theorie seines Apparates kümmern muss und der Philosoph die Vernunft selbst kritisiert".<sup>24</sup>

Hilbert fordert, dass die Mathematik selbst ihre Beweise zum Gegenstand mache und sieht erst dann die Chance gegeben, "uns der Einheit unseres Wissens immer mehr bewusst" zu werden. Dass die Mathematik zu einer "Führungsrolle" unter den "Völkern" der Wissenschaft berufen scheint, markiert Hilbert als seinen persönlichen Glauben. Die von ihm geforderte Selbstthematization der Mathematik sei hingegen zwingend: "Diese speziellen Ausführungen zeigen, wie verschiedenartige Beweismethoden auf dasselbe Problem anwendbar sind, und sollen nahe legen, wie notwendig es ist, das Wesen des mathematischen Beweises an sich zu studieren, wenn man solche Fragen, wie die nach der Entscheidbarkeit durch endlich viele Operationen, mit Erfolg aufklären will".<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> A.a.O., S. 151.

<sup>24</sup> A.a.O., S. 155.

<sup>25</sup> Ibidem.

## Wortgefechte, Putsch und Polizeibüro

Weyl wendet sich 1918 vehement gegen Hilberts Überzeugung, indem er von einer “Anschauung der Iteration”<sup>26</sup> spricht, die grundlegender als logische Gesetze sei und welche die Wahrhaftigkeit der mathematischen Urteilsbildung garantieren könne. Weyl klagt ein Primat der Evidenz ein. Die Polemik zwischen Weyl und Hilbert nimmt deshalb zu. 1921 wird der Ton äusserst scharf und die Metaphorik verschiebt sich von der Architektur zwischenstaatlicher Beziehungen auf Techniken der inneren Sicherheit.

Weyl schreibt: “Die Antinomien der Mengenlehre werden gewöhnlich als Grenzstreitigkeiten betrachtet, die nur die entlegensten Provinzen des mathematischen Reichs angehen, und in keiner Weise die innere Solidität und Sicherheit des Reiches selber, seiner eigentlichen Kerngebiete gefährden können. Die Erklärungen, welche von berufener Seite über diese Ruhestörungen abgegeben wurden (in der Absicht, sie zu dementieren oder zu schlichten), tragen aber fast alle nicht den Charakter einer aus völlig durchleuchteter Evidenz geborenen, klar auf sich selbst ruhenden Überzeugung, sondern gehören zu jener Art von halb bis dreiviertel ehrlichen Selbsttäuschungsversuchen, denen man im politischen und philosophischen Denken so oft begegnet. In der Tat: jede ernste und ehrliche Besinnung muss zu der Einsicht führen, dass jene Unzutraglichkeiten in den Grenzbezirken der Mathematik als Symptome gewertet werden müssen; in ihnen kommt an den Tag, was der äusserlich glänzende und reibungslose Betrieb im Zentrum verbirgt: die innere Haltlosigkeit der Grundlagen, auf denen der Aufbau des Reiches ruht. Ich kenne nur zwei Versuche, das Übel an der Wurzel zu fassen. Der eine rührt

---

<sup>26</sup> Das Kontinuum, S. 12; Weyl, Hermann: “Über die neue Grundlagenkrise der Mathematik”. In: *Mathematische Zeitschrift* 10, 1921 (Ergänzt durch einen Nachtrag für den Neuabdruck in: *Selecta*. Zitiert nach ND in *Gesammelte Abhandlungen*, Bd 1-4. Hrsg. von Chandraskeharan, K. Berlin 1968. [Im folgenden abgekürzt als GA] hier: GA II, S. 149. Künftig nenne ich dies auch “Urintuition” und bezeichne so die Einsicht in eine grundlegende Beziehung der Aufeinanderfolge.

von Brouwer her; schon seit 1907 liegen gewisse richtungsgebende Ideen der von ihm angestrebten Reform der Mengenlehre und Analysis vor ... Unabhängig davon habe ich 1918 in einer Schrift, Das Kontinuum, lang gehegte Gedanken zu einer neuen Grundlegung der Analysis ausgestaltet. Die vorliegenden Schwierigkeiten lassen sich am besten am Begriff der reellen Zahl und des Kontinuums klarmachen ... Es ist natürlich an sich gleichgültig, ob man sich des Wortes ‚Menge‘ oder ‚Eigenschaft‘ bedient. Nur muss man sich durchaus vor der Vorstellung hüten, dass, wenn eine unendliche Menge definiert ist, man nicht bloss die für ihre Elemente charakteristische Eigenschaft kenne, sondern diese Elemente selber sozusagen ausgebreitet vor sich liegen habe und man sie nur der Reihe nach durchzugehen brauche, wie ein Beamter auf dem Polizeibüro seine Register, um ausfindig zu machen, ob in der Menge ein Element von dieser oder jener Art existiert. Das ist gegenüber einer unendlichen Menge sinnlos”.<sup>27</sup>

Hilbert charakterisiert in einer Reaktion die Absichten Weyls und Brouwers<sup>28</sup> als schlechten „Putschversuch“ und wirft ihnen die

---

<sup>27</sup> Weyl, Hermann: “Über die neue Grundlagenkrise”, S. 143. Unter Analysis wird hier Funktionentheorie verstanden, d.h. die Theorie der Zuordnung zwischen unterschiedlichen mathematischen Objekten. Sie entwickelt sich aus der analytischen Geometrie Descartes, die jedes geometrische Problem auf ein algebraisches, das heisst auf ein Gleichungssystem zurückführt.

<sup>28</sup> Brouwers Grundlegung der Mathematik fasst Walter van Stigt zusammen. Stigt, Walter P. van: Brouwers' Intuitionism. North-Holland 1990, S. 165: “The notion of mathematics as constructive activity suggests a natural distinction between: 1. the Subject, the creating Mind; 2. the act of mathematical creation, in its most elementary form consisting of a ‘splitting of one’ and ‘a linking of two’; 3. the concepts, elementary ones created in the Primordial Intuition as well as those resulting from complex constructions ... The existence of a mathematical object, therefore, is its presence as a thought in consciousness; mathematically existent is: having been created in the Primordial Intuition or being or having been built on and with the elements of Intuition”. Van Stigt betont in der Biographie des holländischen Mathematikers dessen Interesse, Mathematik frei von Anwendungen zu halten und auch frei von sprachlichen Vermittlungen. Brouwer unterscheidet das “mathematische Sehen der reinen Mathematik” von den mathematischen Objekten, die zur Wissenschaft gehören und als angewandte Mathematik zu verstehen seien. Das mathematische Sehen sei eine grundlegende Tätigkeit. Sie beruhe auf dem Ordnungsvermögen des menschlichen Bewusstseins, Sequenzen ausmachen zu können, das heisst etwas Wahrgenommenes als Einheit von früher und später prozessieren zu können: “In the Primordial Intuition of two-oneness the intuitions of continuous and discrete meet: ‘first’ and ‘second’ are held together, and in this holding-

Errichtung einer "Verbotsdiktatur"<sup>29</sup> vor, mit der sie Probleme ausgrenzten, anstatt sie zu ertragen. "Was Weyl und Brouwer tun, kommt im Prinzip darauf hinaus, dass sie die einstigen Pfade von Kronecker wandeln: sie suchen die Mathematik dadurch zu begründen, dass sie alles ihnen unbequem Erscheinende über Bord werfen und eine Verbotsdiktatur à la Kronecker errichten. Dies heisst aber, unsere Wissenschaft zerstückeln und verstümmeln, und wir laufen Gefahr, einen grossen Teil unserer wertvollsten Schätze zu verlieren, wenn wir solchen Reformatoren folgen. Weyl und Brouwer verfehlen die allgemeinen Begriffe der Irrationalzahl, der Funktion, ja schon der zahlentheoretischen Funktion, die Cantorschen Zahlen höherer Zahlklassen usw.; der Satz, dass es unter unendlichvielen ganzen Zahlen stets eine kleinste gibt, und sogar das ‚Tertium non datur‘ z.B. in der Behauptung: entweder gibt es nur eine kleine Anzahl von Primzahlen oder unendlichviele, sind Beispiele verbotener Sätze und Schlussweisen. Ich glaube, dass, so wenig es Kronecker damals gelang, die Irrationalzahl abzuschaffen - Weyl und Brouwer gestatten übrigens noch die Konservierung eines Torso - ebensowenig werden Weyl und Brouwer heute durchdringen; nein: Brouwer ist nicht wie Weyl meint, die Revolution, sondern nur die Wiederholung eines Putschversuches mit alten Mitteln, der seinerseits viel schneidiger unternommen, doch gänzlich misslang und jetzt zumal, wo die Staatsmacht durch Frege, Dedekind und Cantor so wohl gerüstet und befestigt ist, von vornherein zur Erfolglosigkeit verurteilt ist".<sup>30</sup>

Doch ist es eine Frage der Verhältnisse. Brouwer und Weyl wollen zum Beispiel den Gebrauch von Aussagen "es gibt" oder "alle" einschränken, andererseits akzeptieren sie das logische Gesetz des

---

together consists the intuition of the continuous (continere = hold together)." ; die Englische Übersetzung zitiert nach van Stigt, S. 155.

<sup>29</sup> Den Hinweis auf diese scharfe Formulierung Hilberts habe ich entnommen: Ketelsen, Christel: Die Gödelschen Unvollständigkeitssätze. Stuttgart 1994, S. 36.

<sup>30</sup> Hilbert, David: „Neubegründung der Mathematik. Erste Mitteilung“. In: Abhandlungen aus dem Math. Seminar d. Hamburger. Universität Bd.1. 1922. ND in: Gesammelte Abhandlungen I-III. Berlin 1932, III, S. 159f.

ausgeschlossenen Dritten nicht und wollen zulassen, dass es Alternativen zu dem strikten “entweder hat ein Element diese Eigenschaft oder nicht” gibt. Die Antwort Hilberts liegt in der Abhandlung “Neubegründung der Mathematik vor”, der einen gesicherten Bereich der Mathematik von der Metamathematik unterscheidet, die “Terrorschutzaufgaben” übernimmt. Der Metamathematik ist das “inhaltliche Schliessen” vorbehalten, die “eigentliche Mathematik” benutzt Zeichen und Formeln auf Grund eines gegebenen Zeichens “1” oder “a” und dem Verknüpfungszeichen “+”. “Bedeutung” erhalten neue Zeichen dadurch, dass sie zur Abkürzung von Operationen mit dem anfangs gegebenen Zeichen eingesetzt werden. Für den Aufbau der Zahlenreihe benötigt Hilbert keine externen Referenzen. Was die Zahl “1” oder die Ziffer “a” bedeuten ist irrelevant. Das schlichte inhaltliche Operieren mit einem gegebenen Zeichen nennt Hilbert “konkret inhaltlich” und betont gleichwohl: “... dadurch werden die inhaltlichen Überlegungen, die selbstverständlich niemals völlig entbehrt oder ausgeschaltet werden können, an eine andere Stelle, gewissermassen auf ein höheres Niveau verlegt”.<sup>31</sup>

Weyl sieht in dem Hilbertschen Vorschlag, eine Degradierung der Mathematik zu einem blossen Zeichenspiel, dem die grundlegende Einsicht fehle, was ihre Zeichenprozess bedeuten. Die hier skizzierte Polemik zwischen Weyl und Hilbert beobachtet der Philosoph Cassirer und bewertet sie anders als der involvierte Mathematiker Weyl.

---

<sup>31</sup> A.a.O., S. 165.

## Erkenntnistheorie

Weyl diskutiert in Schriften, in denen er sich an eine philosophisch interessierte Öffentlichkeit wendet, Fragen der Erkenntnistheorie.<sup>32</sup> Erkenntnistheorie wird in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts zu einer philosophischen Disziplin. Sie untersucht die Bedingungen, unter denen das menschliche Bewusstsein ein Verständnis der Wirklichkeit wahr nennen kann. Die Disziplin artikuliert eine allgemeine philosophische Frage neu, die seit dem Beginn der abendländischen Philosophie wirksam geblieben ist.<sup>33</sup> Auffällig ist, dass ab Mitte des neunzehnten Jahrhunderts die naturwissenschaftlichen Begriffe einer Revision unterworfen werden. Bei dieser Revision erklingen kritische Feststellungen über die Kluft zwischen Wirklichkeit und Wissenschaft.<sup>34</sup> Weyl reiht sich in die Tradition der Naturwissenschaftler ein, die eine mögliche Grundlage der naturwissenschaftlichen Forschung diskutieren und die strittige Frage nach allgemeinen Prinzipien der wissenschaftlichen Praxis überhaupt stellen. Ein universaler Begründungsanspruch der Philosophie wird in Schranken verwiesen. Ein gemeinsames Anliegen der Autoren ist die Revision der Auffassung Kants von Raum und Zeit. Kants These, dass Raum und Zeit Anschauungsformen a priori sind, wird sowohl vor dem Hintergrund sprachwissenschaftlicher als auch naturwissenschaftlicher Forschungen problematisch. Die Untersuchungen nicht-europäischer Sprachen legen die Vermutung

---

<sup>32</sup> Ernst Cassirer vermutet, dass 1862 erstmalig in einer Abhandlung Eduard Zellers, der "Name [Hvvh v. Cassirer] der Erkenntnistheorie" verwendet worden sei. Cassirer, Ernst: Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit. Viertes Band (EA New Haven 1950). Darmstadt 1973 [Im folgenden zitiert als Das Erkenntnisproblem] S. 12.

<sup>33</sup> Nach Norbert Schneiders Darstellung ist die Frage bei Heraklit feststellbar, der nach einem von den menschlichen Sinnen unabhängigen Kriterium suchte, das Wahrheit garantiere. Siehe dazu: Schneider, Norbert: Erkenntnistheorie im 20. Jahrhundert - Klassische Positionen. Stuttgart.1998, S. 14, fasst die Definition weit: "Stets ist das Hauptproblem der Erkenntnistheorie die Frage und die Suche nach der Wahrheit".

<sup>34</sup> Heinrich Rickert betont, dass wissenschaftliche Begriffe eine unvermeidbare Distanz von der Wirklichkeit implizieren, da sie um der Allgemeinheit willen vom Gegebenen abstrahieren müssen. Origineller als diese Kritik ist Cassirers Replik, die den besonderen Charakter der mathematischen Begriffe betont.

nahe, dass sich Raum- und Zeitauffassungen relativ zur Sprache entwickeln und nicht absolut gegeben sind, das Erlanger Programm des Mathematikers Felix Klein führt den Raum, in dem menschliche Anschauungen stattfinden, auf Beziehungen zurück, die nur ein Fall in einer umfassenden Beziehungslehre sind. Kritisch diskutiert wird auch das mögliche Primat der Logik als grundlegende Methode “in der Philosophie und der Wissenschaft”.<sup>35</sup> In der Erkenntnistheorie wird die Existenz einer Welt ausserhalb des Bewusstseins nicht in Frage gestellt, doch wird die Möglichkeit der unvermittelten Beziehung zwischen Subjekt und Welt problematisch. In der Erkenntnistheorie ist eine grundsätzliche Skepsis gegenüber der menschlichen Wahrnehmung bemerkbar, der unterstellt wird, dass sie die Dinge nicht so vermittele, wie sie wirklich seien. Die Erkenntnistheorie untersucht, inwieweit zwischen Verstehen und Wirklichkeit verfälschende oder justierende Mittel bei der Feststellung von Wahrheit zu berücksichtigen sind. Geschichtliche Referate über Erkenntnistheorien können dahin gehend interpretiert werden, dass jede Wahrheitssuche auch eine Reflexion über hindernde oder fördernde Mittel bei dieser Suche sein muss. Doch die Bewertungen der Mittel wandeln sich, wie Cassirer feststellen wird, und damit wird nicht nur fragwürdig, ob Raum und Zeit für alle erkennenden Subjekte gleichermaßen geltende Anschauungsformen sind, sondern ob sie dem geschichtlichen Wandel unterliegen. Cassirers Wahrheitsbegriff ist dementsprechend relativ. Gegenüber der klassischen Definition von Wahrheit als “Übereinstimmung von Vorstellung und Sache”, betont er das Wirken unterschiedlicher symbolischer Formen, die ebenso unterschiedliche “Synthesen” zwischen Geist und objektiver Welt bewirken. Weyls philosophischer Anspruch hält an der traditionellen Definition von Wahrheit fest, gerät jedoch in Konflikt mit der mathematischen Praxis.

---

<sup>35</sup> Eduard Zeller vertritt in “Über Bedeutung und Aufgabe der Erkenntnistheorie” die These vom Primat der Logik. In: Ders.: Vorträge und Aufsätze. 2. Sammlung. Leipzig 1877, S. 483.

## Epistemische Übergänge

Die Beschäftigung mit den Schriften Weyls gestattet eine Untersuchung des Verhältnisses von Kontinuität und Bruch, das ich “epistemisch”<sup>36</sup> nennen möchte, um so eine Anschlussmöglichkeit zwischen traditioneller Erkenntnistheorie und einer Mentalitätsgeschichte nach Foucault anzubieten und um zugleich eine medientheoretische Problematik zu verdeutlichen, die ich im nächsten Abschnitt erläutern möchte.

Weyl vergleicht mathematische, logische und philosophische Theorien. Unterschiede zwischen mathematischer und naturwissenschaftlicher Erkenntnis gegenüber der philosophischen Tradition stellt er so dar, dass ein absoluter Erkenntnisfortschritt problematisch erscheint, jedoch relative Fortschritte in den Naturwissenschaften möglich, d.h. denkbar bleiben. Cassirer hingegen sieht einen erkenntnistheoretischen Fortschritt insgesamt. Diese Differenz beruht auf einer abweichenden Auffassung des mathematischen Symbols, die in den folgenden Kapiteln expliziert wird. In dieser Arbeit soll von Übergängen anstelle von Brüchen die Rede sein, da Weyl und Cassirer Wert auf historische Bezüge legen und Anschlussmöglichkeiten insbesondere an Leibniz’ Philosophie thematisieren. Das Wort “epistemisch” verweist zugleich auf den Denker wissenschaftstheoretischer Brüche, Gaston Bachelard, um auch Verbindungen zwischen den Erkenntnistheorien Weyls und Cassirers und der französischen Wissenschaftstheorie Bachelards zu markieren.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Das Adjektiv epistemisch leitet sich von einem Lehnwort ab, das auf das griechische Wort für Erkenntnis und Einsicht  $\epsilon\pi\sigma\tau\acute{\eta}\mu\eta$  zurückgeht. Michel Foucault hat diesen Begriff so gefasst, dass er gestattet, zwischen verschiedenen historischen Wissensordnungen zu sprechen, anstatt von einem generell gegebenen Wissen.

<sup>37</sup> Im vierten Kapitel komme ich auf Diskrepanzen zwischen Weyl, Cassirer und Bachelard zu sprechen, die jedoch erst vor dem Hintergrund der erfolgten Darstellung Kontur gewinnen.

Zentrale Thesen Bachelards wie die grundsätzliche Indirektheit wissenschaftlichen Erkennens<sup>38</sup>, die produktive Funktion des Irrtums<sup>39</sup>, die Vielfältigkeit des szientifischen Denkens<sup>40</sup>, die Analysen des Materiebegriffs<sup>41</sup> und die Behauptung des konstruktiven Charakters des wissenschaftlichen Erkennens<sup>42</sup> decken sich mit zeitlich früher artikulierten Thesen Weyls und Cassirers, deren Schriften nach dem zweiten Weltkrieg<sup>43</sup> in Europa nur begrenzt rezipiert worden sind und deren wissenschaftstheoretische Überlegungen noch nicht im Vergleich mit den später veröffentlichten Studien Bachelards gewürdigt wurden. Ein Vergleich würde die medientheoretische Fragestellung dieser Arbeit jedoch sprengen und den Blick auf die Beziehung zwischen Medien und naturwissenschaftlicher Konstruktion trüben.

Anhand der Entwicklung Weyls bis zur Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft von 1925/1926<sup>44</sup> kann die These bestätigt werden, dass in der Zwischenkriegszeit eine Erkenntnistheorie formuliert worden ist, die mit dem Wort Medium operiert und als Schaltstelle zwischen historischen Wortbedeutungen und heutigen begrifflichen Bemühungen ist. Ein Vergleich zwischen Cassirers Kulturphilosophie und Weyls Reflexion bestimmt den erkenntnistheoretischen Rahmen, innerhalb dessen in der Zeit zwischen dem ersten und dem zweiten Weltkrieg das Wort Medium eine konstruktive Bedeutung erhält. Cassirer ordnet die streitenden Positionen zwischen Hilberts Formalismus und Weyls Forderung nach einsichtigem Vollzug der Iteration und Grundbeziehungen unter dem Gesichtspunkt der Synthese - danach ergänzen sich die Positionen wie ein Auge und

---

<sup>38</sup> Balke, Friedrich: "Das Ethos der Epistemologie"- Nachwort zu: Bachelard, Gaston: Epistemologie. Ausgewählt von Dominique Lecourt. Frankfurt/M. 1993, S. 239. Siehe dazu Cassirers und Weyls Hinweis auf Heinrich Hertz' These von den "Scheinbildern" im folgenden Kapitel.

<sup>39</sup> Balke, S. 241. Siehe dazu WPhil, S. 194.

<sup>40</sup> Balke, S. 243. Siehe dazu: Cassirer, Ernst: Das Erkenntnisproblem, S. 18f.

<sup>41</sup> Balke, S. 243.

<sup>42</sup> Balke, S. 248. Siehe dazu zweites Kapitel dieser Arbeit.

<sup>43</sup> Ein Grund dafür ist die Emigration Weyls und Cassirers.

ein Fernrohr -, während Weyl an systematisch entscheidenden Stellen von “Zwiespalt” und “Doppeldeutigkeit” spricht und Differenzen betont.

### **Medientheoretisches Vorverständnis**

Bevor dies dargestellt werden kann, möchte ich eine weitere methodische Frage bedenken. Denn es reicht nicht aus, die Okkurrenzen des Wortes “Medium” bei Weyl und Cassirer vor dem Hintergrund der Wortgeschichte zu konturieren, sondern es muss zugleich die Absicht geklärt werden, mit der diese Okkurrenzen zu interpretieren sind. Folgt man nicht leichtfertig einer differenztheoretischen Einstellung, wenn man den “Zwiespalt” Weyls von der synthetisierenden symbolischen Formen Cassirers abgrenzt, schwingt die Suche nach Vorläufern der nomadischen Mathematik und des Werdens im Sinne der Tausend Plateaus in die Analyse hinein oder etwa das Interesse, die Debatte über die Medialität des Computers historisch vorzuverlegen? Induziert die heutige Medienpraxis ein Vorverständnis der interpretierten Schriften und gebraucht sie das “Gedankenwerk” Weyls und Cassirers als Mittel für theoretische Argumentationen, z.B. für eine Geschichte der Medientheorie, die den Blick auf das früher Geschriebene trübt und gerade so trübt, dass der Zugang zu den in historischen Texten skizzierten Möglichkeiten verborgen bleibt? Die vorliegende Untersuchung strebt eine medientheoretische Betrachtung angesichts der Wortfunde an, und das ist problematisch. Die Medientheorie soll nicht in einer schlichten philologischen Untersuchung verschiedener Fundstelle des Worts “Medium” aufgehen. Was aber ist Medientheorie? Wo bleibt der Begriff?

---

<sup>44</sup> Verfasst wurde der gleichnamige Beitrag 1925, im Januar 1926 arbeitete Weyl noch Veröffentlichungen zur Quantenmechanik ein.

“Unter Medien werden in unserem Zusammenhang materiell-mechanische oder energetische (elektrische, elektromagnetische, elektronische, opto-elektronische) Träger und Übermittler von Daten bzw. Informationseinheiten und mechanische sowie elektronische Mittel der Datenverarbeitung verstanden, dies im Sinne der drei medienlogischen Grundphänomene der Speicherung, Übertragung und Bearbeitung,” definiert Hans Hiebel in der kleinen Medienchronik.<sup>45</sup> Die Nähe des Begriffs zur Datenverarbeitung ist auffällig, und das ist in Hinblick auf die Datenmengen, die Hiebel und seine Mitarbeiter für die Niederschrift einer Medienchronik zu bewältigen haben, arbeitsökonomisch und im Sinne einer an der Produktion von wissenschaftlichen Fakten orientierten Medienwissenschaft sinnvoll, doch diese Arbeitsökonomie läuft Gefahr, den Medienbegriff an eine Medientechnik zu knüpfen und dabei andere Medientechniken und mögliche Begriffe aus dem Blick zu verlieren.<sup>46</sup> Der Medienbegriff ist “strukturimmanent” problematisch, und diese Problematik ist ein Vorteil, den die vorliegende Untersuchung der Auseinandersetzung des Worts Medium im Kontext der Theorie des Kontinuums in den Schriften Weyls und der Philosophie der symbolischen Formen von Ernst Cassirer produktiv zu machen versucht, und zwar indem sie sich bewusst der Versuchung enthält, eine historische Debatte aus der Sicht gegenwärtiger Medientechniken wie dem Computer zu analysieren und dafür ausspricht, Wortkonstellationen im Kontext sich ändernder Wissensordnung zu analysieren. Die Herausgeber des Kursbuch Medien betonen, dass es “keine Medien gibt, keine

---

<sup>45</sup> Hiebel, Hans H.: “Vorwort”. In: Ders. u.a.: Die Medien. München, 1998, S. 12.

<sup>46</sup> Hartmut Winklers Bedenken gegenüber der Rede von einem Metamedium halte ich für berechtigt. Winkler, Hartmut: “Über Computer-Medien und andere Schwierigkeiten”. In: Ästhetik und Kommunikation 1997, S. 58: “In all dem zeichnet sich ab, dass es sich bei den Rechnern vielleicht eben doch nicht um eine ‘universelle’ diskrete Maschine handelt. Und sicher nicht um eine semiotische Wunderwaffe oder, wie oft gesagt wird, ein ‘Metamedium’, das alle anderen Medien an sich zieht. Nach und nach werden die Regeln und Grenzen hervortreten, die das neue Medium kennzeichnen und ihm seine partikulare Position im Konzert der Medien zuweisen. Man wird sich klarmachen müssen,

Medien jedenfalls in einem substanziellen und historisch stabilen Sinn".<sup>47</sup> Die von ihnen vertretene Medienwissenschaft verabschiedet sich davon, eine Übermittlungstechnik wie das Fernsehen oder eine Kontrolltechnik wie den Computer als Metamedium und damit als Mass zu fixieren, unter dem sie historisches Material zu erschliessen und bewerten hätte. Sie reflektiert vielmehr die Erfahrung, dass "Medien" konstitutiv die Rede über Medien prägen<sup>48</sup> und sie muss deshalb skeptisch sein, wenn ein Medium die Rede über alle anderen Medien definieren soll. Auf Grund dieser Skepsis gegenüber einem Metamedium sieht die Untersuchung von Bezügen zu Medientechniken ab und konzentriert auf einen eng begrenzten Zeitraum zwischen dem ersten und dem zweiten Weltkrieg und zudem noch auf die Texte von zwei Autoren, die das Wort "Medium" exponiert verwenden. Diese Beschränkung auf das Medium der Schrift ist philologisch, d.h. an Wortbefunden und ihren schriftlich fixierten Kontexten orientiert. Sie grenzt sich durch den Aufweis von Wortbefunden und deren Kontext von Fragen nach Bezügen zu gegenwärtigen Medientechniken ab und erörtert auch nicht, welche Beziehungen

---

dass die Phantasie vom Metamedium selbst ein Produkt der Mediengeschichte ist".

<sup>47</sup> Engell, Lorenz u. Vogl, Joseph: "Vorwort". In: Kursbuch Medienkultur - Die massgeblichen Theorien von Brecht bis Baudrillard. Stuttgart 1999, S. 10. Statt von Medien im substantiellen Sinn zu handeln, untersucht die Medienwissenschaft "Medien-Funktionen". Joseph Vogl nennt so das "Zusammentreten heterogener Momente ... zu denen technische Apparaturen oder Maschinen genauso gehören, wie Symboliken, institutionelle Sachverhalte, Praktiken oder bestimmte Wissensformen". Siehe dazu: Vogl, Joseph: "Medien und Medien-Werden. Manuskript eines Diskussionsbeitrags". Siehe dazu auch: Spreen, Dierk: Tausch, Technik, Krieg. Die Geburt der Gesellschaft im technisch-medialen Apriori. Hamburg 1998. Spreen arbeitet in den Werken des Ökonomen Adam Müller "eine proto-technische Medientheorie" (S. 28) heraus; weiterhin: Kirchmann, Kay: Verdichtung, Weltverlust und Zeitdruck. Grundzüge einer Theorie der Interdependenzen von Medien, Zeit und Geschwindigkeit im neuzeitlichen Zivilisationsprozess. Leverkusen 1997 nennt die "Definitions- und Fixierungsprobleme, vor die uns Medialität stellt ... strukturimmanent" (S. 49).

<sup>48</sup> Auffällig ist, dass trotz der sich rasant verändernden Medienlandschaft die Verwendung des Terms "Doppel" in der Metareflexion der Disziplin Medienwissenschaft konstant geblieben ist. Schanze (Schanze, Helmut: Medienkunde für Literaturwissenschaftler. München 1974, S.21f.) nennt 1974 die "Doppelseitigkeit des Medienbegriffs ... grundlegend". Engell und Vogl (a.a.O., S. 10) sprechen 1999 von Medien-Ereignissen in doppeltem Sinn als Kommuniziertes und Kommunizierendes. Die Beschäftigung mit Zwiefältigem scheint unabhängig von den Artefakten, welche die Medienwissenschaften analysieren, konstitutiv für diese Disziplin zu sein.

diese Texte zu den aussertextuellen medialen Praktiken der damaligen Zeit aufweisen können. Diese Abgrenzung hat methodische Gründe, die es gerade gestatten werden, konservative Diskurse<sup>49</sup> über Medien kritisch zu relativieren, die eine Wirklichkeit als absolut gegeben fixieren. Die Funktion und Wirkung von Medien lässt sich nur relativ diskutieren und nicht anhand genereller Kategorien bewerten. Das wird in den widerstreitenden Auffassungen des Philosophen Cassirers und des Mathematikers Weyls deutlich werden. Fortschritt ist für Cassirer eine Kategorie, mit der die Entwicklung symbolischer Formen gewürdigt werden kann. Weyl spricht der Philosophie die Kompetenz ab, heterogene Zeichenpraxen unter einem einheitlichen Gesichtspunkt bewerten zu können.

Zwischen den Naturwissenschaften und der Philosophie entfaltet sich in der Zeit zwischen den Kriegen ein Diskurs, der das Verhältnis der Denkmittel zur Wirklichkeit als Konflikt zwischen absoluten und relativen Wahrheitsansprüchen artikuliert. Eine Aufarbeitung der erkenntnistheoretischen Problematik des Medienbegriffes im Grundlagenstreit muss die Verbindung dieses Medienbegriffes zu physikalischen Vorstellungen von Raum und Zeit darstellen. Dazu muss der erkenntnistheoretische Aspekt des Medienbegriffs herausgearbeitet werden. Er ist im Kontext einer Auseinandersetzung über den Begriff des Kontinuums zu sehen. Das "Denken in den Begriffen der zu verstehenden Epoche und Beiseitelassen der eigenen Vorbegriffe"<sup>50</sup> ist verträglich mit einer spezifischen medientheoretischen Einstellung des Historikers, nämlich selbst durchsichtiges und nicht von eigenen Vorbegriffen

---

<sup>49</sup> Oswald Wiener charakterisiert Baudrillards Wirklichkeitsbegriff als konservativ. Oswald Wiener: "Ziel der Erkenntnistheorie, Maschinen zu bauen, die Lügen können". In: Schriften zur Erkenntnistheorie. Wien 1996, S. 107. Die Auslassungen Baudrillards über Medien werden durch den Glauben genährt, dass es eine unvermittelte Wirklichkeit geben kann. Baudrillard setzt den Begriff der Wirklichkeit als absolutes Maß, anhand dessen Medien beurteilt werden können.

<sup>50</sup> Hübener, Wolfgang: "Die Ehe des Mercurius und der Philologie - Prolegomena zu einer Theorie der Philosophiegeschichte". In: Bolz, Norbert (Hrsg.): Wer hat Angst vor Philosophie? Paderborn 1982, S. 167.

getrübtetes Mittel zu sein. Diese romantisch geprägte Vorstellung setzt voraus, dass der Historiker die eigenen Affizierungen durch Lektüren und Medientechniken reflektiert. Diese Reflexion ist ein ethisches Desiderat, nämlich zu klären, in welches Verhältnis der Historiker das Fremde zum Eigenen setzt. Für den Kunsthistoriker Wölfflin war es ein Fortschritt, “fremde Kunstwerke nicht mehr mit fremden [unseren eigenen], sondern mit ihren eigenen Maßstäben zu messen versuchen”.<sup>51</sup>

Diese Auffassung ist zwar auch bei Cassirer feststellbar, unverkennbar ist jedoch auch, dass Cassirer die Differenzen, die der zwiespältige Mathematiker artikuliert, nicht teilt. Cassirer ordnet die Debatten, in denen sich der Mathematiker Weyl befindet – den Grundlagenstreit, die Relativitätstheorie und auch die Kausalitätsdebatte der Quantenmechanik - historisch ein. Sie sind Produkte fachwissenschaftlicher Entwicklungen im neunzehnten Jahrhundert, deren Genealogie in die frühe Neuzeit vorverlegt wird. Weyl selbst denkt in Sprüngen und betont kontingente Einflüsse, die sowohl seine mathematisch-naturwissenschaftlichen wie auch seine philosophischen Positionierungen mitbestimmt haben sollen. Analysiert man die wechselseitige Rezeption der Kulturphilosophie Cassirers und der Schriften Weyls, muss deutlich zwischen Cassirers Bestreben, geschichtliche Kontinuitäten zu konstruieren, und Weyls Interesse, Brüche und Kontingenzen zu betonen, unterschieden werden. Das führt dazu, dass Cassirer zwanzig Jahre nach Veröffentlichung der Philosophie der symbolischen Formen, die Fülle der zwischenzeitlich publizierten Forschungsergebnisse nicht mit der amerikanischen Übersetzung seines Werks vereinbaren kann. Er verfasst ein Resümee. Weyl hingegen sieht trotz der wissenschaftlichen Umbrüche - Quantenmechanik, Unvollständigkeitsaxiom, Turing-Maschine, neue “ultraschnelle Rechenmaschinen”, die beim Bau von Vernichtungswaffen eingesetzt werden - keinen Anlass, das Grundgerüst seiner

---

<sup>51</sup> Hübener, Wolfgang, S. 168.

Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft aus dem Jahr 1926 für die amerikanische Auflage im Jahr 1948 zu ändern. Er fügt der Übersetzung Anhänge bei. Die Spannungen, Brüche und Unvereinbarkeiten, die Weyl im Jahre 1926 artikuliert, bieten also ein verlässliches Gerüst, um die aktuellen Forschungsergebnisse des Jahres 1948 zu integrieren. Allerdings hat der Gedankengang Weyls nur bedingt Fortune in der zeitgenössischen Philosophie gefunden, während eine Renaissance der Lektüre von Cassirers Schriften zu bemerken ist.

Stellt man die Gedanken beider Autoren gegenüber, erhellen und verdunkeln sie wechselseitig ein diskursives Feld, das es gestattet, den Einsatz von Marshall McLuhan in der Geschichte der Diskurse über Medien zu kontextualisieren.<sup>52</sup> Nur entfernt, und vielleicht nur über ein Motto, das Innis dem Kapitel "Das Problem des Raumes" vorausschickt, liesse sich - wenn auch nur indirekt - eine Rezeption Cassirers durch McLuhan rekonstruieren, doch geht es hier nicht um Rezeptionslinien, sondern um die Konturierung der Texte über die Struktur von Raum und Zeit, die bei McLuhan im Verhältnis

---

<sup>52</sup> Geoffrey Sykes skizziert in einem Beitrag zu dem Thema "Revisiting McLuhan" der Zeitschrift Media International Australia McLuhan als einen reaktionären Katholiken, dessen Reflexionen längst durch die Analysen Derridas und Deleuzes obsolet geworden sei. Sykes, Geoffrey: "Everyone's Deep Politics Began to Show": Bursting the Acoustic Space of Herbert M. McLuhan". In: Media International Australia, February 2000. Sykes verweist zugleich den "revival" McLuhans in Wired (p. 60). Syke bestätigt durch seine Kritik an McLuhan und seinen Ärger über eine erneue Rezeption McLuhans dessen Attraktivität, die ich als Anlass nehme, um darauf hinzuweisen, welche Textkonstellationen McLuhans Prophezeiungen ermöglicht haben. Der Beitrag von Ellen Balka in derselben Ausgabe hebt die konstruktiven Aspekte von McLuhans Medienbegriff hervor. Balka spricht vom sozialen Konstruktivismus und diskutiert nicht den mathematischen Konstruktivismus. Balka, Ellen: "Rethinking 'The Medium is the Message': Agency and Technology in McLuhan's Writings". In: Media International Australia, February 2000 p. 73: "McLuhan's notion that the medium is the message can also be read within the context of a social constructivist understanding of technology, which sees society and technology as mutually shaping phenomena". Balka zitiert Stalder, Felix: "From Figure/Ground to Actor-Networks: McLuhan and Latour (Retrieved 21. September 1999 from the www: [erp.fis.utoronto.ca/~stalder/html/mcluhan\\_latour.html](http://erp.fis.utoronto.ca/~stalder/html/mcluhan_latour.html)), p 79: "McLuhan's ground or environment is 'not a passive container, but active processes that influence the relationships between all of the elements in it' (1988: 1)". Dies stimmt mit meiner folgenden Darstellung überein, dass in Weyls Interpretation der Relativitätstheorie die physikalischen Medien Raum und Zeit nicht mehr wie bei Newton als existierende Behälter, in dem Ereignisse platziert werden, angesehen werden können, sondern als Konstruktionen.

zur Technik und damit als variabel und nicht absolut gesehen werden. McLuhans Medienbegriff ist weit gefasst und stellt ein Scharnier dar zwischen der Verwendung des Worts in den erkenntnistheoretischen Debatten der zwanziger Jahre und dem Spektrum des Begriffs in der gegenwärtigen Medienwissenschaft.

### **Wechselverhältnis**

Cassirer versteht den Begriff des mathematischen Kontinuums anders als Hermann Weyl. Die Differenzen zwischen Weyl und Cassirer betreffen Fragen der Medientheorie und sind nicht schlicht als mathematik- und philosophiehistorische Fragen zu summieren. Mathematikhistorisch müsste man sich auf die Denkbewegungen konzentrieren, die Weyl zwischen Hilberts und Brouwers Programmen vollzieht, philosophiehistorisch könnte man darstellen, wie sich Weyl nach seiner Lektüre ausgewählter Schriften Leibnizens, von phänomenologischen Positionen entfernt. Medientheoretisch ist hingegen zu untersuchen, wie sich einerseits der Kulturwissenschaftler Cassirer der Schriften Weyls bedient und dabei die erkenntnistheoretischen Irritationen Weyls zu harmonisieren versucht und sich andererseits Weyl dagegen verwahrt, weil er in den strittigen Punkten eine Gefahr für die mathematische Kultur wittert. Dies möchte ich als “Wechselverhältnis” auffassen und als Merkmal von “Medienprozessen” ansehen, das die “Interdependenz” der Diskurse zwischen Naturwissenschaft und Kulturwissenschaft betrifft.<sup>53</sup>

---

<sup>53</sup> Das Wort “Wechselverhältnis” wird von Siegfried Zielinski zur Bezeichnung von Medienprozessen verwendet. Zielinski, Siegfried: Audiovisionen - Kino und Fernsehen als Zwischenspiele in der Geschichte. Reinbek 1989, S. 15: “Gütemerkmal” der Medienprozesse ist die Interdependenz [Hvvh. Zielinski ] von Technik-Kultur-Subjekt, deren Wirkung nicht linear kausal beschrieben werden kann, sondern als “ständiges Wechselverhältnis ... Die Artefakte und technischen Sachsysteme (für die Kommunikation) wurden nicht zuerst erfunden, haben dann die Kultur usurpiert und in einem weiteren Schritt auf die Subjekte eingewirkt; oder umgekehrt: Technik ist nicht ein akzidenteller Ausfluss kultureller Determinanten, die ihrerseits das Sein, das Bewusste und

Im Verlauf dieser Arbeit wird wiederholt die Veränderung von Raum und Zeitauffassungen diskutiert, aber im Rahmen der diskursgeschichtlichen Bewegung, insbesondere der Rezeption von Leibniz und Kant, innerhalb derer Weyls und Cassirers Denken über Raum und Zeit steht. Verzichtet wird darauf, die technischen Basisapparate zu untersuchen, die die Wahrnehmung von Raum und Zeit verändern. Dabei ist nicht die Angabe eines wie im auch immer gearteten ursächlichen Grundes der Veränderungen unser Ziel, sondern die mit den Veränderungen einhergehende Neuformationen von “Hinter”- und “Vorder”- Gründen. Die symbolischen Synthesen Cassirers bilden den Hintergrund, vor dem Weyl die grundsätzliche Spaltung zwischen Symbol und Welt zeichnen kann. Weyls Darstellung des Kontinuums wiederum ist für Cassirer der Hintergrund, vor dem die symbolische Transsubstantiation der modernen Wissenschaft in der Vordergrund in Szene gesetzt werden kann. Weyl und Cassirer publizieren in einer Situation sich verändernder Ansichten, was Wissenschaft und Wahrheit ist. Ich bezeichne ihre Beziehung als Wechselhältnis und weise darauf hin, dass die Demarkationslinien zwischen ihren Diskursen Indizien sind für unterschiedliche symbolische Praxen in dieser Situation und für unterschiedliche Bewertungen der Grenzen und Möglichkeiten des Denkens.<sup>54</sup>

---

Unbewusste der Subjekte eindimensional konditionieren”. Zielinski bezieht sich in seinen Arbeiten auf Raymond Williams.

<sup>54</sup> Vom Wechsel und Übergang spricht McLuhan in dem Kapitel “Hybrid Energy” in *Understanding Media*. Cambridge/Mass. 1994 (EA New York 1964). Die Situation des Übergangs ist signifikant besetzt. Es ist eine zweite prinzipielle Annahme McLuhans, dass ein Medium ein anderes überformt. Medientechnische Innovation bedeutet, dass ein neues Medium vorherbestehende medial bedingte raum-zeitliche Wahrnehmungen überformt, also seiner Form unterwirft. Im Wechsel der Medienkonstellation wird überhaupt deutlich, in welchem Masse ein “vorgängiges” Medium die Wahrnehmung von Raum und Zeit formiert hat. Ebenso kann erahnt werden, wie ein neues Medium Raum- und Zeitordnungen konfigurieren wird. In solchen Übergangssituationen können Künstler “hybride Energien” freisetzen, und der Medienforscher kann Prognosen über Entwicklungen formulieren. Das Wechselverhältnis zwischen Weyl und Cassirer zeichnet den Rahmen vor, innerhalb dessen McLuhan die Bedeutung so unterschiedlicher Techniken wie Schrift, elektrisches Licht, Werbung und Fenster für die raum-zeitlichen Wechselwirkung zwischen Menschen und ihrer Umgebung geschichtlich vergleichend reflektieren kann. McLuhan kann die Ergebnisse nicht länger strikt zu trennenden Disziplinen wie Erkenntnistheorie,

Eine Darstellung der Debatten, in denen Weyl zur Formulierung seiner Auffassung vom Kontinuum gelangt, ist eine Darstellung verschiedener wissenschaftlicher Diskurse, die nur bedingt kausal und linear aufeinanderbezogen werden können. Weyl ist im Unterschied zu Cassirer geradezu bemüht, seine philosophischen Lektüren zu vertuschen. Er betont kontingente Ursachen seiner Erkenntnistheorie. Die Quellen der Texte Weyls verlieren sich in kategorial unterschiedlichen Feldern, zum Beispiel in den Bereich der Fragen nach dem kulturellen Selbstverständnis eines Mathematikers, der eine Automatisierung seiner Praxis fürchtet. Er sucht in der Philosophiegeschichte Antwort auf Fragen, die durch die Erfordernisse der mathematischen Naturwissenschaft virulent werden, und er informiert sich im Austausch mit Literaten, Philosophen, Computerkonstrukteuren und Emigranten über philosophische Neuerscheinungen. Das Geflecht von Beziehungen zu Texten und Personen, das in Weyls philosophischen Texten zu finden ist, charakterisiert auch die Rezeption seiner Schriften. Cassirers Rezeption der Publikationen Weyls ist offenkundig und problematisch. Sie steht hier im Vordergrund und kann als direkt nachweisbare Wechselwirkung beschrieben werden. Schwieriger ist der Nachweis der Rezeption von Weyls Schriften durch andere wie Heidegger, Wittgenstein, Broch, Bense, Cacciari, Deleuze. Der Nachweis der "Wirkung" von Weyls Schriften ist so problematisch wie der Aufweis seiner Ursachen, aber nicht weniger wichtig. Ein längeres Zitat von Hermann Broch verdeutlicht, wie die konstruktive Auffassung vom Medium in der Literaturkritik verwendet wurde:

---

Naturwissenschaften und Kulturgeschichte zu einem "Mosaik" zusammenfügen. Fasst man den Begriff der Wirkung weiter und verzichtet auf den Nachweis tatsächlicher Rezeption oder persönlicher Begegnungen, dann werden im Grundlagenstreit und in der Diskussion der Relativitätstheorie zwei Gedanken präfiguriert, die eine wesentliche Prämisse der Medienwissenschaft berühre. Die Prämisse, nämlich dass ein Verhältnis zwischen Technik und Raum- und Zeit-Vorstellung besteht, wird präpariert durch die Einsicht, dass das mathematische Kontinuum konstruktiver Natur ist und dass Raum und Zeit in Relativitätstheorie konstruktive mathematische Kontinua sind.

“Es ist sicherlich keine Beleidigung für die Relativitätstheorie, wenn wir eine Parallele zur Dichtung ziehen: der klassische Roman begnügte sich mit der Beobachtung von realen und psychischen Lebensumständen, begnügte sich, diese mit den Mitteln der Sprache zu beschreiben. Es galt einfach die Forderung, ein Stück Natur zu sehen durch ein Temperament. Man stellte dar und benützte dazu die Sprache als fix und fertig gegebenes Instrument. Was Joyce tut, ist wesentlich komplizierter. Immer schwingt bei ihm die Erkenntnis mit, dass man das Objekt nicht einfach in den Beobachtungskegel stellen und einfach beschreiben dürfe, sondern dass das Darstellungssubjekt, also der ‚Erzähler als Idee‘ und nicht minder die Sprache, mit der er das Darstellungsobjekt beschreibt, als Darstellungsmedien hineingehören. Was er zu schaffen trachtet, ist eine Einheit von Darstellungsgegenstand und Darstellungsmittel im weitesten Sinne genommen, eine Einheit, die manchmal wohl so aussieht, als würde das Objekt durch die Sprache, die Sprache durch das Objekt bis zur völligen Auflösung vergewaltigt werden, die aber trotzdem Einheit bleibt, jedes überflüssige Epitheton vermeidet, Einheit, in der eines aus dem anderen natürlich herauswächst, weil es in seiner Ganzheit dem Architektonischen untertan ist”.<sup>55</sup>

Broch lernte Weyl im amerikanischen Exil persönlich kennen, er zitiert aber schon 1928 die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft in dem Aufsatz “Die sogenannten philosophischen Grundlagen einer empirischen Wissenschaft”.<sup>56</sup> Er spricht vom Darstellungsmedium und dieses Kompositum ist ein Indiz, das sich der Wortgebrauch ändert. Er ändert sich im Kontext der mathematischen Grundlagenkrise, die als Wiederholung einer älteren Krise, als Produkt einer Entwicklung der neuzeitlichen

---

<sup>55</sup> Broch, Hermann: “Joyce und die Gegenwart”. In: Kommentierte Werkausgabe 9/1. Frankfurt/Main 1976. S. 75f.

<sup>56</sup> Broch, Hermann: “Die sogenannten philosophischen Grundlagen einer empirischen Wissenschaft”. In: Kommentierte Werkausgabe Bd. 10/1. Frankfurt/Main 1986.

Naturwissenschaft oder als radikaler Bruch mit der Geschichte beurteilt wird.

Die Feststellung von Brüchen schärft den Blick für neue Zusammenhänge, wie die Gegenüberstellung von Weyl und Cassirer zeigen soll. Der Wechsel zwischen der Cassirers und Weyls Perspektive, zwischen einer Untersuchung der Brüche und der verborgenen Stetigkeiten, ist eine Übung in medientheoretischer Analyse, die nur dann fruchtbar wird, wenn es ihr gelingt, zunächst das Vorverständnis zu klären und dann auf der Grundlage festgestellter Differenzen in der Verwendung des Wortes Medium, die epistemische Möglichkeit von Medientheorie zu erarbeiten.

## ERSTES KAPITEL

### Synthesen

Das Erkenntnisproblem bleibt zwar komplex, doch hört es nach vierundvierzig Jahren zum mindesten auf, „ein Chamäleon zu sein, das in allen Farben schillert“,<sup>57</sup> schreibt Cassirer kurz vor seinem Tode im amerikanischen Exil, nachdem er den vierten Band einer Untersuchung abgeschlossen hat, von der er 1901 als junger Philosoph noch glaubte, sie „demnächst“<sup>58</sup> abschliessen zu können. In seinem Alterswerk bezeichnet sich Cassirer als „Historiker der Erkenntnistheorie“. Diese Formulierung fällt vor dem Hintergrund seiner frühen Schriften auf, die eine Kontinuität zwischen Leibniz, Kant und der modernen Naturwissenschaft voraussetzen und den historischen Abstand zwischen dem Verfasser der Monadologie und Théodicée zu Einstein, Hilbert und Weyl nicht problematisieren. Eine Verschiebung vom synchronen Überblick zur Wahrnehmung historischer Distanz zeigt auch die Gewichtung der Kapitel in dem Versuch über den Menschen, der 1944 ebenfalls im Exil geschrieben wurde.<sup>59</sup> Der „Versuch“ ist ein Resümee der dreibändigen Philosophie der symbolischen Formen. Deren dritter Band erörtert auf 230 Seiten „die Bedeutungsfunktion und den Aufbau der wissenschaftlichen Erkenntnis“, während der Essay unter dem Verweis auf die zahlreichen Publikationen des Autors „Wissenschaft“ auf zwanzig Seiten abhandelt, hingegen 53 von insgesamt 350 Seiten des Versuchs dem Kapitel „Geschichte“ vorbehalten.

Die vermehrte Aufmerksamkeit für Fragen der Geschichtsschreibung ist zugleich eine Abkehr von der

---

<sup>57</sup> Cassirer Ernst: Das Erkenntnisproblem, S.26.

<sup>58</sup> Cassirer, Ernst: Leibniz' System in seinen wissenschaftlichen Grundlagen. Darmstadt 1998 (1902) XII

<sup>59</sup> Cassirer, Ernst: Versuch über den Menschen – Einführung in eine Philosophie der Kultur. Hamburg 1996 (EA New Haven 1944).

Phänomenologie der symbolischen Formen. Die symbolischen Formen haben sich inzwischen “sprunghaft” entwickelt und trüben den Überblick.<sup>60</sup>

Es bleibt der geschichtlichen Betrachtung vorbehalten, überhaupt einen “Sinn und Ertrag” in den Gedankenreihen der Einzelwissenschaften zu ermitteln, denn nur rückblickend vermag der Philosoph die Forderung nach “Synthesis und Synopsis, der Überschau und Zusammenfassung”<sup>61</sup> zu erfüllen. Ihre Rolle als Führerin der Wissenschaften hat die Philosophie schon im neunzehnten Jahrhundert an die Einzelwissenschaften abgeben müssen: “Der Fortgang der Wissenschaften vermehrte nicht nur die Probleme und Interessen unablässig, sondern er zwang auch zu einer ständigen Besonderung der Forschungsmittel. Die Anpassung des Wissens an die Objekte schien um so sicherer erreicht werden zu können, je geduldiger jede Sonderwissenschaft ihrem Einzelgegenstand in der Feinheit seiner Struktur folgte und je ausschliesslicher sie sich lediglich von ihm lenken liess ... Der Logik der Forschung schien nichts anderes übrig zu bleiben, als diesen Zustand festzustellen und ihn stillschweigend oder ausdrücklich gutzuheissen. Damit aber hatte das Erkenntnisproblem jene sichere Basis verloren, die es in den vorangehenden Jahrhunderten, trotz aller unaufhörlichen Kämpfe bewahrt hatte. Nicht nur die Antwort auf dieses Problem, sondern schon die Möglichkeit einer einheitlichen Fragestellung ist zweifelhaft geworden”.<sup>62</sup> Der Grundsatz, einen Gegenstand an den ihm eigenen Massstäben zu messen, also eine Einzelwissenschaft anhand der ihr eigenen Logik historisch zu untersuchen und nicht von “der Logik der Forschung” kontrollieren zu lassen, entspricht der Methodik der Philosophie der symbolischen Formen. Schon in der Zwischenkriegszeit, als er sein Hauptwerk verfasste, steht

---

<sup>60</sup> Biographische und wissenschaftspolitische Faktoren, die eine Übersetzung der Philosophie der Symbolischen Formen entgegenstehen werden dargelegt von Paetzold, Heinz: Ernst Cassirer – Von Marburg nach New York. Darmstadt 1995.

<sup>61</sup> Das Erkenntnisproblem, S. 26.

<sup>62</sup> A.a.O., S. 24.

Cassirer vor der Wahl, der Sprachgeschichte und der Geschichte unterschiedlicher Medien der Synthesis nachzugehen oder philosophisch die Vollendung der Entwicklung der symbolischen Formen bis zur wissenschaftlichen Synthesis zu begleiten. Die selbst gewählte Apostrophierung der Aufgabe des studierten Philosophen ändert sich im Exil. Auch die moderne Naturwissenschaft wird nun geschichtlich betrachtet und die methodische Reflexion der Geschichtswissenschaft wird im Versuch über den Menschen aufgewertet.

### **Substanz und Funktion**

Am Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn ist für Cassirer die Kant zugeschriebene Einsicht massgeblich, dass Philosophen Beobachter der exakten Wissenschaften und nicht mehr selbst produktive Mathematiker und Naturwissenschaftler sind, und so begreift es Cassirer gerade als Chance, beim Studium des “Erlanger Programms” des Mathematikers Felix Klein<sup>63</sup> die Gültigkeit kantianischer Prämissen bestätigt zu sehen. Der Befund, dass bestimmte die Anschauungsformen a priori betreffende Annahmen bei Leibniz zu finden sind und dass Leibniz’ Formulierungen “fast” kantianisch sind, verdeutlicht den Schliff der Optik Cassirers, die darauf ausgelegt ist, den Zeitraum von Leibniz bis zur Gegenwart als einen stetigen Zusammenhang zu betrachten. Getrübt wird diese Sicht auf die stetige Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens durch Hegels Philosophie, gegen die das neukantianische Programm opponiert. Cassirers frühe Schrift Leibniz’ System in seinen wissenschaftlichen Grundlagen expliziert die Auffassung des Marburger Neokantianers von Substanz und Funktion. Im untersuchten “Fortschritt” von Descartes zu Leibniz ist der Begriff der Bewegung zentral. Bewegung ist mathematisch als Beziehung

---

<sup>63</sup> Siehe Ihmig, Karl-Norbert: “Cassirers Rezeption des Erlanger Programms von Felix Klein”. In: Plümacher, M./ Schürmann (Hrsg.): Einheit des Geistes. Frankfurt/M 1996.

von Raum- und Zeitpunkten zu verstehen. Allerdings gerät man bei der Bestimmung der Natur von Raum und Zeit, in eines von zwei Labyrinthen.

Angenommen Raum und Zeit sind stets gegeben und jede sinnliche Erscheinung findet in Raum und Zeit statt, dann stellt sich die Frage, was geschieht, wenn Grenzen der sinnlichen Erfahrung erreicht werden. Sind Raum und Zeit bis zu einer bestimmten Grenze in Elemente teilbar wie Gegenstände der sinnlichen Erfahrung und verschwinden dann? Hören einzelne Ausschnitte von Raum und Zeit also ab einer bestimmten Grenze auf, Bestandteile von Raum und Zeit zu sein oder sind Raum- und Zeitpunkte nur rein gedankliche Einheiten? Sind Raum und Zeit göttlichen Ursprungs oder entspringen sie "rein" der Verstandestätigkeit, der Einbildungskraft und dem Vermögen, vernünftige Schlüsse zu ziehen? Sind sie Ordnungsbegriffe oder vielleicht blosse "Phantome"? Diese Fragen nach der Natur von Raum und Zeit berühren die Frage nach der Teilbarkeit des Kontinuums und diese Frage ist eines von zwei "Labyrinthen" im Denken Leibnizens, die Cassirer so darstellt:

"Es gibt zwei berühmte Labyrinth, in denen unsere Vernunft sich häufig verirrt; das eine betrifft die grosse Frage von Freiheit und Notwendigkeit, das andere die Diskussion des Kontinuums und des Indivisiblen, das als sein Element erscheint ... 'Die Erläuterungen zur ‚Théodicée‘, die in Briefen an de Montmort enthalten sind, enthalten sodann die eigentliche Lösung, die fast in Worten Kants gegeben wird: ‚Die Quelle der Schwierigkeiten über die Komposition des Kontinuums liegt darin, dass wir die Materie und den Raum als Substanzen betrachten, während die materiellen Gegenstände in sich nur wohlgeordnete Erscheinungen sind und der Raum, exakt gesprochen, nichts anderes als Ordnung des Nebeneinander, die Zeit die Ordnung des Nacheinander ist. Die

Teile bestehen daher nur in der Möglichkeit und sind in der Linie enthalten wie die Brüche in der Einheit'.<sup>64</sup>

Der Raum ist für Leibniz (in der Lesart Cassirers) ein “Gedankending” und “Prinzip der Erkenntnis der Erscheinungen”. Diese Auffassung impliziert eine relationale Definition von physikalischen Messungen: Wenn Raum und Zeit Gedankendinge sind, dann wird nicht eine existierende Anzahl von Raum- und Zeit-Punkten in einer Messung festgehalten, sondern zunächst gedanklich ein Verhältnis gestiftet, das gegliedert werden kann. Entsprechend der gedanklichen Gliederung werden dann Beobachtungen angestellt und geordnet. Der Gegenstand der Messung wird erst in der Messung konstituiert.<sup>65</sup> Bedingung für diese Konstitution sind die Ordnungen des Nacheinander und Nebeneinander, die gedanklich gestiftet werden. “Die metrischen Beziehungen in Raum und Zeit sind selbst erst auf Grund reiner systematischer Stellenrelation möglich. Die Erwiderung Clarkes, dass Raum und Zeit nicht nach der Art der Verhältnisse, sondern nach der Art der absoluten Quantitäten zu denken sind, denen die Verhältnisse zukommen, lässt wiederum den Punkt erkennen, gegen den Leibniz’ Einspruch sich vor allem richten musste: Es ist ein Grundgedanke seiner Logik, dass das ‚Subjekt‘ nicht vor dem ‚Verhältnis‘, das Relatum nicht vor der Relation gegeben ist”.<sup>66</sup> Die relationale Auffassung von Raum und Zeit (im Unterschied zu Clarkes Auffassungen, der nach Cassirer Raum und Zeit als Substanzen behandelt) ist eine Facette im Denken Leibnizens, die Verknüpfungen zur modernen Wissenschaft gestattet und die Leibniz auch entscheidend gegenüber Clarke und Descartes erhebt, die in Cassirers Lesart blass erscheinen. Es sei auch Leibniz

---

<sup>64</sup> Cassirer: Leibniz’ System, S. 245f. zitiert Leibniz nach Gerh. III, 612 und verweist auf Gerh. II, 262, 268, 282f., IV, 491.

<sup>65</sup> Ich gehe hier nicht auf die Beeinflussung einer Messung durch Messinstrumente im Sinne der Quantenmechanik ein. Siehe dazu: WPhil, Anhang C und auch den Abschnitt im vierten Kapitel dieser Arbeit. Weyl erwähnt, dass der Einfluss der Messapparate auf die Messung ein seit langem bekanntes Phänomen sei.

gewesen, der den Funktionsbegriff qualitativ, statt quantitativ gefasst habe.

Der Funktionsbegriff ist allgemein der Gedanke eines Verhältnisses.<sup>67</sup> Mathematisch gesprochen ist eine Funktion Ausdruck einer Verknüpfung von veränderlichen Werten. In der Funktion vollzieht sich ein Wandel von der quantitativen Bedeutung einzelner Werte hin zu einem allgemeinen Gesetz: "Das Verhältnis bezeichnet eine Gesetzlichkeit", die zwar zwischen quantitativen Elementen sich vollzieht, die aber selbst kein "Quantum" ist.<sup>68</sup> 1910 untersucht Cassirer in Substanzbegriff und Funktionsbegriff<sup>69</sup> vor dem Hintergrund des so entwickelten Funktionsbegriffs die Entwicklung der mathematischen und logischen Forschung im neunzehnten Jahrhundert und umgrenzt die epistemischen Felder, die zum Grundlagenstreit und zur Veränderung des Medienbegriffs führen. Der Ausgangspunkt der Untersuchung ist eine veränderte mathematische Mannigfaltigkeitslehre<sup>70</sup>:

"Von der Arbeit, die die Jahrhunderte hier für die Formulierung der Grundlehren geleistet haben, scheint mehr und mehr abzubröckeln; - während auf der andern Seite jene neuen grossen Gebiete von Problemen hervortreten, die sich aus der Berührung mit der allgemeinen mathematischen MANNIGFALTIGKEITSLEHRE [Hvvhb. Cassirer] ergeben. Immer mehr erweist sich diese Lehre als der

---

<sup>66</sup> Cassirer diskutiert Clarkes fünfte Entgegnung (Abschnitt 54), Erdm. 778-788: 783.

<sup>67</sup> Das Denken in Funktionsbegriffen heisst, Verhältnisse zu konstruieren. Es ist eine dynamische konstruktive Aktivität des „Geistes“, eine poetische statt einer mimetischen Tätigkeit, wie Cassirer in der Philosophie der symbolischen Formen darlegen wird. Zum Unterschied von mimetischen zu poetischen Beziehungen zwischen "Geist" und "Welt" siehe PhsF. I.

<sup>68</sup> Leibniz' System..., S. 129 und S. 125.

<sup>69</sup> Cassirer, Ernst: Substanzbegriff und Funktionsbegriff - Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik. Darmstadt 1980 (Berlin 1910).

<sup>70</sup> Mannigfaltigkeit wird hier im Sinne von Menge verwendet. Der Begriff "Mannigfaltigkeitslehre" wird von Bernhard Riemann in dessen Habilitationsvortrag verwendet. Riemann, Bernhard: Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. Neu herausgegeben und erläutert von Hermann Weyl. Berlin 1919. Weyl nennt die Abhandlung "Probevorlesung". Anlass der Abhandlung ist das Kolloquium zum Zweck der Habilitation Riemanns am 10. Juni 1854 an der philosophischen Fakultät Göttingen.

gemeinsame Zielpunkt, dem verschiedenartige logische Fragestellungen, die man zuvor gesondert zu verfolgen pflegte, gleichmässig zustreben und durch den sie ihre ideelle Einheit empfangen”.<sup>71</sup>

Das Erfassen von Mannigfaltigkeiten setzt eine Revision der aristotelischen Logik voraus. Kant soll noch im ausgehenden 18. Jahrhundert behauptet haben, dass die Logik in den 2000 Jahren seit Aristoteles keinen Schritt vorwärts, aber auch keinen zurück getan habe; Cassirer fordert am Beginn des 20. Jahrhunderts eine Revision dieses Urteils angesichts der mathematischen Entwicklungen seit Kant. Die aristotelische Logik spiegele dessen Lehre vom Sein wieder. Aristotelisch werden Begriffe durch Abstraktion spezifischer Merkmale einer Reihe von Gegenständen gewonnen, z.B. wird der Begriff “Baum” durch einen Vergleich von Eiche, Ulme, und Birke gewonnen, bei dem man von der besonderen Form der Blätter absieht und nur die Gemeinsamkeit festhält, Wurzel, Stamm und Äste zu besitzen. Der Mensch wird aristotelisch als federloser Zweibeiner definiert. Die Definition beruht auf Vergleichen und der Feststellung von Unterschieden. Menschen und Vögel gehören zur Gattung der zweibeinigen Lebewesen und werden artgemäss durch die Eigenschaft, Federn zu haben oder nicht, von einander unterschieden. Je allgemeiner ein Begriff ist, desto mehr Gattungen umfasst er und desto weniger bezeichnet er individuelle Eigenschaften des Seienden. Lebewesen und Gegenstände aus der unbelebten Natur gehören zur Gattung des Seienden, die eine grössere Zahl von individuellen Gegenständen als die Gattung Lebewesen bezeichnet, dafür aber weniger bestimmende Merkmale besitzt: “Dem weiteren Umfang entspricht daher eine fortschreitende Beschränkung des Inhalts, so dass schliesslich die allgemeinsten Begriffe, zu denen wir gelangen können, keinerlei auszeichnende Eigentümlichkeit und Bestimmtheit mehr besitzen... Wenn alle Begriffsbildung darin

---

<sup>71</sup> Cassirer: Substanzbegriff und Funktionsbegriff, S. 3.

besteht, nur die übereinstimmenden Merkmale herauszuheben, während wir alle übrigen fallen lassen, so ist klar, dass durch eine derartige Reduktion an die Stelle der ursprünglichen anschaulichen Gesamtheit ein blosser Teilbestand getreten ist".<sup>72</sup> Der mathematische Begriff werde nach Cassirer eben nicht durch den Vergleich von Eigenschaften und zunehmende Abstraktion von Gegebenen gewonnen, sondern setze ein individuelles Allgemeines auf Grund eines erzeugenden Prinzips. Mathematische Begriffe sind konstruktiv. So ist jede natürliche Zahl ein Sonderwesen, dessen Eigenart durch das Erzeugungsgesetz der Zahlenreihe garantiert wird. Ein mathematischer Begriff bildet nicht ab, sondern ist ein Ausdruck und Anleitung, "indem aus einem einfachen Akt der Setzung durch fortschreitende Synthese eine systematische Verknüpfung von Denkgebilden hervorgebracht wird".<sup>73</sup>

Der mathematische Begriff ist nicht abgeleitet, sondern "vorweggenommen". Die im Begriff ausgedrückte allgemeine Verknüpfung bildet die Voraussetzung, um individuelle Objekte zu beschreiben. Eine bestimmte Form der Verknüpfung ist die Funktion, eine Regel der Zuordnung: "Der echte Begriff lässt die Eigentümlichkeiten und Besonderheiten der Inhalte, die er unter sich fasst, nicht achtlos beiseite, sondern er sucht das Auftreten und den Zusammenhang eben dieser Besonderheiten als notwendig zu erweisen. Was es gibt, ist eine universelle Regel für die Verknüpfung des Besonderen selbst. So können wir von einer allgemeinen mathematischen Formel - etwa von der Formel der Kurven zweiter Ordnung - zu den speziellen geometrischen Gebilden des Kreises, der Ellipse usw. gelangen, indem wir einen bestimmten Parameter, der in ihr auftritt, als veränderlich betrachten und ihn eine stetige Reihe von Grössenwerten durchlaufen lassen. Der allgemeinere Begriff erweist sich hier

---

<sup>72</sup> A.a.O., S. 7f.

<sup>73</sup> A.a.O., S. 15.

zugleich als der reichere ...".<sup>74</sup> Gerade funktionale Begriffe genügen dem Anspruch der Identität zwischen Gedachtem und Wahrnehmungsinhalt.

Die Entwicklung des Funktionsbegriffs wird von Cassirer nicht als Krise der Darstellung konzipiert, sondern als Erweiterung und Verfeinerung der Darstellungsmittel. Das ist vereinbar mit einer dynamischen Adäquation zwischen Begriff und anschaulicher Wirklichkeit.<sup>75</sup> Der Begriff der Substanz wird dem Dunkel einer rückwärts gewandten Vorstellung von Metaphysik überlassen, vor deren Hintergrund das Denken in funktionalen Beziehungen in hellem, bald auch humanen Licht erscheint, das in den Jahren des Exils "dramatisch"<sup>76</sup> flackert.

In der Erörterung eines Textes von Heinrich Rickert betont Cassirer, dass der ungegenständliche Charakter der Zahlen die Möglichkeiten, sich der empirischen Wirklichkeit zu nähern, vervielfältigt: "Aber es wäre nichts desto weniger ein Missverständnis, wenn man annähme, dass die exakte Wissenschaft sich durch diesen eigentümlichen Grundzug ihrer Begriffsbildung den Aufgaben, die das empirisch-konkrete Dasein ihr stellt, mehr und mehr entfremdet. Gerade in dieser scheinbaren Abkehr von der Wirklichkeit der Dinge strebt sie ihr vielmehr auf einem neuen Wege zu. Eben jenen Begriffen, die keinen direkt aufweisbaren anschaulichen Gehalt mehr besitzen, kommt dennoch eine unentbehrliche Funktion für die Gestaltung und den Aufbau der anschaulichen Wirklichkeit zu".<sup>77</sup> Das setzt ein relatives

---

<sup>74</sup> A.a.O., S. 25. Mehrtens (a.a.O., S. 84 f.) nennt Funktionen in Anlehnung an Poincaré "Monster". Mit Funktion sei ursprünglich eine "höchst anschauliche Sache" gemeint gewesen, "eine Kurve nämlich, wie man sie in einem Zug auf ein Stück Papier zeichnen kann". Doch mit Funktionen können abstrakte Zuordnungen zwischen Mengen unternommen werden, die nicht mehr stetig gezeichnet werden können. Das wirft Fragen nach der geometrischen Darstellung auf. Mehrtens betont, dass die Mathematik sich zunehmend von der Wirklichkeit löst und sich beim Versuch der Bändigung der "Monster" um eine Präzisierung ihrer Begriffe bemüht.

<sup>75</sup> Sie sind für Cassirer also keine "Monster", noch ist in dieser Sichtweise die Behauptung des Mathematikers Hermann Weyl verständlich, der schreibt, WPhil, S. 22 : "Niemand kann erklären, was eine Funktion ist". Cassirer spricht von Wahrnehmung und anschaulicher Wirklichkeit. Das impliziert bereits ein vermitteltes Verhältnis zur Wirklichkeit.

<sup>76</sup> Cassirer, Ernst: Versuch über den Menschen, S. 26.

<sup>77</sup> A.a.O. S. 304.

kantianisches und nicht ein absolutes newtonisches Weltbild voraus. Die Grundannahme dieses kantianischen Weltbildes beruht auf der Einsicht Leibnizens, dass Raum und Zeit Ordnungsbegriffe sind, die nicht als Substanzen angesehen werden. Diese Prämisse gilt insbesondere für die moderne Naturwissenschaft. Ihre Aufgabe ist es nicht, Erscheinungen nach dem Schema der aristotelischen Metaphysik in Hinblick auf ein höchstes Seiendes zu analysieren, sondern Verhältnisse zu bestimmen.

### **Raum und Zeit**

*Im Grunde ist alles, was ich treibe Sprachstudium. Ich glaube die Kunst entdeckt zu haben, die Sprache als Vehikel zu gebrauchen, um das Höchste und Tiefste und die Mannigfaltigkeit der ganzen Welt zu durchfahren (Wilhelm von Humboldt)*

Cassirer argumentiert 1918,<sup>78</sup> dass Kants Auffassung von Raum und Zeit deutlich von Newtons Begriff der absoluten mathematischen Zeit unterschieden werden kann und bereitet so eine Anschlussmöglichkeit von Kants Lehre an die Relativitätstheorien Einsteins vor: “Newton spricht freilich von der absoluten, wahren und mathematischen Zeit, die an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgendeinen äusseren Gegenstand verfließe. Aber gestehen wir ihm selbst diese Erklärung zu; lassen sich auch die Momente dieser gleichförmigen Zeit unabhängig von jeder Beziehungen auf physische Gegenstände unterscheiden? Wissen wir unmittelbar von zeitlichen Augenblicken und ihrer Reihenfolge oder ist nicht vielmehr alles Wissen, das wir hierüber zu besitzen glauben, vermittelt durch unsere Erkenntnis der räumlich-zeitlichen Inhalte

---

<sup>78</sup> Cassirer führt das aus in: Kants Leben und Lehre. Darmstadt 1994 (EA Berlin 1918).

und durch die dynamische Verknüpfung, die wir zwischen ihnen annehmen?“<sup>79</sup>

Die Frage ist rhetorisch, denn Urteile über physische Dinge können nur auf Grund einer Synthesis des Verstandes formuliert werden. Die Synthesis ist „allgemeine Voraussetzung für die Form der Erfahrung selbst“.<sup>80</sup> Zuvor hat Cassirer eben dieses Prinzip der kantianischen Lehre folgendermassen dargestellt. Raum und Zeit sind Anschauungsformen

a priori und als solche Bedingung für „alle synthetischen Urteile des theoretischen Erkenntnisses‘... Der Raum entsteht uns nicht, indem wir ihn aus Punkten, die Zeit nicht, indem wir sie aus Augenblicken, gleich als wären es dingliche Bestandteile, zusammensetzen; vielmehr sind Punkte und Augenblicke (und damit mittelbar überhaupt alle Gebilde in Raum und Zeit) nur durch eine Synthesis setzbar, in der uns die Form des Beisammen überhaupt oder des Nacheinander entsteht. Wir setzen also diese Gebilde nicht in den fertigen Raum und die fertige Zeit hinein, sondern bringen sie vermittels ‚des‘ Raumes und vermittels ‚der‘ Zeit - wenn man beide als konstruktive Grundakte der Anschauung selbst versteht - erst hervor“.<sup>81</sup>

Das Cassirer gut bekannte „Erlanger Programm“ des Mathematikers Felix Klein ist ein Bindeglied zwischen Kant und Einstein. Klein definiert Geometrie als reine Beziehungslehre, die gestattet, unterschiedliche Geometrien ineinander zu übersetzen. Zwar unterscheidet Klein hierarchisch zwischen den Geometrien, bewertet jedoch nicht, ob eine Geometrie richtiger ist als eine andere. Bewertet werden kann hingegen der Grad der Allgemeinheit einer Beziehungslehre. Die Einsteinische Relativitätstheorie scheint zunächst ein klarer Beweis der kantischen Lehre zu sein, denn „in der relativistischen Physik sinken Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herab,

---

<sup>79</sup> A.a.O. S. 196.

<sup>80</sup> Ibidem.

<sup>81</sup> A.a.O., S. 172.

und nur noch eine Art Union der beiden bewahrt Selbständigkeit”, so Minkowski im Referat Cassirers, der zusammenfassend schreibt, dass in dieser modernen Physik Raum, Zeit und Materie nur noch in der Synthesis real seien. Doch mischen sich in Cassirers dies bezüglicher Publikation<sup>82</sup> skeptische Untertöne. Er hebt zunächst die neue Einheit zwischen den bisher getrennten Beziehungsformen Raum und Zeit in der Zahlbestimmung hervor: „Die Besonderheit jedes ‚Ereignisses‘ wird durch die vier Zahlen  $x_1, x_2, x_3, x_4$  zum Ausdruck gebracht, wobei diese Zahlen selbst gegeneinander keine inneren Unterschiede mehr aufweisen, also auch die einen von ihnen  $x_1, x_2, x_3$ , nicht zu einer besonderen Gruppe der ‚räumlichen‘ Koordinaten vereinigt und der ‚Zeitkoordinate‘  $x_4$  gegenübergestellt werden... Jetzt werden nicht nur die räumlichen und zeitlichen Bestimmungen gegeneinander vertauschbar, sondern es scheinen sich auch alle inneren, für das subjektive Bewusstsein unaufheblichen Unterschiede des Zeitlichen selbst, alle Differenzen der Richtung, die wir durch die Worte ‚Vergangenheit‘ und ‚Zukunft‘ bezeichnen, zu nivellieren”.

Die Einsteinsche Relativitätstheorie ist ein Beispiel für die “durch dies Gegebene hindurchgreifende Vernunft”. Das Gegebene ist das in der Anschauung gegebene Kontinuum, auch “psychologisches” Kontinuum, und der Griff der Vernunft geschieht mit dem “mathematisch-physikalischen” Kontinuum.<sup>83</sup> Cassirer referiert an dieser Stelle Weyl, der die scharfe Scheidung zwischen beiden Kontinua hervorhebt. Cassirer relativiert diese scharfe Scheidung des Mathematikers und relativiert im gleichen Passus auch den Wahrheitsanspruch der psychologischen Zeit nach Bergson. Die psychologische Seite, das heisst das subjektive Gefühl von Raum und Zeit werde von Bergson überbewertet und als wahr “absolutiert”, sei aber “nur” dem mathematisch-physikalischen Standpunkt des Bewusstseins “entgegengerichtet... Beide Gesichtspunkte lassen sich in ihrem Sinn und ihrer Notwendigkeit verstehen: - keiner reicht für sich aus, das tatsächliche Ganze des

---

<sup>82</sup> Cassirer, Ernst: Zur Einsteinschen Relativitätstheorie. Berlin 1921.

Seins im idealistischen Sinne, als ‚Sein für uns‘ zu umfassen. Die Symbole, die der Mathematiker und Physiker in seiner Schau des Äusseren und die der Psychologe in seiner Schau des Inneren zu Grunde legt, müssen sich beide als Symbole verstehen lernen”.<sup>84</sup> Die physikalische Relativitätstheorie, so endet Cassirer seine Analyse, kann alleine noch nicht sagen "was Raum und Zeit wahrhaft sind - und das wäre für uns im philosophischen Sinne erst dann bestimmt, wenn es uns gelänge, diese Fülle ihrer geistigen Bedeutungsnuancen vollständig zu überblicken und uns ihr des durchgreifenden und übergreifenden Formgesetzes zu versichern, dem sie unterstehen und gehorchen”.<sup>85</sup> Hier erklingt in nuce das Programm der Philosophie der symbolischen Formen, die bedingt einen Ausgleich zwischen "objektiven" mathematischen Wahrheitsanspruch und "subjektiven" psychologischen Anspruch anstrebt. Cassirer veröffentlicht das Werk auf dem Höhepunkt seiner gesellschaftlichen Anerkennung<sup>86</sup> - als erster jüdischer Rektor einer deutschen Universität. Seine Aufgabe versteht er nun als "Phänomenologie", sie betrifft das "Modeln mit Kokosnüssen gleichermaßen wie die Scheinbilder von Heinrich Hertz und die Quantenmechanik". Die Möglichkeit, so unterschiedliche Wissensordnungen wie das Zählen der Nuba, die Grammatik des Dualis und das Denken in Funktionsbegriffen zu überblicken, bietet Humboldts Sprachphilosophie.

Humboldts Programm ist auch das Programm Cassirers in der mittleren Phase. Die ganze Welt umfasst nun nicht nur die primitiven Sprachen, sondern auch den Symbolgebrauch der modernen Wissenschaft. Cassirer liest Heinrich Hertz im Sinne Humboldts und setzt dazu den mathematischen Begriff der Abbildung voraus. Hertz bezeichnet Begriffe als "Scheinbilder", die sich die Erkenntnis entwirft, "um die Welt der sinnlichen Erfahrung zu beherrschen und als gesetzlich geordnete Welt zu

---

<sup>83</sup> A.a.O., S. 126.

<sup>84</sup> A.a.O., S. 127.

<sup>85</sup> A.a.O., S. 129.

übersehen, denen aber in den sinnlichen Daten selbst unmittelbar nichts entspricht". Der Akzent muss in der Folge auf der Unterscheidung zwischen unmittelbar und mittelbar liegen. Abbildung, so Hertz im Referat Cassirers, sei nicht als deskriptiver oder ikonischer Zeichenprozess zu verstehen, sondern als Zuordnung im Sinne der Mengentheorie. Sie wird gekennzeichnet durch einen Vergleich mit Ordnungsprinzipien, die Elemente einer Menge bestimmen, indem sie mit den Elementen einer anderen Menge verglichen werden. Ein Massstab wird nun definiert als mathematische Folge, die Elemente nach einem exakten Gesetz konstruiert. Abbildungen sind als Untersuchungen gleichgearteter funktionaler Zusammenhänge zu verstehen, die von den Qualitäten des einzelnen Gegenstandes absehen und stattdessen Beziehungen zwischen Eigenschaften untersuchen. Am Vergleich zwischen rot und grün ist nicht ihre subjektive Leuchtkraft entscheidend, sondern ihr Verhältnis zu einer Zahlenskala. Die sinnliche Qualität eines Gegenstandes wird damit nicht auf ihre Wesenhaftigkeit, sondern auf seine Beziehung zu anderen Gegenständen hinsichtlich der Vergleichbarkeit dieser Beziehung mit den Abständen auf einer Skala. Diesen Prozess hat Cassirer schon zehn Jahre zuvor als Ablösung des klassischen Substanzbegriffs, der durch Abstraktion von sinnlichen Gegebenen definiert ist, hin zu funktionalen Begriffen, die Beziehungen konstruieren, beschrieben. Raum und Zeit werden dabei nicht mehr als Substanzen oder Behälter begriffen, sondern als Formen, die Beziehungen zwischen Ereignissen herstellen. Diese Beziehungen sind mathematisch exakt konstruierbar, doch ist die Grundlage dieser Konstruktionen strittig.<sup>87</sup>

---

<sup>86</sup> Siehe dazu: Paetzold, Heinz op. cit.

<sup>87</sup> Da die Physik ihr Aufgabenfeld nicht mehr auf die Bestimmung eines Urprinzips oder einer allen zugrundeliegenden Substanz definieren könne, sondern sich an Massstäben orientiere, deren Regelmässigkeit durch mathematische Bildungsgesetze definiert wird, kann Cassirer die praktisch-physikalische Anwendbarkeit der mathematischen Symboloperationen nicht argumentativ zur Schlichtung des Grundlagenstreits verwenden.

Mittelbar entspricht dem Scheinbild sehr wohl etwas in der sinnlichen Erfahrung, dank der "Transsubstantiation" und "Metamorphose". Cassirer nennt so das Verhältnis der modernen physikalischen Theorie zu ihrem Gegenstand Metamorphose und "Transsubstantiation"<sup>88</sup>. Die moderne Physik wandle die Stetigkeit des Pseudo-Kontinuums der Erscheinungen in Reihen von Messergebnissen um. Durch diesen Prozess wird die Wahrnehmung reif "für die mathematisch-physikalische Behandlung und Bestimmung". Diese Bestimmung bedeutet "Emanzipation von anthropomorphen Elementen" und Ordnung anhand des Kontinuums der reellen Zahlen, d.h. nach Elementen, die scharf voneinander abgegrenzt sind. Die einzige Aufgabe der physikalischen Begriffsbildung sei es, das Gegebene in die "Form einer reinen Zahl-Mannigfaltigkeit" umzusetzen.<sup>89</sup> Die sinnliche Erfahrung muss erst im Experiment so hergestellt werden, dass ihr das Scheinbild entspricht. Das Mittlere zwischen sinnlicher Erfahrung und mathematischer Konstruktion ist dynamisch. Es "ist" nicht, sondern "wird" durch die Synthese.

### **Synthesis in der Philosophie der symbolischen Formen**

Die Philosophie der symbolischen Formen ist eine universale Synopse der unterschiedlichen Wirkungen der sprachlichen "Energie". Ihren möglichen Ursprung entdeckt Cassirer mit Hilfe anthropologischer Studien der seiner Zeit erforschten Naturvölker. Die Transkriptionen der oralen Kulturen ferner Völker sind für ihn Dokumente, die eine sprachliche Vergangenheit entdecken helfen. Von einem so rekonstruierten Ursprung der symbolischen Formen habe sich die menschliche symbolische Praxis stetig verfeinert. Die einzelnen Phasen dieser Entwicklung erfasst Cassirer, indem er die Bedeutungsspektren der Worte Symbol, Form und Medium miteinander verschmilzt. Jeder Phase entspricht ein symbolisches

---

<sup>88</sup> PhsF III, S. 510.

Medium<sup>90</sup>, das in eigener Weise definiert, was als objektiv und was als subjektiv, was als Innenleben und was als Aussenwelt gilt: “Erst die fortschreitende Kritik der Erkenntnis lehrt uns diese Teilungen und Trennungen nicht als ein für allemal in den Dingen selbst liegende, als absolute Bestimmungen zu nehmen, sondern sie als durch die Erkenntnis selbst vermittelte zu verstehen. Sie zeigt, dass insbesondere der Gegensatz von ‚Subjekt‘ und ‚Objekt‘, von ‚Ich‘ und ‚Welt‘ für die Erkenntnis nicht einfach hinzunehmen, sondern aus ihren Voraussetzungen zu begründen und in seiner Bedeutung erst zu bestimmen ist. Und wie im Aufbau der Welt des Wissens, so gilt das gleiche in irgendeinem Sinne für alle wahrhaft selbständigen geistigen Grundfunktionen. Auch die Betrachtung der künstlerischen wie die des mythischen Ausdrucks ist in Gefahr, ihr Ziel zu verfehlen, wenn sie, statt sich unbefangen in die einzelnen Ausdrucksformen und Ausdrucksgesetze selbst zu vertiefen, von vornherein von dogmatischen Annahmen über das Verhältnis zwischen ‚Urbild‘ und ‚Abbild‘, zwischen ‚Wirklichkeit‘ und ‚Schein‘, zwischen ‚innerer‘ und ‚äusserer‘ Welt ihren Ausgang nimmt. Die Frage muss vielmehr lauten, ob nicht eben durch die Kunst, durch die Sprache, durch den Mythos all diese Scheidungen mitbedingt sind und ob nicht jede dieser Formen in der Setzung der Unterschiede nach verschiedenen Gesichtspunkten verfahren und demgemäss Grenzlinien verschieden ziehen muss. Die Vorstellung einer starren substantiellen Abscheidung, eines schroffen Dualismus zwischen der ‚inneren‘ und der ‚äusseren‘ Welt wird auf diese Weise mehr und mehr zurückgedrängt”.<sup>91</sup> Primär spricht Cassirer von Kunst, Sprache und Mythos als unterschiedlichen Medien mit jeweils eigenen Brechungsindizes.

Doch unterscheidet er innerhalb des Mediums der Sprache geschichtliche Stadien wie das der Welt der Empfindung und das der Welt der reinen Anschauung, die jeweils über spezifische

---

<sup>89</sup> PhsF III, 503.

<sup>90</sup> Siehe insbesondere PhsF I, S. 26f.

<sup>91</sup> PhsF I, S. 12f.

Medien der geistigen Synthesis verfügen.<sup>92</sup> Die Relativität, d.h. die Abhängigkeit der Bestimmung dessen, was als objektiv gilt, vom jeweiligem Medium ist eine grundlegende These Cassirers. Sie wird jedoch durch sein entschiedenes Eintreten für eine “Vollendung” der kantianischen Synthesis durch die moderne Naturwissenschaft begrenzt und ist insofern nur ein bedingter Ausgleich zwischen “subjektivem” und “objektivem” Wahrheitsanspruch. Der Symbolismus der modernen Naturwissenschaft wird als höchstes Produkt einer stetigen Raffinierung der sprachlichen Energie begriffen, sie wird damit ein Teilgebiet, für das die Sprachphilosophie Humboldts Gültigkeit besitzt.

Der sprachliche Laut ist nach Humboldt kein reines Instrument der Vermittlung, sondern eines, das dem menschlichen Geist gestattet, Welt überhaupt wahrzunehmen. Die genetische Betrachtung ist in ihrer Prioritätensetzung kantianisch, da sie die Existenz einer geistigen Form als Bedingung der Wahrnehmbarkeit von Welt postuliert. Indem sich der Mensch lautlich äussert, nimmt er sich selbst wahr, erkennt etwas, das von ihm stammt, als ausserhalb seiner Selbst befindlich an, und ist so gezwungen, etwas, das ausserhalb seiner Selbst wahrnehmbar ist, an sich zurückzubinden. Der sprachliche Laut wird damit zur Brücke zwischen Geist und Welt. Diese Brücke ist dynamisch und flexibel und damit ist das, was der Geist und was die Welt ist, der Veränderung unterworfen. Synthesis heisst, dass die Form dem Inhalt vorausgeht. Die Form des Ausdrucks “prägt” das Ausgedrückte. Humboldt habe dieses Prinzip von Kant übernommen: “Für Kant ist die Form ein blosser Verhältnisausdruck, aber sie macht eben darum, da all unser Wissen von Erscheinungen sich zuletzt in ein Wissen von zeitlich-räumlichen Verhältnissen auflöst, das eigentliche objektivierende Prinzip der Erkenntnis aus. Die Einheit der Form begründet als Einheit der Verknüpfung die Einheit des Gegenstandes. Die

---

<sup>92</sup> Phs F I, S. 149f.

Verbindung eines Mannigfaltigen kann niemals durch Sinne in uns kommen, sondern sie ist jederzeit ein ‚Aktus der Spontanität der Vorstellungskraft‘. So können wir uns nichts als im Objekt verbunden vorstellen, ohne es vorher selbst verbunden zu haben, und unter allen Vorstellungen ist sie die Verbindung, die einzige, die nicht durch Objekte gegeben, sondern nur vom Subjekte selbst verrichtet werden kann”.<sup>93</sup> Cassirer betont die “Doppelsinnigkeit Humboldts”, nämlich dass Humboldt von der Idee der Synthesis ausgehend, die sinnliche Äusserung betrachtet und diese in ihrer Wirksamkeit auf die Idee und die Art der Verknüpfung erneut betrachtet. Was für die sprachliche Entwicklung eines Individuums gilt, trifft auch auf die individuellen Sprachen zu. Sie sind Formen der Synthese, und damit spezifische Formen, die bestimmen, was als objektiv gilt. Für die Nationalsprachen gilt: “... das Objektive [ist] nicht das Gegebene sondern es bleibt stets das eigentlich zu Erringende ... Die Sprache kommt so wenig von dem Objekt als einem Gegebenen her, um es lediglich in sich ‚abzudrücken‘, sondern sie birgt in sich eine geistige Auffassungsweise, die als entscheidendes Moment in all unsere Vorstellung des Objektiven eingeht”.<sup>94</sup> Sprache ist kein Werk, “*ergon*”, sondern eine erzeugende “*energeia*“, Energie. Das bedeutet für die Sprachwissenschaft, dass sie die unterschiedlichen Energien vergleichen kann, mit denen sich in den Nationalsprachen Vorstellungen vom Objektiven entwickeln. Cassirer untersucht im ersten Band der Philosophie der symbolischen Formen unterschiedliche räumliche und zeitliche Ausdrücke in den Sprachen der Naturvölker und argumentiert dabei einerseits relativ, in dem er jeder Sprache ihren eigenen Wahrheitsgehalt zugesteht: “Um die Eigentümlichkeit irgendeiner geistigen Form sicher zu bestimmen, ist es vor allem notwendig, dass man sie mit ihren eigenen Massen misst ... Jede neue Form stellt in diesem Sinne einen neuen ‚Aufbau‘ der Welt dar, der sich nach spezifischen, nur

---

<sup>93</sup> PhsF I, S. 106 zitiert Krit. d. rein. Vernunft; Transz. Deduktion der reinen Verstandesbegriffe, § 15, 2. Aufl. S. 129 ff.

<sup>94</sup> PhsF I, S. 102.

für sie gültigen Richtmassen vollzieht.“<sup>95</sup>. Das Mass wird durch das “Medium” definiert, doch ist Cassirers Darstellung seiner “Messergebnisse” von evolutionären Begriffen durchsetzt, die ausser Frage lassen, dass die symbolische Praxis in der modernen Naturwissenschaft der vorläufige Höhepunkt einer Entwicklung ist. Das heisst, dass Cassirer andererseits absolut argumentiert, wenn er die moderne Naturwissenschaft als wesentlichen Schritt der Entwicklung ansieht. Cassirers Erkenntnistheorie arbeitet die konstitutive Rolle von symbolischen Formen bei der Konstitution von Aussenwelt und Bewusstsein hervor.<sup>96</sup> Mit Leibniz nennt er den Symbolismus eine Form des Möglichen und er betont den Übergang von referenziell definierten Zeichen zu operational definierten. Er setzt weiterhin voraus, dass jeder symbolische Prozess und damit auch die Modelle der Naturwissenschaften nicht Kopien von der Aussenwelt liefern, sondern dynamische Zuordnungen vornehmen.

Die Philosophie der symbolischen Formen demonstriert die Entfaltung symbolischer “Wirkkräfte” und legt dar, wie symbolische Formen die Modalitäten der Auffassung von Wirklichkeit, Denken, Wahrnehmen und Erfahren prägen. Der mathematische Symbolismus wird als Medium bezeichnet und so thematisiert, dass die Wechselbeziehung zwischen Erkenntnis, Medium und Wirklichkeit im Unterschied zu mythischen und sprachlichen Symbolismen verständlich wird. Cassirers Widersprüchlichkeit besteht darin, dass er den Wirklichkeitsbegriff der exakten Naturwissenschaft als relativen kennzeichnet, der dank der ihm eigenen Mediengebundenheit mit anderen kulturellen

---

<sup>95</sup> PhsF I, S. 124.

<sup>96</sup> Während Cassirer an den abschliessenden Kapiteln der symbolischen Formen arbeitet, die der Mathematik und der Physik gewidmet sind, veröffentlicht Oskar Becker eine existentialphilosophische Analyse des Grundlagenstreits. Zur Datierung des dritten Bandes gibt Cassirer im Juli 1929 Auskunft. Er schreibt im Vorwort zum dritten Band, PhsF, Bd. III, S. IX: “Was die philosophische und wissenschaftliche Literatur betrifft, auf die sich die Darstellung bezieht, so sei bemerkt, dass das Manuskript dieses Bandes bereits zu Ende des Jahres 1927 abgeschlossen war; die Veröffentlichung wurde nur deshalb herausgeschoben, weil damals noch die Angliederung des letzten ‘kritischen’ Teils geplant war. Die Werke der beiden letzten Jahre konnte ich daher nur noch in Einzelfällen berücksichtigen”.

Ausdrucksformen vergleichbar wird, dann aber die symbolische Praxis der Naturwissenschaft als Vollendung einer stetigen Geschichte begreift und damit eine Wertung vornimmt. Die Relativität, die Cassirer mit der Annahme der grundsätzlichen Medialität der menschlichen Symbolpraxis einführt, wird durch die Fortschrittshypothese beschränkt.

### **Zahlwort und Zahlbegriff**

In der Philosophie der symbolischen Formen legt Cassirer den Unterschied zwischen Zahlwort und Zahlbegriff dar: "So ist z. B. in der Sprache der Fidschi-Inseln je ein eigenes Wort im Gebrauch, das Gruppen von zwei, von zehn, von hundert, von tausend Kokosnüssen, oder auch von zehn Kanus, von zehn Fischen usf. bezeichnet".<sup>97</sup> Die Beschaffenheit der gezählten Gegenstände bestimmt hier die Wahl der Zahlworte. Kennzeichnend für den Begriff der Zahl hingegen ist, dass er ein allgemeines Ordnungsprinzip unabhängig von den zu ordnenden Gegenständen impliziert. Die Zahlworte unterscheiden sich je nach der zu Grunde gelegten Ordnung: "So bedeutet z.B. im Sotho das Wort für fünf eigentlich: "vollende die Hand"... So verfügt z.B. die Klamath-Sprache über eine Fülle derartiger Bezeichnungen, die von Verben des Setzens, des Legens und Stellens gebildet sind und die je eine besondere Art der ‚Reihung‘ gemäss der Besonderheit der zu zählenden Objekte zum Ausdruck zu bringen. ... Kraft dieses Verfahrens werden die Bewegungen in der Aufreihung der Gegenstände mit bestimmten körperlichen Bewegungen, die in einer gegebenen Reihenfolge ablaufend gedacht werden, koordiniert. Dabei brauchen die letzteren nicht auf die Hände und Füße, die Finger und Zehen beschränkt zu bleiben, sondern können auf alle anderen Glieder des menschlichen Leibes übergreifen. In English-Neu-Guinea geht die Folge beim Zählen von den Fingern der linken Hand auf die Handwurzel, den

Ellbogen, die Schulter, den Nacken ... usf. über ... Man hat diese Zählmethoden in ihrem geistigen Wert oft tief hinabgesetzt... Aber das halb poetische, halb theologische Pathos dieser Scheltrede [Steinthal, Mande-Negersprachen] vergisst, dass es, statt das primitive Verfahren an unserem vollentwickelten Zahlbegriff zu messen, auch hier richtiger und fruchtbarer ist, den wie immer geringen intellektuellen Gehalt, den es trotz allem in sich birgt, aufzusuchen und anzuerkennen”.<sup>98</sup>

Den unterschiedlichen Zählverfahren ist gemeinsam, dass sie die zu ordnenden Gegenstände auf jeweils ein Prinzip beziehen, das eine wiederholte Herstellung der Ordnung gewährleistet.

Die Zahlordnung mag zunächst noch durch den Umfang der Körperteile beschränkt sein, die zur Durchführung des Zählaktes verwendet werden, doch widersetzt sich kein Gegenstand der sinnlichen Erfahrung dem Zählakt. Das Reich der Zahlen wird zur “Aufnahmestätte” für alles Begreifen und Erfassen konkreter Ordnungen. Dieses Verfahren sieht von den Eigenschaften der gezählten Dinge ab und gliedert sie nach einem wiederholbaren Schema. Die Lehre von den Zahlen wird zu einer “Art Statik des Universums, in der die Kräfte der Dinge erforscht werden”.<sup>99</sup> Doch lassen sich Zahlen bilden, für die es in der Wirklichkeit keinen empirischen Nachweis geben kann. So kann die Diagonale eines Quadrats zwar als geometrische Strecke, d.h. als etwas Endliches aufgewiesen werden. Sie kann rechnerisch jedoch nicht als Bruchzahl bestimmt werden.

Für die Geschichte der Erkenntnistheorien ist die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert in Cassirers Rekonstruktion von

---

<sup>97</sup> PhsF. I, S. 192.

<sup>98</sup> PhsF I., S. 188f.

<sup>99</sup> Leibniz, Philos. Schriften, hg. v. Gerhardt, VII, S. 184. Zitiert nach PhsF III, S. 402. Dort auch: “Platon hat in seiner Naturphilosophie den Raum als die Urform alles materiellen Seins bezeichnet, weil er das ‘Aufnahmeprinzip’, das  $\pi\rho\omega\tau\omicron\nu\delta\epsilon\kappa\tau\iota\kappa\acute{o}\nu$  für alles Stoffliche bilde - weil alle materiellen Gestaltungen nur besondere Bestimmung der allgemeinen Raumform seien”. In ähnlicher Weise

herausragender Bedeutung, da die mathematischen Zeichen durch abstrakte Bildungsgesetze definiert werden. Das erfordert eine Revision der philosophischen Unterscheidung zwischen Substanz und ihren Eigenschaften. Jede natürliche Zahl ist als Sonderwesen aufzufassen, dessen Individualität einem Bildungsgesetz entspringt. Ausgehend von den natürlichen Zahlen werden Eigenschaften nun durch Konstruktionsgesetze definierbar und nicht durch Abstraktion und Verallgemeinerung gegebener Gegenstände. Operationen definieren eine Gruppe von mathematischen Objekten unabhängig von einer Referenz in der Natur.<sup>100</sup> Hier zeichnet sich ein Wandel in der metamathematischen Reflexion ab. Die Gruppentheorie bezeichnet Cassirer in Übereinstimmung mit Weyl als die bedeutendste Errungenschaft der Mathematik des neunzehnten Jahrhunderts. Die Reflexion dieser Errungenschaft führt zu Reflexionen über den Zweck der Zahlen. In einen Streit geraten die sogenannte intuitionistische Richtung mit der formalistischen Richtung. War für Kepler die Zahl „‘Auge des Geistes’ durch welches uns die Wirklichkeit erst sichtbar werde“,<sup>101</sup> muss sich die Mathematik nun mit der Begründung der Funktionsfähigkeit des Auges beschäftigen, ohne sich dabei auf ihre Erfolge in den praktischen Wissenschaften berufen zu können.

Cassirer interpretiert die Polemik zwischen den Mathematikern als Universalienstreit und ordnet die mathematische Debatte philosophiegeschichtlich ein. Hilbert führe eine terministische

---

bildet das Reich der Zahlen gleichsam die Aufnahmestätte für alles Begreifen und Erfassen konkreter Ordnungen.”

<sup>100</sup>PhsF III, S. 411:”Wenn wir die Summe zweier Zahlen  $a$  und  $b$  oder ihre Differenz, ihr Produkt usf. bilden, so fallen die Werte  $a + b$ ,  $a - b$ ,  $a \times b$  nicht aus der Grundreihe heraus, sondern gehören ihr selbst als bestimmte Stellen an, oder lassen sich doch mittelbar nach festen Regeln auf die Stellen der Grundreihe beziehen ... Der Gedanke des in sich einheitlichen ‘Zahlenreichs’ besagt eben dies, dass die Verbindung noch so vieler arithmetischer Operationen letztlich wieder auf arithmetische Elemente zurückführt. In der Gruppentheorie ist es derselbe Gesichtspunkt, der nunmehr zu strenger und wahrhafter Allgemeinheit erhoben wird. Denn in ihr ist sozusagen der Dualismus von Element und Operation aufgehoben: die Operation selbst ist zum Element geworden”. Die Bedeutung der Gruppentheorie für die Geometrie wird in Felix Kleins Erlanger Programm (1872) entwickelt.

<sup>101</sup>PhsF III, S. 412.

Wende<sup>102</sup> ein, wenn er das mathematische Symbol durch die Richtigkeit ihrer Operationsregeln definiere und die Klärung möglicher inhaltlicher Bezüge an eine Metatheorie verweise. Brouwer argumentiere idealistisch, wenn er die Mathematik durch eine geistige Urintuition begründe (im Unterschied zu Frege und Russell die mit “bestimmten Richtungen des scholastischen Realismus”<sup>103</sup> verwandt seien). Explizit wendet sich Cassirer gegen Weyls Feststellung einer grundsätzlichen Kluft zwischen der operationalen Verwendung mathematischer Zeichen und der Verankerung ihrer Zeichen in einer einsichtigen Bedeutung.<sup>104</sup> Hilberts und Weyls Positionen sind Reaktionen auf den Streit zwischen Realisten und Idealisten, die dieser Auseinandersetzung eine entscheidende Wende verliehen haben. Die zwischen akademischem Lehrer und seinem erfolgreichen<sup>105</sup> Schüler strittigen Punkte sind in Perspektive der symbolischen Formen vereinbar, ja sie bedingen sich sogar: Wie ein optisches Fernrohr, das ohne ein hindurchsehendes Auge nicht nützlich sei, so ist das “Fernrohr”<sup>106</sup> der symbolischen Operationen nur nützlich, wenn ein geistiges Auge hindurch sieht. Die Metaphorik ist schon bei Leibniz zu finden, verdient aber besondere Aufmerksamkeit, weil sie belegt, dass mathematische Begriffe als solche Instrumente aufgefasst werden, die Wahrnehmungen verändern und damit eine Funktion übernehmen, die Medien zugesprochen wird. Hilbert fordert, dass die mathematischen Beweise ähnlich wie physikalische Instrumente auf den Prüfstand gehoben werden, so als sei die unterschiedliche materielle Konsistenz der mathematischen Zeichen im Vergleich mit den gebauten

---

<sup>102</sup> PhsF III, S. 442.

<sup>103</sup> Ibidem.

<sup>104</sup> PhsF III, S. 449.

<sup>105</sup> Frei, Günter und Stammbach, Urs: Hermann Weyl und die Mathematik an der ETH Zürich 1913-1930. Basel/Berlin 1992 dokumentieren die zahlreichen Berufungsverhandlungen Weyls, der auch einer der am besten besoldeten Mathematiker seiner Zeit war.

<sup>106</sup> PhsF III, S. 451: “So wird der mathematische Symbolismus von Leibniz dem Fernrohr oder dem Mikroskop verglichen. Wie sehr durch beide das Sehen des Menschen auch gefördert wird, so kann es durch sie nicht ersetzt werden. Die mathematische Erkenntnis beruht, als eine Form intellektuellen Sehens, auf einer

Messapparaturen irrelevant.<sup>107</sup> Zur Begründung der mathematischen Zeichen kann ihre erfolgreiche Anwendung in der Physik nicht hinzugezogen werden, da diese sich an dem mathematischen Kontinuum orientiere. Die Physik beziehe sich nicht mehr auf das "Pseudo-Kontinuum"<sup>108</sup> der wirklichen Welt, sondern auf das exakte mathematische Kontinuum, dessen Grundlagen im erwähnten Streit zur Disposition stehen.

### **Rückschritt oder Vollendung?**

Weyl wird gerade den Verlust des anschaulichen Überblicks beklagen und festhalten, dass Gruppentheorie und Axiomatik nur Strukturen übersetzen können und nicht wie die gewöhnliche Anschauung das "Wesen" der "Objekte" kennen können.<sup>109</sup> Weyl betont eine synchrone Diskrepanz zwischen der wissenschaftlichen Symbolisierung und der Anschauung der gewöhnlichen Anschauung und sieht dies als Gefahr, während Cassirer synchrone Verzerrungen und Diskrepanzen nicht thematisiert: "Von der Sprache der sinnlichen Empfindung zu der Anschauung, von der Anschauung zum begrifflichen Denken und von diesem wieder zum logischen Urteil führt für die erkenntniskritische Betrachtung ein stetiger Weg".<sup>110</sup> Cassirer kann in Humboldtscher Perspektive der Synthesis die sprachlich artikulierten Raum-Zeit-Vorstellungen der Bakairi, der Nuba, der Ewe, der Bewohner der Fidschi-Inseln, der mexikanischen Indianer und anderer Völker neben den Reflexionen Dedekinds, Hertzens, Einsteins und Weyls zu einem Panorama anordnen, das den Eindruck der Koexistenz heterogener

---

ursprünglichen und selbständigen Funktion der Vernunft, die sich der symbolischen Charakter nur als Werkzeug bedient".

<sup>107</sup> Siehe dazu Hilbert, David: "Axiomatisches Denken", S. 156.

<sup>108</sup> PhsF III, S. 503.

<sup>109</sup> WPhil, S. 43: "Eine Wissenschaft kann ihr Sachgebiet immer nur bis auf eine isomorphe Abbildung festlegen. Insbesondere verhält sie sich gegenüber dem "Wesen" ihrer Objekte ganz indifferent. Das, was die wirklichen Raumpunkte von Zahlentripeln oder anderen Interpretationen der Geometrie unterscheidet, kann man nur kennen [Hvvh. Weyl] in unmittelbarer lebendiger Anschauung".

<sup>110</sup> PhsF I., S.281.

raum-zeitlicher Verknüpfungsmodi erweckt. Cassirer erwähnt, dass er die Sprachen der Naturvölker in der Bibliothek des “Seminars für afrikanische und Südseesprachen” untersucht hat, ihn beschäftigen noch nicht mögliche Verzerrungen oraler Kulturen durch die Transkription, ebensowenig wie die Qual, die der Mathematiker Hermann Weyl bei der Fixierung mathematischer Prozesse in philosophischen Begriffen artikuliert. Cassirer verwendet das Wort Medium, um die sprachlichen Formen der Naturvölker und damit ihren Wahrheitsbegriff als relativ berechtigt zu kennzeichnen. Die Überzeugung, dass die Philosophie die Entwicklung der sprachlichen Energie zu vollenden habe, lenkt von der Untersuchung der Übergänge und Brüche zwischen unterschiedlichen Synthesen ab. Damit widerspricht Cassirer seinem methodischen Grundsatz, jede symbolische Form an ihren eigenen Massstäben zu messen. Er misst sie am Stand der modernen Naturwissenschaft.

Die Sprachgeschichte untersucht er, um eine evolutionäre Perspektive zu bestätigen, ohne mögliche aussersprachliche - seien es politische oder technische<sup>111</sup> - Gründe für Veränderungen und Phasenwechsel thematisieren zu wollen: “Die eigentliche, die tiefste Aufgabe einer Philosophie der Kultur, einer Philosophie der Sprache, der Erkenntnis, des Mythos usw. aber scheint eben darin zu bestehen, diesen Schleier aufzuheben - von der vermittelten Sphäre des blossen Bedeutens und Bezeichnens wieder in die ursprüngliche des intuitiven Schauens zurückzudringen. Auf der anderen Seite widerstreitet gerade das eigentümliche Organ, über

---

<sup>111</sup> Dies geschieht wie folgt in dem 1930 publizierten Aufsatz “Form und Technik”. Das Werkzeug erfülle die Funktion eines “terminus medius”, der zwischen Willen und Ziel vermittele. Vermittlung jedoch nicht im Sinne eines neutralen Darstellungsmittels, sondern die Relation prägende und modifizierende Entität. Der Mensch bilde sich bei der Benutzung von Werkzeugen um. Das Werkzeug wird im Aufsatz analog zu den symbolischen Formen reflektiert und sein Auftreten in der Entwicklung der Menschheit mit ähnlichen Worten beschrieben wie der Übergang vom Zahlwort zum Zahlbegriff. Cassirer stellt das Wesen der Technik und ihr geistiges Prinzip dar, um schliesslich aussertechnische Faktoren wie “Wirtschaftsform” und “Wirtschaftsordnung” für ihren Missbrauch anzugeben. Die Technik könne sich selbst keine Ziele setzen. Die Zielsetzung ist eine kulturelle Aufgabe, von der die “heutige Gesellschaft ... noch weit entfernt” sei. Das Werkzeug wird wie eine sprachliche symbolische Form behandelt.

welches die Philosophie allein verfügt, der Lösung dieser Aufgabe. Für sie, die sich erst in der Schärfe des Begriffs und in der Helle und Klarheit des ‚diskursiven‘ Denkens vollendet. Hier bleibt daher für sie kein anderer Ausweg, als die Richtung der Betrachtung umzukehren. Statt den Weg zurückzutun, muss sie versuchen, ihn nach vorwärts zu vollenden“.<sup>112</sup> Es sind der Philosophie immanente Vorgaben, die Cassirer bewegen, seinen methodischen Grundsatz aufzugeben, die heterogenen symbolischen Formen an ihren eigenen Maßstäben zu messen, sondern ordnet sie dem philosophischen Interesse nach Vollendung unter<sup>113</sup>.

## Medien

Cassirer spricht vom Medium an zentralen Stellen in der Philosophie der symbolischen Formen.<sup>114</sup> Er sucht nach einem „Medium“<sup>115</sup> und findet es im Begriff der symbolischen Form. In den symbolischen Formen erschliesse sich „der Gehalt des Geistes in seiner Äusserung“.<sup>116</sup> Cassirer grenzt die Erkenntniskritik der Philosophie der symbolischen Formen von den historischen erkenntnistheoretischen Einstellungen des Idealismus und des Empirismus ab, die nicht das Medium<sup>117</sup> bezeichnen, kraft dessen sich das Bewusstsein Vorstellungen machen kann. Die Mittel, mit denen die Erkenntnis ein „Individuelles zu einem Allgemeingültigen erhebt, haben dabei ein „ursprünglich-bildendes“ und nicht „bloss abbildendes oder nachbildendes“ Vermögen.<sup>118</sup>

---

<sup>112</sup> PhsF I, S. 51.

<sup>113</sup> Cassirer und Hegel?

<sup>114</sup> M.W. taucht das Wort in den frühen Schriften wie Substanzbegriff und Funktionsbegriff (1910) nur beiläufig auf, dies gilt auch noch für Zur Einsteinschen Relativitätstheorie (1921).

<sup>115</sup> Der vollständige Passus ist schon in der Einleitung dieser Untersuchung zitiert worden.

<sup>116</sup> PhsF. I, S. 18.

<sup>117</sup> PhsF.I, S. 47.

<sup>118</sup> PhsF.I, S. 9.

Cassirer stellt sich die Aufgabe, die Brechungsindizes der einzelnen Medien und ihren Einfluss auf die Konstitution von Wirklichkeit zu untersuchen in der Hoffnung, sämtliche menschliche Zeichenpraktiken auf ein "ideelles Zentrum", auf eine "gemeinsame Aufgabe" beziehen zu können.<sup>119</sup> Konstitutiv für die menschlichen Zeichenpraktiken ist dabei, dass sie nicht schlichte Kopien eines Wirklichen sind: "... die Sprache, der Mythos und die Kunst: sie alle verhalten sich nicht wie ein blosser Spiegel, der die Bilder eines Gegebenen des äusseren oder des inneren Seins, so wie sie sich in ihm erzeugen, einfach zurückwirft, sondern sie sind statt solcher indifferenter Medien vielmehr die eigentlichen Lichtquellen, die Bedingungen des Sehens wie die Ursprünge aller Gestaltung".<sup>120</sup> Er geht davon aus, dass die Wirklichkeit nicht unvermittelt gegeben ist, sondern in Brechungen. Symbolische Formen sind nicht indifferente Medien, sondern solche, die spezifisch die Relation zwischen Intellekt und Wirklichkeit gestalten. Das spezifische Brechungsgesetz eines jeden Mediums ist Bedingung für die Betrachtung und Gliederung unterschiedlicher geschichtlicher Stadien des Symbolgebrauchs.

In unterschiedlichen symbolischen Formen stehen der menschliche Intellekt und die Wirklichkeit in unterschiedlichen Wechselverhältnissen. Nur die symbolischen Formen gestatten Rückschlüsse auf die unterschiedlich gearteten Verhältnisse des menschlichen Geistes zur Wirklichkeit. Die symbolischen Formen bezieht Cassirer auf das Zentrum der ihnen gemeinsamen Aufgabe, "die passive Welt der blossen Eindrücke, in denen der Geist zunächst befangen schien, zu einer Welt des reinen geistigen Ausdrucks umzubilden".<sup>121</sup> Die Erkenntnistheorie Cassirers konzentriert sich auf die Funktion von Mittel oder Medien. Erkenntnis bedeutet "jede geistige Tätigkeit, in der wir uns eine ‚Welt‘ in ihrer charakteristischen Gestaltung, in ihrer Ordnung und

---

<sup>119</sup> PhsF I, S. 12.

<sup>120</sup> PhsF I, S. 27.

<sup>121</sup> PhsF I, S. 12.

in ihrem ‚So-Sein‘ aufbauen“.<sup>122</sup> Sie ist durch Entwicklung der exakten Wissenschaften im neunzehnten Jahrhundert geprägt, die Hermann Weyl jedoch zu einer skeptischen Erkenntnistheorie veranlasst. Nennt Cassirer die Philosophie der symbolischen Formen eine „Phänomenologie der Erkenntnis“ so ist Weyls Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft ein „Wegweiser“ zu den Erkenntnisgrenzen der exakten Wissenschaften. Vor dem Hintergrund der naturwissenschaftlichen Entwicklung<sup>123</sup> des neunzehnten Jahrhunderts charakterisiert Cassirer den Symbolbegriff der exakten Wissenschaften als Höhepunkt einer kulturellen Entwicklung<sup>124</sup>, die von mythischen Formen, über sprachliche zu wissenschaftlichen Formen der Beziehung zwischen Bewusstsein und Wirklichkeit gelangt. Das mathematische Kontinuum bezeichnet die Spitze einer einheitlichen Theorie und Historiographie des menschlichen Zeichenverhaltens. Cassirer nennt das Kontinuum der reellen Zahlen „ein echtes“ im Unterschied zum „Pseudo-Kontinuum, das uns in den sinnlichen Wahrnehmungen gegeben ist“.<sup>125</sup> Der Symbolbegriff ist gekennzeichnet durch ein harmonisches Wechselspiel zwischen Wirklichkeit und Zeichen. Das Kontinuum ist ein konzeptuelles Werkzeug, das zur Genese eines neuen avancierten Wirklichkeitsbegriffs beiträgt, dessen Symbole von „anthropomorphen Elementen emanzipiert“<sup>126</sup> sind: „Die Zahl fungiert [in der modernen Physik] sozusagen als das abstrakte Medium, in welchem die verschiedenen Sinnesgebiete einander

---

<sup>122</sup> Cassirer, Ernst: „Zur Logik des Symbolbegriffs“ [EA 1938]. In: Ders.: Wesen und Wirkung des Symbolbegriffs. Darmstadt 1994, S. 209.

<sup>123</sup> Hervorzuheben ist erstens der Wandel von an der Substanz-Auffassung orientierten Theorien zu funktionalen Beschreibungen, zweitens die Abkoppelung mathematischer Symbole von anschaulich aufweisbaren Bedeutungen, drittens ein Verständnis von exakter Theorie als Modellierung. Dieser Wandel wird im folgenden Kapitel referiert.

<sup>124</sup> Cassirer spricht von der „endgültigen“, „eigentlich-symbolischen“ Form der Begriffsbildung des „modernen elektrodynamischen Weltbilds“, siehe z.B. PhsF III, S. 530.

<sup>125</sup> PhsF III, S. 503.

<sup>126</sup> PhsF III, S. 505.

begegnen und dem gegenüber sie ihre spezifische Ungleichheit aufgeben“.<sup>127</sup>

Weyl ist ein Gewährsmann für die theoretische Dynamisierung des Weltbildes, und Weyl ist Cassirers Gewährsmann für die Unterscheidung zwischen anschaulicher Zeit und moderner physikalischer Zeit:

„Als Medium in welchem die Physik die Aussenwelt konstruiert‘ - so spricht Weyl diesen Sachverhalt aus - ‚darf ... nicht der anschauliche Raum und die anschauliche Zeit dienen, sondern ein vierdimensionales Kontinuum im abstrakt-mathematischen Sinne ...‘.<sup>128</sup>

Der Meta-Massstab der Evolution wird in dem “Versuch” relativiert. Dort erscheinen die unterschiedlichen Wissenschaften Geschichte, Naturwissenschaft und auch Religion sowie Kunst als Bestandteile des Organismus der menschlichen Kultur, die einander bedingen und gleichermassen zu deren Funktionstüchtigkeit beitragen. Die Betrachtung der unterschiedlichen Organe bedeutet für Cassirer in erster Linie eine kritische Sichtung der jeweiligen philosophischen Literatur zum Forschungsgebiet. Sie zeichnet die Theorie der Entstehung des Organs bis zu abschliessenden Funktionsbestimmung durch Cassirer nach und wird von Cassirer, der nun vom Drama der Kontinuität spricht, auf die Frage hin untersucht, inwieweit der Mensch, genauer ein spezifisches geistiges Vermögen, im Zentrum der jeweiligen Untersuchung steht. Die Möglichkeit einer Philosophie der Kultur ist bedingt durch die jeweilig verfügbare Literatur. Aussersprachliche Faktoren werden im Essay erwähnt, zum Beispiel dass das Zusammentreffen der Akkadier und Sumerer in Babylonien zu Übersetzungsproblemen geführt habe, deren Lösungsversuche die Entstehung der symbolischen Algebra bewirkt haben.<sup>129</sup> Die

---

<sup>127</sup> PhsF III, S. 513.

<sup>128</sup> PhsF III, S. 547.

<sup>129</sup> Cassirer bezieht sich hier auf: Otto Neugebauer “Vorgriechische Mathematik”. In: Vorlesungen über die Geschichte der antiken mathematischen Wissenschaften. Berlin 1934.

Grenzen der Forschungsfelder hält Cassirer ein. Verschiedene Funktionsweisen des menschlichen Gehirns, Wahrnehmung, Erinnerung, Phantasie und Verknüpfung von Vorstellungen werden von einzelnen Philosophien der Kunst, der Geschichte, des Glaubens und der Wissenschaft abgedeckt. Diese Aufteilung der Seelenvermögen und ihre Gleichberechtigung bildet eine erkenntnistheoretische Prämisse und konvergiert mit der schriftstellerischen Möglichkeit einer Zusammenfassung heterogener stetiger Entwicklungen, die nach “dramatischen”<sup>130</sup> Mitteln verlangen. Nach wie vor ist Cassirer bestrebt, sich von der Kunstgeschichte im weitesten Sinne des Wortes,<sup>131</sup> aber auch deutlich von der naturwissenschaftlichen Betrachtung von Sprache und Kunst im Sinne der Nachfolger Humboldts<sup>132</sup> abzugrenzen. Dabei geraten die Objekte der synchronen Betrachtung heterogener Objekte in eine diachrone Distanz. Die von Cassirer unterstellte Autonomie der sprachlichen Energie des Geistes wird von Weyl nicht in Frage gestellt, doch zweifelt der Mathematiker daran, ob Cassirer die Autonomie des mathematischen Symbolismus anerkennt. Ein Mathematiker, der der Philosophie “nicht aus dem Wege geht”, legt Wert auf die Farben des Chamäleons, die er kennt.

### **Wortwechsel**

Weyl ist eine Quelle ersten Ranges für Cassirer und Stütze seiner argumentativen Absicht, die Errungenschaften der exakten Wissenschaften im Rahmen einer Geschichte der menschlichen

---

<sup>130</sup> Versuch über den Menschen, S. 25 (Siehe auch, S. 157 und 275): “ Die philosophische Anthropologie hingegen hat einen völlig anderen Charakter. Wollten wir ihre wirkliche Bedeutung und Tragweite erfassen, so könnten wir sie nicht mit epischen, sondern mit dramatischen Mitteln darstellen”.

<sup>131</sup> PhsF. I, S. 122: Cassirer verwahrt sich gegen Vosslers, bzw. Croces Integration der Sprachuntersuchungen in eine allgemeine Ästhetik und ihrer Geschichte als Geschichte der “geistigen Ausdrucksformen”.

<sup>132</sup> Cassirer stellt fest, dass Schleicher, der in seiner spezifischer Nachfolge Humboldts bestrebt war, Sprachbetrachtung in “Naturbetrachtung” aufzulösen (PhsF I, S. 109f), Natur als scheinbare Einheit gebraucht (PhsF I, S. 120).

Kulturentwicklung zu interpretieren. Der Philosoph weist im Schlusskapitel des dritten Bands der Philosophie der symbolischen Formen darauf hin, dass er die Vorstellung von Wirklichkeit als Grenzidee mit Weyl teile. Er beansprucht zugleich, früher als Weyl auf diese Vorstellung hingewiesen zu haben. Das Verhältnis von Cassirer und Weyl ist brisant, da sie sich wechselseitig aufeinander beziehen, Weyl jedoch auf bestehende Unterschiede Wert legt. Das Wort Medium gewinnt begriffliche Kontur, wenn man die konstruktive Begründung des Kontinuums in Weyls Schriften untersucht.

Das folgende Zitat aus der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft von Hermann Weyl stellt das Kontinuum als einem problematischen Gegenstand dar und trübt die Emphase, mit der Cassirer vom Kontinuum spricht.<sup>133</sup> Hermann Weyl schreibt 1926:

“Um ein Kontinuum der mathematischen Behandlung zu unterwerfen, muss man annehmen, dass es in ‚Elementarstücke‘ geteilt sei und diese Teilung durch immer wiederholte Unterteilung nach einem festen Schema ... beständig verfeinert und dadurch das Kontinuum mit einem immer dichter werdenden Teilungsnetz überspannen werde ...”<sup>134</sup>

Das Kontinuum ist ein Objekt, das bearbeitet wird. Die Richtung der Bearbeitung ist dabei eindeutig: Das Kontinuum wird “überspannen”, “unterworfen”, man sieht etwas in das Kontinuum “hinein”. Die Einführung von Zahlkoordinaten ist eine Form des “Überspinnens”, die nur durch die bequeme Handhabung der natürlichen Zahlen gerechtfertigt wird, aber eigentlich eine “Vergewaltigung”, die sich nur durch die besonders bequeme kalkulatorische Behandlung des gewöhnlichen Zahlkontinuums mit seinen vier Spezies praktisch rechtfertigt”.<sup>135</sup> Weyl unterscheidet zwischen Kontinua anhand des Kriteriums der Handhabbarkeit.

---

<sup>133</sup> Die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft ist 1926 in Form von Separata publiziert worden und wurde von Cassirer noch bei der Vorbereitung des dritten Bandes der Philosophie der symbolischen Formen rezipiert.

<sup>134</sup> WPhil, S. 120.

<sup>135</sup> WPhil, S. 120.

Kontinua werden behandelt und können zur Behandlung anderer Kontinua verwendet werden. Über die Beziehung des Kontinuums zur Aussenwelt ist noch nichts gesagt. Es bleibt zu klären, welches Kontinuum sich wie zum Medienbegriff verhält und wie es möglich ist, dass Cassirer emphatisch über das Kontinuum spricht, während es in den Zitaten aus Weyls Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft “vergewaltigt” und “überspannen” wird. Cassirer zitiert aus Weyls Schriften, doch wird in den Zitaten nicht deutlich, dass Weyl in einer Krisensituation seine Auffassung vom Kontinuum in Frage gestellt hat, also phasenweise einer Revision unterzogen hat; ebensowenig wird deutlich, dass Weyls Reflexionen grundsätzlich durch einen Zwiespalt geprägt sind, der insbesondere seine Beurteilung des ontologischen Status des Kontinuums beeinflusst. Hermann Weyl betont die Differenz zwischen Wirklichkeit und mathematischem Kontinuum. Das Kontinuum ist ein konstruiertes konzeptuelles Objekt, das durch eine Kluft von der Wirklichkeit getrennt bleiben muss. Für das mathematische Kontinuum gilt der Grundzug des konstruktiven Erkennens, nämlich eine Spaltung zwischen Zeichen und Bezeichnetem, die sich durch Verfeinerung von Zeichenoperationen vergrössert.

Cassirer und Weyl weichen in der philosophischen Einschätzung der Funktion des mathematischen Kontinuums voneinander ab: Weyl stellt die Grenzen des heuristischen Begriffs vor und skizziert die Kluft zwischen dem Kontinuum der Anschauung und dem mathematischen Kontinuum, ebenso wie zwischen Bergsonscher Zeitauffassung und mathematischer. Besondere Aufmerksamkeit muss den unterschiedlichen methodischen Ansprüchen Cassirers und Weyls gelten.

Das Organ der Philosophie lenkt den Blick auf Vollendung, das Organ der Mathematik, das Hermann Weyl beherrscht, zwingt ihn, von der Philosophie Antworten auf die Grenzen des Erkennens einzufordern. Die Aufgabe der Philosophie soll es sein, die exakte

Naturwissenschaft, als “das auszeichnendste Faktum unserer Kultur ... in seiner Eigenart und Einzigartigkeit zu verstehen”.<sup>136</sup> Und vorbildlich nennt er Cassirers historische Studie Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit. Der Mathematiker erkennt die grundsätzliche Prämisse, dass Symbole dynamisch das Verhältnis von Geist und Welt bestimmen, nicht an. Seinem Verständnis nach impliziert die Verwendung mathematischer Symbole einen grundsätzlichen Schnitt zwischen Welt und mathematischem Bewusstsein. Der Kenntnis der gewöhnlichen Anschauung, die nicht durch den konstruktiven Zeichengebrauch gezwungen ist, diesen Schnitt zu vollziehen, wird die konstruktive Wissenschaft nicht gerecht. Nach dem zweiten Weltkrieg gedenkt Weyl Cassirer anlässlich einer Rede über die Einheit des Wissens an der University of Columbia, mit der Cassirer nach seiner Emigration aus Schweden eng verbunden war.

Weyl spricht als Naturwissenschaftler davon, dass von keiner gemeinsamen Entwicklung der Natur- und Geisteswissenschaften ausgegangen werden könne. Kennzeichnend für Weyl ist folgende Einschätzung:

“Yet much as I admire Cassirer’s analysis, which betray a mind of rare universality, culture and intellectual experience, their sequence, as one follows them in his book [Essay on man], resembles more a suite of bourrées, sarabands, menuets and giges than variations on a single theme. In the concluding paragraph he himself emphasizes ,the tensions and frictions, the strong contrasts and deep conflicts between the various powers of man, that cannot be reduced to a common denominator.’ He then finds consolation in the thought that ,this multiplicity and disparateness does not denote discord or disharmony”, and his last word is that of Heraclit’s: ,Harmony in contrariety, as in the case of the bow and the lyre’. Maybe, man cannot hope to be more than that; but am I

---

<sup>136</sup> WPhil, S. 273.

wrong when I feel that Cassirer quits with a promise unfulfilled?“. <sup>137</sup>

Weyl betont Spannungen und Konflikte, die entstehen, wenn man einen gemeinsamen Nenner menschlicher Tätigkeiten sucht, und er spricht als jemand, der sich selbst fächerübergreifende Anstrengungen wie Cassirer zugemutet hat. Während der Philosoph sich die fremden Gebiete der Mathematik und Naturwissenschaft erarbeitete, hörte der Mathematiker Vorlesungen bei Husserl und rezipierte Heidegger, Jaspers, Dilthey, Fichte, Kant und Leibniz neben seinen mathematischen Forschungen zur Relativitätstheorie, Gruppentheorie und Quantenmechanik.

Im Unterschied zu Cassirer vermeidet Weyl jedoch den Gedanken an eine wissenschaftlich einsehbare Idee der Einheit und spricht an zentralen Stellen von Doppelstrukturen; so definiert er das Subjekt als doppelgesichtigen Bereich der Mischung. Es enthält Aspekte, die formalisierbar sind, und andere, deren Erkenntnis sich entzieht, da es Ort der Mischung von Aktion und Passion, von Vergangenheit und Zukunft ist. Statt das “Medium des freien Werdens”, dessen mathematische Theorie Weyl selbst mitentwickelt hat, als Apotheose einer kulturellen Entwicklung zu feiern, markiert Weyl die Differenz. Seine Einschätzung des heuristischen Werts des mathematischen Kontinuums ist dem trennenden Schnitt verpflichtet, der schon in einer frühen Okkurrenz des griechischen Worts artikuliert wird. Weyl reflektiert als mathematischer Praktiker die Möglichkeiten und Grenzen seiner konzeptuellen Werkzeuge. Er sieht sich durch innermathematische Entwicklungen in seinem schöpferischen Selbstverständnis bedroht und versucht seine wissenschaftliche Praxis zwischen Reflexion und Pragmatik zu bestimmen. Er “misst” mathematische Begriffe an der Erbschaft der philosophischen Tradition und kann die entdeckten Differenzen nicht im Sinne eines gemeinsamen Nenners geistiger Entwicklung

---

<sup>137</sup> Weyl, Hermann: “Address on the Unity of Knowledge delivered at the

aufheben, und er kritisiert aus diesen Gründen Cassirer. Weyls grösste Qualität in medientheoretischer Hinsicht ist zugleich sein grösster Mangel, nämlich zu vermitteln, und dabei die Unterschiede so abzuwägen, dass keiner Wissenschaft ein absolutes Primat zuerkannt wird. Es wird sich zeigen, dass die Schnitte und Brüche, die Weyl betont, eine Perspektive auf die Systematik Cassirers bietet, wie auch Weyls Erkenntnistheorie erst vor dem Hintergrund von Cassirers Systematik wahrnehmbar wird

## ZWEITES KAPITEL

### Zwiespalt

Weyls Werk ist eine Herausforderung an die Geschichtsschreibungen unterschiedlicher Wissenschaften. Er wird konträren mathematischen Schulen zugeordnet, er gilt als Vermittler zwischen Physik und Mathematik<sup>138</sup> und er war eine Quelle für so unterschiedliche Philosophen wie Ramsey, Wittgenstein<sup>139</sup>, Husserl und Heidegger.<sup>140</sup> Der Mathematiker Weyl charakterisiert die Metaphysik als Glaubenssache. Sie ist im Unterschied zur exakten Wissenschaft nicht objektiv, das heisst aus Axiomen widerspruchsfrei ableitbar, aber gleichwohl sind metaphysische Annahmen für die Praxis der Naturwissenschaften unverzichtbar.<sup>141</sup> Weyls Umgang mit der Philosophie wirkt trocken, historisch gelehrig und manchmal jovial. Er ist Konflikten

---

<sup>138</sup> Roger Penrose weist auf die Problematik der Zuschreibung eines wesentlichen Forschungsbeitrags Weyls hin. Siehe: Penrose, R.: "Fundamental asymmetry in physical laws". In: Wells, R. O. Jr. (Ed.): *The Mathematical Heritage of Hermann Weyl. Proceedings of Symposia in Pure Mathematics*, Vol. 48. American Mathematical Society Providence, Rhode Island. (Proceedings of the Symposium on the Mathematical Heritage of Hermann Weyl Held at Duke University Durham, North Carolina. May 12-16 1987). S. 317/Footnote: "Ironcially, it is the physicists who pay tribute to the mathematician Weyl by referring to this (massless) equation as the 'Weyl equation', whereas the mathematicians honour a physicist, calling it the 'Dirac equation'! (Strictly, the mathematicians are historically more correct, since Dirac had hit upon this wave equation first - and discarded it for what were good physical reasons at the time - before introducing his more famous massive Dirac equation; cf. Dirac 1928, 1982."

<sup>139</sup> Majer, Ulrich: "Zu einer bemerkenswerten Differenz zwischen Brouwer und Weyl". In: Deppert, Wolfgang/Hübner, Kurt/ Oberschelp, Arnold/ Weidemann, Volker (Hrsg.): *Exact sciences and their philosophical Foundations* (Kongress in Kiel 1985). Frankfurt/M 1988.

<sup>140</sup> Oskar Becker stand mit Weyl im Briefwechsel. Die Briefe Beckers sind im Nachlass Weyls im Archiv der ETH Zürich (HS 91) erhalten. Der Brief HS 91: 475 von Becker am 16. August 1926 ist eine Reaktion Beckers auf Weyls Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft. Becker informierte Husserl über den aktuellen Stand der Grundlagenkrise und der Diskussion um die einheitliche Feldtheorie informieren. Husserl stand ebenfalls mit Weyl im Briefwechsel. Siehe dazu: Tonietti, T.: "Four letters of Edmund Husserl to Hermann Weyl and their context. In: W. Deppert e.a.

<sup>141</sup> WPhil, S. 6: "Und doch würde die Naturwissenschaft ohne einen tragenden transzendentalen Glauben an Wahrheit und Wirklichkeit und ohne das

geschuldet, die Weyl bis an sein Lebensende<sup>142</sup> nicht lösen kann. Seine Leistung kann nicht in einer pointierten erkenntnistheoretischen These gefunden werden, ebenso wenig in einer Synthese konträrer Positionen, sondern in seiner Weise, Fragen an die Thesen anderer zu stellen und für die Diskussion zu öffnen. Für Cassirer ist Weyl eine Autorität und Quelle ersten Ranges, der er jedoch an einer zentralen Stelle widersprechen muss. Cassirer widerspricht Weyls Mahnung, scharf zwischen dem Gebiet der “anschauenden Einsicht” und der “theoretischen Gestaltung”<sup>143</sup> zu unterscheiden. Er interpretiert die Position des Mathematikers Weyl im Grundlagenstreit unter dem systematischen Gesichtspunkt der Philosophie der symbolischen Formen, nämlich als einen notwendigen Aspekt, der den opponierenden Aspekt so ergänze, dass die Fortschrittsbewegung im wissenschaftlichen Symbolgebrauch gewahrt bleibt. Weyl ist zugleich eine Quelle für den Philosophen und Kulturhistoriker, die aus der Sicht eines praktizierenden Wissenschaftlers die aktuelle mathematische und physikalische Theoriebildung darstellt, und er ist für Cassirer ein Referent, dessen Auffassung von Raum und Zeit er teilt. Der Philosoph untersucht nicht, ob Weyls Auffassung von Medium durch die Diskussion des mathematischen Zeichenbegriffs beeinflusst ist, sondern lässt Weyl als Autor einer stimmigen Erkenntnistheorie erscheinen.

### **Proteus**

In einem Nachruf von Catherine Chevalley und André Weil wird Weyl hingegen als Proteus charakterisiert, als jemand, der sich geschickt den Angriffen des Gegners entziehe und nicht eher er

---

Wechselspiel zwischen Tatsachen und Konstruktionen einerseits und der Darstellung der Gedanken andererseits umkommen”.

<sup>142</sup> Siehe dazu: Weyl, Hermann: “Erkenntnis und Besinnung - Ein Lebensrückblick”. In: *Studia Philosophica. Jahrbuch der Schweizerischen Philosophischen Gesellschaft* (1954) ND in GA IV.

<sup>143</sup> Cassirer, Ernst: PsF.III, S. 449.

selbst werde, bevor er nicht als Sieger triumphiere.<sup>144</sup> Man soll ihrer Meinung nach davon ausgehen, dass Weyl sich tarne, indem er unterschiedliche Masken und Äusserungsformen benutze. Er gerät in den Ruch eines geschickten Wissenschaftspolitikers. Mit dem stimmt jedoch nicht die folgende biographische Beobachtung überein, dass Weyl sich nicht auf Kosten anderer profiliert und nicht sich ihm aufdrängende Gelegenheiten genutzt hat, um dominierende Stellungen über andere einzunehmen. Diese Zurückhaltung würde ihn als historisches Beispiel für nomadische Strategien im Sinne der Tausend Plateaus interessant machen, zielt jedoch an der spezifischen Denkbewegung zwischen angewandter und reiner Mathematik vorbei, die weder gestattet, Weyl als “Königswissenschaftler” noch als “nomadischen Wissenschaftler” zu apostrophieren.<sup>145</sup>

In der wissenschaftsgeschichtlichen Literatur wird Weyl als Mathematiker und als theoretischer Physiker situiert.<sup>146</sup> Es herrscht Übereinstimmung darüber, dass die Göttinger Schule und die Relativitätstheorien Einsteins seinen wissenschaftlichen Werdegang bestimmt haben.<sup>147</sup> Wissenschaftshistorische Untersuchungen würdigen zwar seine Vermittlungsanstrengungen,

---

<sup>144</sup> Chevalley, C. und Weil, A.: “Hermann Weyl (1885-1955)“. In: GV IV, S. 659.

<sup>145</sup> Die Zuordnung Brouwers zur nomadischen Wissenschaft in den Tausend Plateaus ist angesichts des institutionellen Ehrgeizes Brouwers, aber auch seiner Forderung, die Gebiete der Mathematik einzuschränken, problematisch. Näheres dazu im fünften Kapitel.

<sup>146</sup> Siehe Deppert u.a. Dazu ergänzend: Deppert, Wolfgang: Hermann Weyl - Leben und Werk. Ausstellung im Elmshorner Rathaus am 8.12. 1985. ETH Zürich (Hrsg.): Hermann Weyl - Centenary lectures by C.N. Yang, Roger Penrose und A. Borel. Berlin u.a.: Springer 1986. Folgende Dissertationen zu Hermann Weyl konnte ich bisher ermitteln: Leupold, Rudolf: Die Grundlagenforschung bei Hermann Weyl. Diss. Mainz 1961. Sigurdsson, Skúli: Hermann Weyl, Mathematics and Physics, 1900-1927. Ph.D. diss, Harvard University, 1991.

<sup>147</sup> Siehe dazu: Sigurdsson, a.a. O. Bezüglich der einheitlichen Feldtheorie schreibt Sigurdsson, Skúli: “Journeys in Spacetime”. In: Scholz, Erhard (ed.) Hermann Weyls’s Raum-Zeit-Materie and a General Introduction to His Scientific Work. Basel 2001: “... the historian must regard critically narratives aimed at constructing a streamlined lineage from Weyl’s early work on unification to gauge theories in modern physics. Erhard Scholz has argued convincingly with reference to Weyl’s work at the end of the 1920s that Weyl’s epousal of unification should, after the initial enthusiasm in the wake of World War I, be christened moderate or soft ”.

thematizieren sie jedoch ebensowenig wie Cassirer im Kontext seiner Entwicklung. Verwirrung herrscht in Bezug auf Weyls Verhältnis zu Brouwer.<sup>148</sup> Cacciari nennt Weyl in einem Atemzug mit Brouwer,<sup>149</sup> Mehrtens betrachtet Weyl als jemanden, der die Seiten wechselte, der sich nach Lehrjahren in Göttingen für eine gewisse Zeit Brouwer zugewandt und revolutionär gebärdet hat, um dann in den Schoss der Schule und die Bedingungen ihrer Lehrstuhlpolitik zurückzukehren.<sup>150</sup> Weyl wird der mathematischen Mystik bezichtigt oder dafür gewürdigt. Sie wird als Verweis auf eine “gegenmoderne” Haltung interpretiert, aber auch als radikale Kritik an der Sprache und damit als Problem der Legitimation ästhetischer Praxis. Das Verhältnis von Husserl zu Weyl, das die in den Husserliana publizierten Briefwechsel dokumentieren, diskutiert Tino Tonietti.<sup>151</sup> Weyl hat Husserls Phänomenologie rezipiert, hat sich dabei aber gerade nicht “proteisch” in einen Phänomenologen verwandelt, sondern der Vereinhaltung widersetzt.<sup>152</sup> Seine erkenntnistheoretischen Schriften reflektieren die aktuellen Forschungsergebnisse in den exakten Wissenschaften und beziehen dabei, wenn auch in unterschiedlicher Präzision,<sup>153</sup> aktuelle philosophische Veröffentlichungen ein, so dass eine Beschäftigung mit seinen als philosophisch ausgewiesenen Schriften eine Rekonstruktion unterschiedlicher Zustände des Verhältnisses von philosophischer Wahrheitsfrage zur

---

<sup>148</sup> Treffend ist die Einschätzung von Jean Largeault (Siehe: Weyl, Hermann: *le continu et autres écrits. Notes introductives et traduction par Jean Largeault.* Paris 1994, S. 136). Diese Hinwendung erfordert von Weyl Vermittlunganstrengungen zwischen reiner und angewandter Mathematik, die ihn für eine medientheoretische Untersuchung seiner Schriften zugänglich machen im Unterschied zu Brouwers Intuitionismus, dessen philosophische Brisanz von Cacciari entwickelt wird.

<sup>149</sup> Cacciari, Massimo: *Icone della Legge.* Milano: 1985

<sup>150</sup> Mehrtens, Herbert, a.a.O., S. 291ff. Vergleiche das mit der abweichenden Einschätzung von Jean Largeault. Siehe oben.

<sup>151</sup> Tonietti, T.: “Four letters of Edmund Husserl to Hermann Weyl and their context. In: W. Deppert e.a. (eds.).

<sup>152</sup> Siehe: Brief Husserls an Weyl. 5.VI 1920. In: Husserl, Edmund; Briefwechsel Bd. VIII - Wissenschaftliche Korrespondenz. Karl Schumann (Hrsg.); Dordrecht: Kluwer Academic Publications, 1994.

<sup>153</sup> Heidegger erwähnt Weyl am Schluss von Open World und “Wissenschaft als symbolische Konstruktion des Menschen”, Husserls Logische Untersuchungen und Ideen zu einer reinen Phänomenologie werden in der Philosophie sechzehnmal zitiert.

naturwissenschaftlichen gestattet. Kann weiter gefragt werden, inwieweit seine Denkbewegung vermittelt werden kann? Gewinnt sie ihre Konturen durch die Darstellung des Vermittelten, so dass eine Darstellung von Weyls erkenntnistheoretischen Überlegungen ein Referat der Positionen der zahlreichen Konfliktparteien, zwischen denen sich Weyl bewegt, impliziert? Damit würden Weyls Schriften zu einem Instrument der Wissenschaftsgeschichte, das je nach diskursivem Objekt mathematisch, physikalisch oder philosophisch einzustellen wäre.

Deleuze und Guattari verwenden die Metapher der Karte, um die nomadische intuitionistische Denkbewegung zu erfassen. Die Erstellung der Karte konvergiert mit der Darstellung der Reise in das kartographierte Gebiet. Diese Konvergenz verstehe ich als Übertragung eines konstruktiven Prinzips. Es besagt in Kürze, dass mathematische Wahrheiten nur in der Erzeugung gegeben sind und, sie haben kein anderes Fundament als den gedanklichen Vollzug. Weitere metaphorische Annäherungen bieten sich an und zwar der Begriff des Feldes und der des mathematisch-intuitionistischen Kontinuums. Der Feldbegriff verführt dazu, die biographische Entität Weyl als "Verdichtung" diskursiver Bewegungen zu betrachten; der mathematisch-intuitionistische Begriff des Kontinuums verlockt dazu, Weyls Erkenntnistheorie als unendlich verfeinerbar zu charakterisieren. Sie mag durch ein verfeinerbares Intervall zwischen formalen und intuitiven Positionen annäherungsweise eingeschachtelt werden. Der Begriff des Intervalls zeigt schon, wie problematisch eine metaphorische Näherung an eine Vermittlungsanstrengung zwischen strittigen mathematischen Positionen und Positionen der Naturwissenschaft und der Philosophie ist. Im Unterschied zur mathematischen Folge, die im intuitionistischen Sinne stetig verfeinerbar ist und die gestattet, eine reelle Zahl von zwei Seiten des Zahlenstrangs immer feiner in symmetrischen Abständen einzuschachteln, verlaufen die Intervallgrenzen Formalismus und Intuitionismus

unsymmetrisch. Beide Programme haben sich in sprunghaften Auseinandersetzungen entwickelt. Weyls Haltung wird von Otto Becker als ‐Halbintuitionismus‐<sup>154</sup> bezeichnet, so als könne man ihn an einer klaren Grenze zwischen den Programmen verorten. Doch das wird den Denkbewegungen des Mathematikers nicht gerecht.

Metaphern verstellen die Möglichkeit medientheoretisch zu fragen, also zu fragen, was bei einem Vermittlungsversuch zwischen innermathematischen und besonders zwischen Mathematik und Philosophie verloren geht. Welche Hinweise sind in Texten auf das nicht Vermittelbare gegeben, wie zum Beispiel die Praxis der mathematischen Darstellung selbst, der Weyls ‐Liebe‐ gilt und die eben nicht in philosophischen Begriffen angemessen dargestellt werden kann. Der Versuch dieser Darstellung ist für den Mathematiker eine ‐Tortur‐. Damit steht fest, dass die folgende Beschäftigung mit dem Begriff des Kontinuums eine Mittelbare ist. Von ihr kann nicht erwartet werden, dass sie darstellt, was der Mathematiker Herrmann Weyl als Mathematiker denkt, sondern diese Untersuchung kann nur Aussagen zu den erkenntnistheoretischen Schriften formulieren, in denen Weyl versucht, Fragen seiner mathematischen Praxis darzustellen. Wie stellt er schriftlich dar, was das mathematische Kontinuum ist? Kann es zwischen den philosophischen Begriffen positioniert werden, etwa als Begriff für eine Synthese zwischen Wirklichkeit und Subjekt, zwischen Theorie und ihrer experimentellen Anwendung, zwischen ‐subjektiver‐ Bergsonscher und ‐objektiver‐ Newtonischer Zeit schafft? Es wird zu zeigen sein, wie das Kontinuum in einer Verschachtelung von als grundsätzlich angenommenen Spaltungen charakterisiert wird.

Die Schriften Weyls zur Erkenntnistheorie indizieren einen epistemischen Wechsel, und zwar zwischen einer Auffassung der

---

<sup>154</sup> Becker, Oskar: Grundlagen der Mathematik in geschichtlicher Entwicklung.

Mathematik, die ihren Sinn anhand von gegebenen Sachverhalten überprüft und einer Auffassung, die sich durch die Richtigkeit ihrer Operationen legitimiert.<sup>155</sup> In diesem epistemischen Übergang wandelt sich die Auffassung von Existenz und Möglichkeit auf Grund einer Neufassung des Kontinuums. Sie verbleibt innerhalb eines idealistischen Standpunktes, der sich an Kant und Leibniz orientiert wie im folgenden am Begriff der Intuition gezeigt wird. In den vierziger Jahren verlässt Weyl den idealistischen Standpunkt. Er deutet Fragen der Quantenmechanik als Hinweis auf die existentielle Bedeutung der Symbole.<sup>156</sup> Eine medientheoretische Untersuchung kann nicht fragen, ob die Bewegung zwischen den eingenommenen Standpunkten Aufschluss auf eine Persönlichkeitsstruktur gebe, auf eine wissenschaftshistorische Entität Hermann Weyl, die sich geschickt getarnt habe. Stattdessen kann sie den Veränderungen folgen und als Problem der Vermittlung darstellen. Dazu bietet es sich an, die Veröffentlichungen in der Zeit von 1918 bis 1928 bezüglich der Definition des Kontinnums zu untersuchen und feiner zu unterteilen. In dieser Zeit diskutiert Weyl kontrovers mit Hilbert und Einstein und er stellt dar, dass er die Zeichenpraxis der intuitionistischen Mathematik als "Schatzsuche" versteht, die nicht von Maschinen übernommen werden kann. Am Ende seiner langen Forschertätigkeit modifiziert er diese Ansicht. Die nun zur Verfügung stehenden "ultraschnellen Rechenmaschinen" können helfen, "Löcher" auszuheben, welche die Mathematik angestoßen habe, doch enthebt diese neue maschinelle Unterstützung nicht der grundsätzlichen Frage, nach welchem Schatzplan eigentlich gegraben wird.

---

München 1964 (2. erweiterte Auflage), S. 336ff.

<sup>155</sup> Vor dem Hintergrund der Grundlagenkrise sind auch spätere Anstrengungen Norbert Wieners und Benses zu sehen, die darauf spekulieren, dass Computer eine Überbrückung der Kluft zwischen Symbolismus und Wirklichkeit ermöglichen.

<sup>156</sup> Siehe viertes Kapitel.

## Zwiefältigkeit

*Soweit sich die Sätze der Mathematik auf die Wirklichkeit beziehen, sind sie nicht sicher, und insofern sie sicher sind, beziehen sie sich nicht auf die Wirklichkeit (Albert Einstein)*

Weyl widmet der Grundlegung des Kontinuums 1918 eine Studie mit dem Anspruch, den Wahrheitsanspruch mathematischer Sätze zu garantieren. Dieser Bezug ist grundsätzlich zwiefältig,<sup>157</sup> da er sich auf den Zweisprung der Intuition bezieht. Sie wird in der "reinen Anschauung" vollzogen, d.h. dass sie "a priori", also unabhängig von empirischen Erfahrungen ist. Das Wort Medium wird in der Grundlagenkrise gleichbedeutend mit Kontinuum verwendet, der

---

<sup>157</sup> Das Zahlwort "zwei" kann wie die deutsche Silbe "zwei", das italienische "di" und das englische "dis" etymologisch auf die griechische Wurzel "dis" zurückgeführt werden, die ursprünglich "entzwei" bedeutet. Man kann daraus folgern, dass jeder "Entzweiung" eine Einheit vorausgegangen ist und sich verleiten lassen, die Funktion von Medien, darin zu sehen, zwischen den entzweiten Parteien zu vermitteln, um die ursprüngliche Einheit wiederherzustellen. Doch die Annahme einer ursprünglichen Einheit, die jeder Entzweiung vorausgeht, ist nur eine mögliche Hypothese. Man muss grundsätzlich daran zweifeln, dass die Silben, die auf "dúo" rückführbar sind, eine schlichte Verdoppelung des Einfachen bezeichnen. Wilhelm von Humboldt beschreibt, dass in frühen Sprachstufen der Menschheitsgeschichte, der besondere Charakter des Zwiefachen durch eine eigene Wortklasse hervorgehoben worden ist, den Dual. Der Dual ermöglichte es in zweifacher Form auftretende Gegenstände so zu bezeichnen, dass ihre grundsätzlichen Verschiedenheit von Dingen, die einfach oder vielfach sind, markiert wird. Cassirer hebt in seinem Referat der Gedanken Humboldts den ethischen Aspekt des Duals hervor. Er gestatte, das dem Einen gegenüberliegende Andere in seiner Andersartigkeit zu bezeichnen und nicht als bloße Verdoppelung des eigenen Ichs: "Das ‚Du‘ ist dem ‚Ich‘ nicht gleichartig, sondern es tritt ihm als sein Gegensatz, als Nicht-Ich gegenüber: der ‚Zweite‘ entsteht hier also nicht aus der einfachen Wiederholung der Einheit, sondern verhält sich zu ihr als der qualitativ ‚Andere‘" (PhsF.) I, S. 208.). Die Idee der Einheit kann auch philosophiegeschichtlich relativiert werden. Die Einheit beschäftigt erst dann das europäische Denken, als die griechischen Städte, sich einem übermächtigen und grundsätzlich von ihnen verschiedenen gegnerischen Macht, dem Reich des Perserkönigs Kyros, gegenüberstehen (Cacciari, Massimo: Gewalt und Harmonie. München 1995 (EA Milano 1994), S. 12). Doch ist es ebenfalls fragwürdig, das Verhältnis des Zwiefachen zum Einfachen als kriegerischen Konflikt zu analysieren. Diese Analyse kann mit McLuhan als Effekt der Medientechnik Schrift gedeutet werden, der die Seele der klassischen Griechen grundsätzlich verändert hat. Dieser grundsätzliche Schock der griechischen Seele hat weitreichende Folgen. Die "schockartige" Veränderung der abendländischen Kultur von einer mündlichen zu einer schriftlichen, ist nach McLuhans Darstellung durch die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern verstärkt worden und das hat weiter zum mechanischen Zeitalter der Arbeitsteilung und Industrialisierung geführt. In der neuzeitlichen Wissenschaft

im Mittelpunkt der konstruktiven und intuitionistischen Mathematik steht, dessen semantisches Spektrum den Bewegungen der Debatte unterliegt.

Zunächst muss deshalb Begriff der Konstruktion im Rahmen der Theorie des Kontinuums erörtert werden. Mit Konstruktion ist dabei nicht der Aufbau von experimentellen Anordnungen gemeint, sondern der unendlich verfeinerbare Aufbau eines Zeichengerüsts.<sup>158</sup> Das Zeichengerüst berührt in dieser Theorie nur an wenigen Punkten die Aussenwelt. Die konstruktive Auffassung der mathematischen Naturwissenschaft setzt einen Zwischenschritt voraus, das heisst Vorgängigkeit der Zweifachheit vor dem Gedanken eines ersten Elements. Die grundsätzliche Zwifältigkeit der Intuition führt zu einem epistemischen Zweifel über die Anwendbarkeit und den Bezug der Mathematik zur Aussenwelt.<sup>159</sup> Schon das Verhältnis von zwei aufeinanderfolgende Zahlen zu einer allen Zahlen vorausgehenden ersten Zahl ist problematisch. Die Reihe der natürlichen Zahlen definiert Weyl durch die "Urbeziehung", und zwar in der Aufeinanderfolge von  $n$  und  $n'$ , dem Schritt von einem Elementen zum nächsten. Dieser Zwischenschritt bildet den Grund dafür, dass man ein erstes Element der Zahlenreihe setzen kann. Deshalb sprechen Intuitionisten auch von der Zwei-Einheitlichkeit der mathematischen Urbeziehung.<sup>160</sup> Der Zwiespalt ist zugleich konstitutiv für das Verhältnis von

---

haben Schrift und Buchdruck dann zu einer extremen Spezialisierung und Zerstückelung des Wissens geführt.

<sup>158</sup> Die Autoren des Bandes Konstruktivismus in der Medien- und Kommunikationstheorie - Delfin 1997 erwähnen Brouwer und Weyl nicht (Hrsg. von Rusch, Gebhard/Schmidt, Siegfried J. Frankfurt/M. 1999). Auch in Günter Benteles Aufsatz "Wie wirklich ist die Medienwirklichkeit? Einige Anmerkungen zum Konstruktivismus und Realismus in der Kommunikationswissenschaft" (in: Bentele, Günter/Rühl, Manfred (Hrsg.): Theorien öffentlicher Kommunikation. München 1993) werden Weyl und Brouwer nicht genannt. Berührungspunkte des naturwissenschaftlichen Konstruktivismus Weyls zum russischen Konstruktivismus werden von Massimo Cacciari in *Icone della Legge* diskutiert.

<sup>159</sup> Weyl spricht von der Doppelgesichtigkeit der Geometrie, der Wirklichkeit und des Menschen und weist wiederholt auf deren Zwifältigkeit hin.

<sup>160</sup> Statt von "Urbeziehung" oder "Iteration" sprechen Poincaré und Brouwer von "Intuition". Intuition bedeutet bei Brouwer Einsicht in die Zwei-Einheitlichkeit des Denkens. Sie beruht auf der Einsicht in Wechsel von vergangenen und gegenwärtigen Momenten, die jegliche menschliche Erfahrung als zeitlich begreift.

Medien zur Wirklichkeit. Weyl spricht eine kurze Zeit während seiner langen wissenschaftlichen Laufbahn vom “Medium des freien Werdens”. Diese kurze Zeit verdient dennoch eine besondere Aufmerksamkeit, weil sie gestattet, das Vermittlungsbemühen eines Forschers zu verdeutlichen, der sich als Mathematiker und nicht als Philosoph zwischen unterschiedlichen Diskursen bewegt. Seine Begriffsbestimmung ist zugleich der Versuch einer Bestimmung der Mathematik als “Kulturangelegenheit” und eine Anstrengung, sie vor der “Trivialisierung”<sup>161</sup> zu schützen. Trivialisierung impliziert, dass die mathematische Tätigkeit von Maschinen ausgeübt werden kann. Dies kann Weyl nicht mit seinem Selbstverständnis als schöpferischer Mathematiker vereinbaren, der wie ein “Künstler” seinen Studenten freie Hand lässt.<sup>162</sup>

Neben seiner mathematischen Forschung liest er philosophische Autoren, mit denen er auch persönlich bekannt ist oder Briefe mit ihnen wechselt. Er nimmt Teil an der fortschrittlichen Denkkultur. Er schildert diese Begegnungen als kontingent, aber gleichwohl erheblich. Zwischen der Neigung zu philosophieren und der Liebe zur mathematischen Forschung besteht ein problematisches Verhältnis, das sich in einem markanten Verweis auf “Doppel-Naturen” ausdrückt. Dieser Problematik entspricht das Beharren auf der Differenz zwischen begrifflicher Arbeit und dem Erleben. Ein weiterer Zwiespalt liegt in der Trennung zwischen reiner Mathematik und ihrer Anwendung in den exakten Naturwissenschaften. Die konstruktive Praxis legitimiert sich nicht durch Übereinstimmung ihrer Zeichensetzung mit der Realität. Den tiefgreifenden Zwiespalt, dem die exakte Wissenschaft ausgesetzt ist, formuliert Einstein treffend in dem Motto des Abschnitts.

---

<sup>161</sup> Weyl, Hermann: “Die heutige Erkenntnislage in der Mathematik”. In: Symposium - Philosophische Zeitschrift für Forschung und Aussprache. Bd.1. 1927 [Im folgenden Erkenntnislage], S.30. ND in GA II. Cassirer zitiert diese Stelle in PhsF III, S. 446. Siehe dazu auch WPhil, S. 273.

<sup>162</sup> Weyl, Hermann: “Rückblick auf Zürich aus dem Jahr 1930”. In: Schweizerische Hochschulzeitung 28, 180-189 (1955). ND in GA IV, S. 653.

Weyls Theorie des Kontinuums hat sich in den für die Untersuchung entscheidenden Jahre von 1918 - 1928 geändert. Die Änderung ist Ausdruck einer Kritik an dem formalistischen Programm und einer differenzierten Rezeption Brouwers. Deswegen kann das Denken Weyls in Phasen gegliedert werden, und zwar: der Position Weyls, die er in der ersten Ausgabe der Schrift Das Kontinuum aus dem Jahr 1918 einnimmt,<sup>163</sup> dann seine Position in dem Aufsatz "Über die neue Grundlagenkrise der Mathematik" und weiter die Position in der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaften.<sup>164</sup> Weyls Gedankengang dokumentiert Irritationen über das Verhältnis von Existenz und Möglichkeit. Die Irritationen verlieren im Zuge von Weyls Studium ausgewählter Schriften Leibniz<sup>165</sup> an existentieller Bedrohlichkeit, ohne jedoch vollends zur Ruhe zu gelangen.<sup>166</sup> Für die gegenwärtige Medienwissenschaft ist eine weitere Veröffentlichung Weyls relevant. Als Herausgeber der Zeitschrift "Symposion" firmieren u.a. Hermann Weyl, Ernst Cassirer, Max Scheler und José Ortega y Gasset. Diese Zeitschrift wird durch

---

<sup>163</sup> Dies wird auch von Jean Largeault, dem Herausgeber einer französischen Sammlung von Texten Weyls betont, der die Veränderungen des Textes von 1918 bis 1921 kommentiert. Siehe: Weyl, Hermann: *le continu et autres écrits. Notes introductives et traduction par Jean Largeault*. Paris 1994, S. 136: "Dans le Continu, Weyl supposait légitime de considérer la totalité des entiers naturels, et n'envisageait pas d'exception aux lois de la logique classique ... S'étant instruit du programme de Brouwer, il cesse de croire qu'on ait le droit de tenir le TE [tertium exclusum] pour valide, car une proposition d'existence générale n'a pas forcément pour valide ... Ayant renoncé à deux conceptions qui étaient les siennes quand il rédigeait le Continu, Weyl (1921) disait avoir abandonné son ancienne tentative de reconstruction de l'Analyse - non pas la tenir pour périmée ou nulle. On lit ici ou là qu'après 1920 Weyl aurait pris ses distances par rapport à l'intuitionisme. Les textes racontent une autre vérité: passe l'éblouissement initial, son adhésion prit un tour tranquillement critique et raisonné."

<sup>164</sup> Die erste Phase wird in den Abschnitten "Konstruktion" bis "Mathematische Urbeziehung und lebendige Anschauung", die zweite in "Schatzsuche – Medium des freien Werdens und die dritte Phase in dem Abschnitt "Maschinenlauf im argumentativen Gebrauch" analysiert.

<sup>165</sup> Weyl hat Leibniz erst bei den Vorbereitungen zur Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft rezipiert. Er würdigt Leibniz in der Vorbemerkung als "Heroen" (WPhil, S. 15). Leibniz Schriften zitiert er nach der Ausgabe Cassirers.

<sup>166</sup> In dem Lebensrückblick "Erkenntnis und Besinnung" deutet Weyl die Bedeutung von Leibniz bei den Recherchen für die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft an. Siehe dazu: Breger, Herbert: "Leibniz, Weyl und das Kontinuum". In: A. Heinekamp (Hrsg.): Beiträge zur Wirkungs- und Rezeptionsgeschichte von Leibniz (Studia Leibnitiana Supplementa, Bd. 26). Stuttgart 1986, S. 320.

einen Aufsatz Weyls eröffnet, in dem er zur Grundlagenkrise Stellung nimmt und darüber nachdenkt, ob Maschinen das Kontinuum erschliessen können. In dieser Zeitschrift wurde auch Fritz Heiders Aufsatz “Ding und Medium” veröffentlicht, auf den Niklas Luhmann hingewiesen hat.<sup>167</sup>

### **Konstruktion**

Die Begriffe “Konstruktion” und “Kontinuum” setzen folgende Annahme über Zeichen voraus: “Durch Einführung von Zeichen wird eine Aufspaltung der Urteile vollzogen und ein Teil der Operationen durch Verschiebung auf die Zeichen vom Gegebenen und seinem Fortbestand unabhängig gemacht. Dadurch tritt das freie Schalten mit Begriffen ihrer Anwendung, die Ideen treten relativ selbständig der Wirklichkeit gegenüber”.<sup>168</sup>

Die hier angesprochene Aufspaltung gilt für Zeichen allgemein. Die menschliche Sprache ermöglicht es, Zeichen “sinnlos”, aber “formal-grammatisch”<sup>169</sup> korrekt zu formulieren; z.B. ist der Satz “Dieser Wert ist blau” richtig, aber sinnlos. Weyl veröffentlicht eine Untersuchung des Kontinuums, weil er die Gefahr sieht, dass die Mathematik sinnlose Urteile formuliere. Die Geburt der Mathematik setzt nicht mit der Verwendung von Zahlzeichen ein, sondern mit einem universellen Ordnungsprinzip, das einzelne Zahlen vor dem Hintergrund einer unendlichen Zahlenreihe betrachtet. Diese Zahlenreihe wird nicht durch Abstraktion von einer existierenden Anzahl von Dingen gebildet, sondern beruht auf der mathematischen “Urrelation” des Immer-noch-eins, der Einsicht, dass auf eine Zahl eine weitere folgt.<sup>170</sup> Bedingung und

---

<sup>167</sup> Eine gekürzte Fassung des Aufsatzes ist im Kursbuch Medienkultur abgedruckt.

<sup>168</sup> WPhil, S. 56.

<sup>169</sup> Weyl, Hermann: Das Kontinuum. Kritische Untersuchungen über die Grundlagen der Analysis. Leipzig: 1918 [Im folgenden Das Kontinuum], S. 1.

<sup>170</sup> Siehe dazu: “Über den Symbolismus Über den Symbolismus der Mathematik und mathematischen Physik”, S. 530. Brouwer soll diese Einsicht durch eine Reflexion über die Zeit, d.h. über die Abfolge von Gegenwart und Zukunft gewonnen haben. Siehe dazu von Stigt, S. 153f.

Grundlage jeder symbolischen Konstruktion ist die Reihe der natürlichen Zahlen, auf die alle anderen Mengen von Zahlen zurückgehen. Die natürlichen Zahlen “werden in ihrem aktuellen Vorkommen nicht einzeln herausgehoben, sondern auf den Hintergrund einer nach festem Verfahren herstellbaren geordneten, ins Unendliche offenen Mannigfaltigkeit von Möglichkeiten projiziert”.<sup>171</sup> Weyl räumt der Reihe der natürlichen Zahlen einen ontologischen Sonderstatus ein, insofern als die Mannigfaltigkeit von möglichen natürlichen Zahlen in ihrer Widerspruchsfreiheit a priori einsichtig ist.<sup>172</sup> Die natürlichen Zahlen und mathematischen Symbole bilden den Baustoff für die mathematische Konstruktion. Die Beschaffenheit des Baustoffs ist insofern problematisch, als die Reihe der natürlichen Zahlen auf einer zwiespältigen Urintuition beruht, nämlich der Evidenz, dass auf eine Zahl eine weitere folgt. Die erste Zahl lässt sich aber nur durch einen Akt definieren, der von einer Verschiedenheit rückschliesst auf einen Ursprung. Konstruktiv vorzugehen, das bedeutet auf der Grundlage der natürlichen Zahlen, Verknüpfungen zu Mengen möglicher Zahlen herzustellen. Das heisst mathematisch “Handeln”.<sup>173</sup> Die Verknüpfungen zwischen Zeichen können sich auf keine andere Grundlage als die Urrelation berufen. Die Zeichenoperationen erhalten ihre Legimitation durch die Einhaltung von Regeln. Diese Regeln sollen garantieren, dass die Zeichenverwendung nicht zu Widersprüchen führen. Doch kann kein endgültiger Beweis geführt werden, dass die Axiome vollständig sind. Aus diesem Grund kann nicht behauptet werden, dass die Konstruktionen absolut widerspruchsfrei sind.

---

<sup>171</sup> Philosophie, 56.

<sup>172</sup> Diese Ansicht modifiziert er unter dem Einfluss Brouwers. Siehe dazu Lergeault.

<sup>173</sup> In WPhil, S. 33 bezeichnet Weyl Konstruieren schlicht als Handeln.

## Schnitte im Seienden

Das Kontinuum problematisiert 1918 das Verhältnis von Existenz und Möglichkeit und diskutiert den Unterschied zwischen mathematischer und lebensphilosophischer Auffassung von Raum-Zeit-Kontinua. Dieser Problemzusammenhang hat sich aus der Geschichte des Kontinuumsproblems ergeben. Sie ist als Geschichte ontologischer Verunsicherungen lesbar, in denen strittig ist, was als "Sein" gilt und was nicht. Paradoxe Argumentationen wie Zenons Wettlauf zwischen Achill und der Schildkröte oder das Paradox des Lügners<sup>174</sup> sind je nach ontologischer Einstellung lösbar oder nicht. Die Paradoxa sind Indizien, dass es in der griechischen Antike eine Grundlagenkrise<sup>175</sup> gegeben habe (und die Autoren der "neuen" Grundlagenkrise sind sich der Geschichtlichkeit ihrer Diskussion bewusst).

Die "Unbegreiflichkeiten der Mathematik"<sup>176</sup> ist eine Redewendung aus dem siebzehnten Jahrhundert, in der sich die Verwunderung über die Möglichkeit, mit unendlich kleinen Grössen zu rechnen, ausdrückt. Diese Verwunderung ist Indiz eines ontologischen Wandels. Unter Ontologie versteht der Leibnizianer Christian Wolff die Wissenschaft vom Seienden im allgemeinen bzw. sofern es Seiendes ist. Was seiend ist und was nicht, das kann angesichts der "amphibischen" Natur kleinster Grössen nicht sicher bestimmt werden. Diese Unsicherheit gilt nicht nur für die kleinsten Grössen, sie betrifft auch das Wesen Gottes.<sup>177</sup> Die Mathematikgeschichte des neunzehnten Jahrhunderts verzeichnet eine Vervielfältigung von Zahlenklassen, von deren Existenz gesprochen wird, ohne dass sie als geometrische Kurven dargestellt

---

<sup>174</sup> Eine Geschichte des Lügner-Paradox ist zu finden bei: Rüstow, Alexander: Der Lügner. Leipzig 1910.

<sup>175</sup> Weyl zitiert Hasse, H. und Scholz, H[einrich]: Die Grundlagenkrise der griechischen Mathematik. Berlin 1928

<sup>176</sup> Weyl, Hermann: "Erkenntnislage", S. 4.

<sup>177</sup> Auf eine Widersprüchlichkeit im leibnizianischen Gottesbegriff hat Russell hingewiesen, die sich in der Interpretation Gurwitsch erst dann auflöst, wenn man in mathematischen Begriffen denkt. Siehe dazu: Gurwitsch, Aaron: Leibniz' Philosophie des Panlogismus. Berlin 1974, insbesondere S. 441.

werden können, geschweige denn mit anschaulichen Gegenständen in Verbindung gebracht werden können. Diese Entwicklung wird zu einem Problem, das zur Kritik an Cantors Mannigfaltigkeitslehre führt. Cantor unterscheidet eine “intrasubjektive oder immanente Realität der Zahlen von einer Auffassung der Zahlen als Ausdruck und Abbild von Vorgängen und Beziehungen, in der dem Intellekt gegenüberstehenden Aussenwelt”.<sup>178</sup> Cantor unterscheidet weiterhin die Mächtigkeit der natürlichen Zahlen von der Mächtigkeit der reellen Zahlen. Die Mächtigkeit der reellen Zahlen sei eine des Kontinuums.<sup>179</sup>

Der Begriff des Kontinuums ist problematisch, weil er suggeriert, dass die reellen Zahlen, z.B. die auf dem Zahlenstrahl zwischen 1 und 2 liegen, so lückenlos zusammenliegen wie ein Gegenstand in der körperlich erfahrbaren Realität. Ein Stock und ein Tisch sind stetig gegebene Objekte. Man muss Gewalt anwenden, um Lücken in ihrer steten Gegebenheit zu erzeugen. Es sind die seit der Antike bekannten Argumentationen Zenons, die den Unterschied zwischen einer tatsächlichen Teilung eines Gegenstandes, z.B. der Spaltung eines Stocks mit Hilfe einer Axt, und der in Gedanken durchgeführten Teilung paradoxal einsetzen. Hat das Cantorsche Kontinuum die gleiche Seinsart wie andere offensichtliche Dinge, z.B. ein Tisch oder ein Gehweg? Wo verläuft die Grenze zwischen Einteilungen, die an einem Tisch mit Handwerkszeug vorgenommen werden können, und beispielsweise Meilensteinen und Wegweisern, die einen Fussweg unterteilen und dann Einteilungen, die gedanklich vorgenommen werden und aus einer Anzahl von Punkten einzelne als Markierungen hervorhebt, zwischen denen sich die anderen Punkte zu einem Abschnitt zusammenfügen?<sup>180</sup> In Zenons Paradox vom Wettlauf zwischen Achill und der Schildkröte wird argumentiert, dass Achill eine

---

<sup>178</sup> Nach Cassirer, Ernst: Das Erkenntnisproblem, S. 80.

<sup>179</sup> Die Geschichte des Kontinuumsbegriffs wird u.a. dargestellt bei Mehrtens und van Stigt, die ich zum Vergleich mit Cassirers Darstellungen der Entwicklung der Mathematik im neunzehnten Jahrhundert hinzugezogen habe.

<sup>180</sup> Siehe dazu WPhil S. 58f.

Schildkröte, die 10 Meter Vorsprung vor ihm hat, nicht einholen kann. Immer wenn Achill ein Stück vorgerückt ist, ist auch die Schildkröte ein Stück fortgerückt. Das Paradox fasst eine endliche Strecke als Summe unendlich vieler Teilstrecken auf. Tatsächlich kann man sich vorstellen, dass etwas immer wieder geteilt wird. Tatsache ist aber auch, dass Achill die endliche Strecke in einer endlichen Zeit durchläuft. Eine mögliche Auflösung des Paradoxons besteht nun darin, dass man den Unterschied zwischen physikalischer Teilbarkeit eines Gegenstandes und gedanklicher Teilbarkeit herausarbeitet. Weyl betont, dass das mathematische Kontinuum die Möglichkeit der unendlichen Teilbarkeit bezeichnet. Seinem Wesen widerstrebe es, in tatsächliche Teilungen übersetzt zu werden.<sup>181</sup> Cantors Mannigfaltigkeitslehre nennt Weyl eine "naive" Mengenlehre, weil sie ontologische Unterscheidungen zwischen Mengen mit endlichen Elementen und solchen mit unendlichen Elementen vernachlässigt. Das habe zu paradoxalen Formulierungen geführt. In ihnen wird das ontologische Selbstverständnis, mit der die Mathematik die von ihr geschaffenen Verstandesgegenstände als existierend bezeichnet, erschüttert. Diese Erschütterung führt zum Grundlagenstreit.

Im Grundlagenstreit wird die Intuition<sup>182</sup> als Kriterium der existentiellen Sachhaltigkeit eingeführt. Es handelt sich bei der mathematischen Intuition um einen gedanklichen Prozess, der sich nicht auf anschauliche vorhandene Gegenstände bezieht, sondern

---

<sup>181</sup> Rafael Ferber "löst" das Paradox, indem er physikalische Grundeinheiten einführt, das "Hodon" und das "Chronon". Eine physikalische Raumstrecke und eine physikalische Zeitstrecke könne nicht unendlich geteilt werden. Das Drama des Paradoxons findet in unserer Einbildung statt. Siehe: Ferber, Rafael: Zenons Paradoxien der Bewegung und die Struktur von Raum und Zeit. Stuttgart 1995 (2. Auflage). Gegen diesen Lösungsversuch opponiert Kirchmann.

<sup>182</sup> Anschauung ist gleichbedeutend mit "contemplatio" und "intuitio". Unter reiner Anschauung versteht Kant "reine form der sinnlichkeit, in der nichts was zur empfindung gehört, angetroffen werden kann". In der Kritik der reinen Vernunft (A 19/B33) wird unterschieden: Sinnlichkeit (Fähigkeit, Vorstellungen von den Gegenständen zu erhalten, von denen man affiziert wird) Anschauung (Gegebenheit von Vorstellungen (auch ohne sinnliche Affizierung)), Verstand (denkt die Vorstellung, und "von ihm entspringen Begriffe"). Für eine ausführliche Diskussion des Begriffs der Anschauung bei Kant siehe Cassirer, Ernst: Kants Leben und Lehre.

auf die Sukzession von gedanklichen Akten. Sukzession konnotiert zeitliche Aufeinanderfolge, doch gemeint ist ein reiner Akt der Folge. Da Intuition gleichbedeutend mit Anschauung verwendet wird, besteht die Gefahr, die Ebene der reinen Verstandestätigkeit mit der Ebene der Rezeption der Aussenwelt durch den Verstand zu verwechseln.<sup>183</sup> In der Folge ist zu unterscheiden zwischen Intuition und Anschaulichkeit. Die Referenz der Intuition ist Urbeziehung der Sukzession von zwei Schritten. Sie wird in der “reinen Anschauung” vollzogen.<sup>184</sup> Anschaulichkeit hingegen ist zurückzuführen auf eine sinnliche Affektion durch die Aussenwelt. Sie ist durch Erfahrung gegeben. Die mathematische Intuition wird nicht im Verweis auf einen empirischen Befund definiert, sie dient aber dem Nachweis der “Sachhaltigkeit” mathematischer Urteile. Der Rekurs auf die Intuition verschärft die Unterscheidung zwischen empirischer Wirklichkeit und mathematischen Zeichen. Dieser Verschärfung arbeitet Weyl 1918 heraus. Er betont den grundsätzlichen Unterschied zwischen der stetigen Welterfahrung und dem diskreten Charakter des mathematischen Kontinuums.

### **Mathematische Intuition und lebendige Anschauung**

Ein Kontinuum ist einerseits im Alltagsverständnis etwas stetig mit “fliessenden Übergängen” Gegebenes. Ein solches Kontinuum ist die Raum-Zeit, in der Menschen leben und voraussetzen, dass ihre Umgebung ständig und bruchlos gegeben ist. Andererseits ist das “Kontinuum” ein problematischer Begriff innerhalb der Mathematik, den Weyl durch den intuitiven Aufweis der existentiellen Sachhaltigkeit der natürlichen Zahlen zu stützen

---

<sup>183</sup> Verständlich wird die mathematische Intuition durch dem Begriff des “intentionalen Objekts”, auf den sich Weyl bezieht. Siehe Weyl, Hermann: Raum, Zeit, Materie, S. 4. Weyl nennt Brentano als Urheber des Ausdrucks, den er vermutlich in der Vermittlung durch Husserl kennengelernt hat. Seine Beschäftigung mit Husserls Schriften unterstreicht Weyl im Vorwort von Das Kontinuum (S. IV) mit.

<sup>184</sup> Zuweilen ist auch von Verstandesakten die Rede und allgemeiner noch vom menschlichen Bewusstsein. Ein möglicher Grund für das terminologische

versucht. Eine wichtige Voraussetzung dieses Versuchs ist die Einsicht, dass mathematische Zahlen nicht durch Abstraktion von Gegenständen in der Aussenwelt definiert werden können. Weyl bezweifelt den existentiellen Statuts von unendlichen Zahlreihen und gelangt im Ergebnis zu einer ontologischen Hierarchie. Die Analysis ist eine Methode zur Beschreibung von stetigen und fließenden Prozessen, die gegen Unendlich gehende Zahlenreihen voraussetzt. Die methodischen Fortschritte der Analysis entbehren nach Weyl der existentiellen Grundlage. Als Grundlage lässt er nur die Reihe der natürlichen Zahlen gelten; alle weiteren Zahlreihen sind nur als Konstruktionen auf ihrer Grundlage zu verstehen. Sie sind Derivate und als "solche spezifische ideale" Elemente. Der Begriff der Konstruktion setzt ein Verständnis von Menge und funktionalem Zusammenhang voraus, der in der Schrift entwickelt wird. Diese Entwicklung führt zu Verboten von Aussagen, die dem Unterschied zwischen "absolut" und "abgeleitet" nicht Rechnung tragen. Diese Verbote markieren Unterschiede zwischen existierenden und möglichen Zahlen. Auf Grund dieser Unterscheidung wird deutlich, warum Weyl drei Jahre später Brouwers Auffassung vom Kontinuum als Medium des freien Werdens als Revolution begrüsst.

1918 bilden die natürlichen Zahlen für Weyl noch einen absoluten Operationsbereich. Er ist verankert im „Vollzug“ einer bestimmten "reinen Anschauung".<sup>185</sup>, und zwar der "Iteration".<sup>186</sup> Die Iteration ist das Fundament der Reihe der natürlichen Zahlen.

Die Urbeziehung garantiert einen Sachverhalt, auf den sich mathematische Kategorien beziehen können. Die Existenz dieses Sachverhalts markiert den Unterschied zwischen rein logischen

---

Schwanken ist die Rezeption Husserls und Kants, mit der sich Brouwer und Weyl in unterschiedlichem Masse beschäftigten.

<sup>185</sup> Kontinuum, S. 37.

<sup>186</sup> A.a.O., S. 36: "Erst im Zusammenhang mit allgemeinen philosophischen Erkenntnissen, zu denen ich mich durch die Abkehr vom Konventionalismus durchrang, ... gewann ich die feste Überzeugung (in Übereinstimmung mit Poincaré, so wenig ich dessen philosophische Stellung im übrigen teile, dass die

Kombinationen und mathematischen Urteilen. Rein logische Kombinationen beruhen auf Prinzipien, die unabhängig von einem Sachverhalt gelten und Urteile verknüpfen. Prinzipien, auch Schemata genannt, sind folgende: “und”/ “oder”/ “es gibt”/ “alle”/und das Prinzip der Ausfüllung. Das Prinzip der Ausfüllung ist besonders problematisch, weil es das Verhältnis von kombinatorisch verknüpften Urteilen zu existierenden Gegenständen betrifft. Eine Aussage  $A(x y)$  bezeichnet, dass  $x$  im Verhältnis  $A$  zu  $y$  steht. Sie kann ausgefüllt werden durch:  $x$  steht im Verhältnis der Vaterschaft zu  $y$ .

Die Urteile können miteinander kombiniert werden, z. B. kann die Kombination  $A(x y)$  und  $B(y z)$  zu dem Urteil führen  $C(x z)$ . Weyls Bestreben ist es, “Sinn”-Fülle der Urteils kombinationen in der Mathematik zu gewährleisten. Dazu entwickelt er ein Stufensystem, in dem zwischen Urteilen unterschieden wird, die sich auf die Intuition der Urbeziehung beziehen oder nicht. Die natürlichen Zahlen gestatten es, Mengen zu konstruieren. Das impliziert einen erweiterten Begriff von Menge. “Eng” wird eine Menge definiert durch Elemente mit gleichen Eigenschaften, z.B. die Menge aller roten Gegenstände in einem Raum. Für diese Menge ist die Eigenschaft “Rot-Sein” konstitutiv. Sie ist ein überschaubares Ensemble endlicher Gegenstände mit gleichen Eigenschaften (z.B. die Menge aller roter Gegenstände in einem Garten). Durch schlichte Übersicht kann die Anzahl der Gegenstände festgestellt werden, die unter die Eigenschaft und damit unter den Begriff des Rot-Seins fallen. Anders ist es bei der Menge der natürlichen Zahlen, denn sie wird durch ein Bildungsprinzip definiert, das durch die Intuition verbürgt wird. Noch anders verhält es sich bei den weiteren Mengen mathematischer Objekte. Sie werden als funktionale Zusammenhänge definiert. Funktionaler Zusammenhang bedeutet, dass eine Zuordnung zwischen einer Ursprungsmenge natürlicher

Zahlen und einer Bildmenge vorgenommen wird. Diese Zuordnung wird auch Abbildung genannt.

Der Konstruktivismus Weyls beruht auf der Grundlage, die allein durch eine "reine Anschauung" garantiert wird. Sie stellt sicher, dass mathematische Zeichen einem Sachverhalt entsprechen. Weyl unterscheidet den "ursprünglich gegebenen Gegenstandsbereich" der natürlichen Zahlen von dem "neuen abgeleiteten System idealer Gegenstände", die durch den Konstruktionsprozess gebildet werden können: "Es versteht sich von selbst, dass diese neuen Gegenstände (die Mengen) von den ursprünglichen Gegenständen durchweg verschieden sind; sie gehören einer ganz anderen Existenzsphäre an". Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in diesem Stadium des Denkens Weyls der Existenzbegriff nur den natürlichen und rationalen Zahlen vorbehalten wird. Das Kontinuum der reellen Zahlen hat einen abgeleiteten Status. Es ist deshalb in der ontologischen Hierarchie defizitär gegenüber dem anschaulichen Kontinuum und den natürlichen Zahlen.

Zweifel bleiben dennoch bestehen, wie der ursprünglich gegebene Gegenstandsbereich der natürlichen Zahlen ontologisch zu fassen ist. Seine Existenz wird behauptet. Sie wird nicht durch die Aussenwelt bedingt, sondern durch die reine Anschauung.<sup>187</sup> Die reellen Zahlen bilden eine Menge isolierter Elemente, die durch natürliche Zahlen konstruiert werden. "Man vergesse nicht, dass im ‚Kontinuum‘ der reellen Zahlen in der Tat die einzelnen Elemente genau so isoliert gegeneinander stehen wie etwa die ganzen Zahlen".

Das mathematische Kontinuum beruht auf der Behauptung, dass man abschätzen kann, wann eine Funktion stetig ist und wann

---

mathematischen Denkens [Hvvh. v. Weyl] ist ..."

<sup>187</sup> Kontinuum, S. 11. Wo und wie diese existiert, bleibt in Das Kontinuum unklar. Die Fussnoten verweisen auf Poincaré, Husserl und Fichte. Weyl verzichtet darauf, eine Theorie des Bewusstseins zu referieren, innerhalb derer die reine Anschauung als einsichtiges Fundament expliziert wird. Durch eben dieses Fundament, das die Sachhaltigkeit der mathematischen Urteile garantiert, unterscheidet sich aber die Mathematik von der Logik. Die "erkenntnisthechnische Bedeutung des logischen Schliessens" liege zwar auf der Hand, es sei jedoch Glaubenssache, wenn man die logischen Gesetze selbst

nicht. Diese Behauptung hält Weyl für nicht beweisbar, da sie ausser dem Fundament der natürlichen Zahlen voraussetzt, dass die Prinzipien der Verknüpfung von Konstruktionen vollständig sind. Das setzt voraus, dass die Prinzipien ein geschlossenes System bilden. Diese Voraussetzung sieht Weyl als nicht gegeben an.<sup>188</sup> Anders verhält es sich beim anschaulichen Kontinuum. Es ist stetig gegeben: "Ich sehe z.B. während einer gewissen Dauer beständig diesen Bleistift vor mir auf dem Tische liegen; diese Wahrnehmung gibt mir ein, wenn auch nicht absolutes, so doch vernünftiges und gut begründetes Recht zu der Behauptung, dass während einer gewissen Dauer dieser Bleistift sich auf dem Tische befunden hat. Es ist offenbar absurd, zu meinen, dass dieses Recht durch eine ‚Erweiterung unserer Definitionsprinzipien‘ ins Wanken gebracht werden könnte - als ob da neue, von meiner Anschauung übersehene Zeitmomente hinzukommen könnten, in denen sich der Bleistift vielleicht in der Nähe des Sirius, oder wer weiss wo, befand".<sup>189</sup> Er stellt die Frage, ob das phänomenale Kontinuum durch das mathematische dargestellt wird. Diese Frage führt zu der erkenntnistheoretischen Frage, wie sich mathematischen Zeichen zur Wirklichkeit verhalten, von der sie "abgespalten" sind, da diese Spaltung ein fundamentales Prinzip des Erkennens ist: Weyl betont die Diskrepanz und die mangelnde Konkordanz zwischen dem Empfinden der zeitlichen Dauer und den diskreten Punkten, mit denen die mathematische Zeit operiert. Weyl bezeichnet die Dauer<sup>190</sup> als Bewusstseinsprozess, den er ausdrücklich nicht psychisch oder physisch auffassen möchte und unterscheidet ihn von der existierenden Aussenwelt. Das Bewusstsein kann sich qua Reflexion aus dem Empfindungsstrom herausreissen und einzelne Erlebnisse als erinnerte herausheben. In der Erinnerung wird nicht nur die Dauer erneut durchlebt, sondern auch als Erinnerung empfunden, so dass selbst in der Reflexion die Zeitwahrnehmung

---

logisch begründbar nenne. Die Mathematik könne sich auf die intuitive Einsicht berufen, sie wäre trivialisiert, wenn sie rein logisch erklärbar wäre.

<sup>188</sup> Das Kontinuum, S. 66.

<sup>189</sup> Das Kontinuum, S. 66.

<sup>190</sup> Weyl verweist nachdrücklich auf Bergson.

nicht punktuell aufgefasst werden kann. Mit der Erinnerung einer spezifischen Dauer gehen zahlreiche andere Erinnerungen einher. Diese sind jedoch nicht voneinander abgegrenzt, sondern fließen ineinander über.<sup>191</sup> Zeitmessung setzt voraus, dass ein zeitlicher Abschnitt eine fein unterteilbare Strecke ist. Messung bedeutet, dass man einen Punkt separiert und als Vielfaches einer definierten Einheitsstrecke auffasst. Jeder Zeitpunkt kann auf eine Einheitstrecke bezogen werden. Somit müsste jeder reellen Zahl ein Zeitpunkt entsprechen. Diese Entsprechung kann sich jedoch nicht auf die Zeitanschauung berufen, sondern läuft deren stetigen Wesen gerade zuwider. Weyl zieht daraus den Schluss, dass die Menge der reellen Zahlen sich nicht durch Erfahrungen in der anschaulich gegebenen Welt begründet werden kann. Wenn diese Menge nicht durch Erfahrungen begründet werden kann, dann muss sie konstruktiv begründet werden und zwar als funktionale Zuordnungen, die ihre Rechtfertigung in der Urbeziehung finden. Diese Urbeziehung verlangt den Vollzug der Iteration in der reinen Anschauung und ist somit ein geistiger Akt und nicht eine empirische Tatsache.

Die Bergsonsche Zeitauffassung wird von Weyl gegen die physikalisch-mathematische Auffassung von Zeitpunkten argumentativ eingesetzt, um seine Theorie der Konstruktivität der reellen Zahlen und damit des mathematischen Kontinuums zu stärken. Die Diskrepanz zwischen mathematisch-physikalischen Zuordnungen zwischen Zeitpunkten und Zahlen zum Empfinden von Dauer wird von "genau isolierten" Elementen charakterisiert. Der in diesem Vergleich betonte Unterschied zwischen zwei Auffassungen von Kontinua besitzt eine diskursive Funktion, die sich in Weyls Gestus ausdrückt, Bergson nicht zu problematisieren, sondern affirmativ einzusetzen. Diese Diskrepanz darf nicht als generelle Skepsis gegenüber der mathematischen Methode verstanden werden, die Weyl ja nun fest auf die Urbeziehung "des immer noch eins" gegründet hat. Welche Funktion haben die

---

<sup>191</sup> Das Kontinuum, S. 70.

Zahlen aber dann? Weyl deutet an, dass es hinter dem Bewusstsein und dem Empfinden von raum-zeitlicher Dauer einen objektiven Bereich geben könnte, der mathematisch-physikalisch erschlossen werden könnte. Von einer gezielten Vermittlungsleistung kann bei Weyl in dieser Phase nicht die Rede sein. Er bezieht sich auf Bergson, Fichte und Husserl, um seinen Grundlegungsversuch argumentativ zu vertreten.<sup>192</sup> Weyl ist zu diesem Zeitpunkt kein Vermittler, sondern jemand, der Grundlagen schaffen möchte, auf die sich die Fachwissenschaft beziehen soll.<sup>193</sup> Die mathematische Diskussion um die Sachhaltigkeit ihrer Urteile wird durch Weyls Rezeption von Brouwer schärfer.

### **Schatzsuche: Medium des freien Werdens**

Seine Veröffentlichungen in der Zwischenkriegszeit seien, so urteilt Weyl rückblickend, durch einen “bombastischen Stil” gekennzeichnet.<sup>194</sup> Der Grundlagenstreit spitzt sich 1921 zu, als Weyl in einem Aufsatz die intuitionistische Theorie referiert. Damit reißt er eine Kluft zwischen zwei Auffassungen des Kontinuums innerhalb der Mathematik auf, und zwar stellt er nun eine atomistische Auffassung des Kontinuums - zu der auch sein Entwurf aus dem Jahr 1918 zählt - dem Brouwerschen Entwurf gegenüber, den Weyl jedoch so eigenwillig darstellt, dass er sich selbst fragen muss, ob das noch Brouwersche Theorie genannt werden kann.<sup>195</sup> In dem Aufsatz “Über die neue Grundlagenkrise der Mathematik” fällt die Formulierung “Medium des freien

---

<sup>192</sup> In den Vorworten zu Raum, Zeit, Materie und Das Kontinuum betont Weyl 1918, dass er von Husserl und Fichte wichtige Anregungen bekommen hat, zugleich wahrt er die Distanz.

<sup>193</sup> Das Vorwort der Schrift kann als Kampfansage gegen Hilbert gelesen werden, jedoch nicht als Parteinahme für Brouwer, den Weyl nach der Publikation von Das Kontinuum erneut zur Kenntnis genommen hat. Besonders betont Weyl, dass er eigenständig an der Grundlegung gearbeitet habe und die Vorschläge von Russell ihm erst später bekannt geworden seien.

<sup>194</sup> Nachtrag Juni 1955 zu „Über die neue Grundlagenkrise“, S. 179.

<sup>195</sup> „Über die neue Grundlagenkrise“, S. 158.

Werdens”.<sup>196</sup> Unter dieser Überschrift referiert Weyl in “freier Weise” Brouwers Ansatz, die Analysis und Mengenlehre zu reformieren. Im Mittelpunkt steht die Frage, ob und gegebenenfalls wie Aussagen über reelle Zahlen getroffen werden können. Ausgangspunkt ist, dass Brouwer die Menge der reellen Zahlen nicht als existierende Gegenstände betrachtet, sondern als durch ”freie Wahlfolgen” zu konstruierende Gegenstände. Das Medium, in dem die Gegenstände konstruiert werden, ist das Kontinuum. Das Medium erhält seine Existenz durch freie Wahlfolgen. Eine freie Wahlfolge beruht auf der Einsicht, dass eine Zahl auf die andere folgt. Man kann nur über Eigenschaften von Zahlen urteilen, die aus dieser Aufeinanderfolge resultieren. Über die Entwicklung von Folgen im Unendlichen kann kein definitives Urteil formuliert werden, da sie stets im Werden begriffen sind. Das Kontinuum ist keine Menge “fertig seiender reeller Zahlen ... vielmehr ein Medium freien Werdens”.<sup>197</sup>

Das Medium des freien Werdens ist durch eine Kluft von den atomistischen Auffassungen des Kontinuums ( auch von Weyls Verständnis des Kontinuums), getrennt. Brouwer definiert eine reelle Zahl nur annähernd und zwar durch Intervalle. Die Intervalle werden durch Dualbrüche<sup>198</sup> gekennzeichnet. Die begrenzenden Endpunkte des Intervalls gehören zum Intervall. In jedes Intervall können unendlichviele weitere Intervalle hineinfallen. Eine reelle Zahl wird repräsentiert durch werdende Folgen von Intervallen. Es ist ein Prozess des unendlichen Ineinanderschachtelns, vergleichbar mit einer russischen Puppe, in der sich unendlich viele weitere Puppen befinden. Von einer reellen Zahl kann man nur sagen, ob

---

<sup>196</sup> Zum Medium des freien Werdens: Weyl merkt in “Neue Grundlagenkrise”, S. 158 und in “Heutige Erkenntnislage”, S. 529, dass er Brouwers Standpunkt nicht “getreu” wiedergibt. Die Bezeichnung “Medium des freien Werdens” wurde m.A. von Weyl gewählt. In den von Weyl an den angegebenen Orten zitierten Aufsätzen Brouwers “Intuitionism and Formalism” und “Begründung vom logischen Satz vom ausgeschlossenen Dritten” ist mir die Verwendung des Worts “Medium” nicht aufgefallen. Siehe: Brouwer, Luitzen E. J.: *Collected Works I*. Edited by A. Heyting. Amsterdam 1975, S.123-138 u.150-221.

<sup>197</sup> „Über die neue Grundlagenkrise“, S. 153.

sie in ein Intervall fällt oder nicht. Urteile über die Eigenschaften von natürlichen Zahlen vergleicht Weyl mit einem Blatt Papier, welches das Vorhandensein eines Schatzes ankündigt, ohne den Ort des Schatzes anzugeben. Wertvoll ist diese Aussage nur, wenn sie zur Schatzsuche antreibt. Es ist wertlos, wenn man nicht Schritt für Schritt die Zahlenreihe durchgeht, bis man zu der angegebenen Zahl gelangt und dann die ihr zugesprochene Eigenschaft überprüft: “Man muss solche Dinge nicht von aussen erwägen, sondern sich innerlich ganz zusammenraffen und ringen um das ‚Gesicht‘, die Evidenz. Endlich fand ich für mich das erlösende Wort. Ein Existentialsatz - etwa ‚es gibt eine gerade Zahl‘ - ist überhaupt kein Urteil im eigentlichen Sinne, das einen Sachverhalt behauptet; Existential-Sachverhalte sind eine leere Erfindung der Logiker. ‚2 ist eine gerade Zahl‘: das ist ein nur aus diesem Urteil gewonnenes Urteilsabstrakt”.<sup>199</sup> Erst die Konstruktion, die Suche nach dem Schatz, entscheidet, ob ein Zahlenobjekt mit den angegebenen Eigenschaften existiert oder nicht: “Von Möglichkeit ist hier gar nicht die Rede”. Brouwers Intuitionismus, den Weyl hier frei referiert, impliziert eine Ontologie, die auf den Begriff der Möglichkeit verzichtet. In dieser Mathematik gibt es Handlungsanweisungen und ihre Durchführung. Weyls Ringen um ein Verständnis Brouwers zeigt, dass die Krise um die Grundlegung der Mathematik ontologische Unterscheidungen zwischen Sein und Werden betraf. Weyl schliesst sich nicht bedingungslos Brouwers Auffassungen an, sondern rettet den Möglichkeitsbegriff. Im Unterschied zu Brouwer wahrt Weyl die Unterscheidung zwischen Existenz und Möglichkeit. Die Auffassung der Stetigkeit des Kontinuums sieht Weyl jedoch nicht als Chance an, die Kluft zwischen dem Erlebnis der anschaulich gegebenen Wirklichkeit und der Mathematik zu überwinden. Er hält im Gegenteil fest: “Das Kontinuum erscheint hier [in der Folge ineinander geschachtelter Dualintervalle] als ein

---

<sup>198</sup> „Über die neue Grundlagenkrise“, S. 174: Dualbrüche sind Brüche, deren Nenner eine Potenz der Basis 2 bilden.

<sup>199</sup> Neue Grundlagenkrise, S. 156f.

nach innen hinein ins Unendliche Werdendes. In der anschaulich gegebenen Wirklichkeit ist der Werdeprozess nur bis zu einem gewissen Punkte gediehen (denn das Gegebene ist, es wird nicht) und mündet darüber hinaus graduell in völlige Ungeschiedenheit; in der Mathematik hingegen betrachten wir ihn als einen ins Unendliche fortgehenden.“<sup>200</sup>

Zugleich reformuliert er seine Auffassung des Gegenwärtigen. Es wird nicht mehr als etwas fertig Bestimmtes verstanden, sondern als etwas, das “nach innen hinein wird”. Hier ist ein Grundzug des Denkens Weyls erkennbar. Er betont zunächst die Diskrepanz zwischen zwei Anschauungen, um dann zu einer neuen Auffassung zu gelangen. So wird aus dem anschaulichen Kontinuum von 1918 - das in seiner Eigenschaft, “stetig” fließend zu sein durch eine Kluft vom diskreten mathematischen Kontinuum getrennt ist - 1921 nun eine Wirklichkeit, deren Werdeprozess nur bis zu einem gewissen Punkte gediehen ist. Das anschauliche Kontinuum wird nun als Gegenwart aufgefasst, die nach “innen hinein wird”. Diese Wandlung in der Auffassung vom anschaulichen Kontinuum erfolgt im Zuge einer veränderten Auffassung vom mathematischen Kontinuum. Es ist nun ein ins “Unendliche” fortgehender Einschachtelungsprozess.<sup>201</sup> Die Feststellung, dass in Brouwers “Existential-Behauptung”<sup>202</sup> von Möglichkeit keine Rede mehr sein kann, muss den Leser von Weyls Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft überraschen. Dort ist von Möglichkeit die Rede, wenn er dort formuliert: “Objekt der Zahlentheorie sind die einzelnen natürlichen Zahlen, Objekt der Kontinuumslehre die möglichen Mengen (oder die unendlichen Folgen) natürlicher

---

<sup>200</sup> „Über die neue Grundlagenkrise“, S. 172.

<sup>201</sup> Ulrich Majer hebt die Unterschiede zwischen Weyl und Brouwer hervor und betont, dass Weyl nicht bedingungslos Brouwer gefolgt ist, sondern ihn eigenwillig übersetzt hat. Majer weist auf den Einfluss Weyls auf Ramsey hin, ebenso hält er es für wahrscheinlich, dass Wittgenstein mehr von Weyl als von Brouwer beeinflusst worden sei. Einen weiteren Grund für die Schwierigkeit, Weyls Einfluss zu skizzieren, sehe ich darin, dass Weyls Einstellungen mit seinen Darstellungen und Vermittlungen der Thesen Brouwers vermengt werden. Wer sich auf Brouwers Thesen in der Darstellung Weyls bezieht, bezieht sich damit in erheblichem Mass auf Weyl.

<sup>202</sup> „Über die neue Grundlagenkrise“, S. 154.

Zahlen".<sup>203</sup> Verständlich wird dies wird vor dem Hintergrund von Weyls Leibniz-Rezeption.<sup>204</sup>

### **Maschinenlauf im argumentativen Gebrauch**

In der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft referiert Weyl Brouwers und Hilberts Ansichten. Seine eigene Auffassung vom Kontinuum diskutiert er nicht. Er hebt Vor- und Nachteile beider Positionen hervor: Bei Hilbert werde die Mathematik zu einem "hübschen" Formelspiel<sup>205</sup> Brouwer wahre den Kontakt zwischen mathematischen Zeichen und der Anschaulichkeit. Das führt jedoch zu "kaum erträgliche[r] Schwerfälligkeit" und zum Verbleib im Endlichen. Diese Schwerfälligkeit ist mit den Anforderungen, die an die Mathematik durch die Naturwissenschaft gestellt werden, nicht vereinbar. Es ist Weyl nach eigenen Aussagen nicht gelungen, strenge existentielle Ansprüche, wie sie Brouwers Auffassung von der Mathematik implizieren - und damit die Mathematik vor der Gefahr bewahrt, ein sinnloses "Formelspiel" zu sein - mit den Ansprüchen der mathematischen Physik zu verbinden. Weyls Referat von Hilberts Mathematik ist durch argumentative Verweise auf Automaten gekennzeichnet. In der Philosophie erwähnt er einen göttlichen Automaten, den Stein der Weisen und das kombinatorische Vorgehen der Gelehrten in Balnibarbi, das Gulliver auf seinen Reisen besucht haben will. Automaten werden für Beweise ad

---

<sup>203</sup> WPhil, S. 59.

<sup>204</sup> Leibniz ist der am häufigsten genannte Philosoph, dessen "Heroentum" Weyl deutlich in der Vorbemerkung benennt. Siehe dazu insbesondere Breger, Herbert. Breger betont Affinitäten zwischen Brouwers und Leibnizens Auffassungen des Kontinuums, er verweist darauf, dass Brouwer Weyl beeinflusst hat, arbeitet jedoch nicht Differenzen zwischen ihnen hervor.

<sup>205</sup> WPhil, S. 83 "... amüsanter selbst als das Schachspiel". Die Gleichsetzung zwischen symbolischer Mathematik und dem Schachspiel wird in dem Aufsatz "Erkenntnislage" ausgeführt, dort S. 30. Auch Saussure spricht vom Schachspiel. Hier kann eine Analogie zwischen dem Strukturalismus und dem mathematischen Formalismus festgestellt werden (Siehe: Saussure, Ferdinand de: Grundlagen der Allgemeinen Sprachwissenschaft. Berlin 1967, S. 104ff.) Hier wäre die Ähnlichkeit zwischen Kybernetik und strukturalistischer Tätigkeit

absurdum benutzt. Das soll anhand der Unterscheidung zwischen einem finiten Bereich der Mathematik und einem transfiniten erläutert werden. Weyl hält mechanische Verfahren, die in Fragen der transfiniten Mathematik, das heisst im Umgang mit unendlichen Mengen zur Entscheidung führen, für Fiktionen. Es könne keinen Automaten geben, der die Frage klären kann, ob eine Eigenschaft einem Element einer unendlichen Menge zukommt oder nicht: “Verfügen wir über einen solchen Automaten, so wären wir aller Mühen enthoben, die uns ‚es gibt‘ und ‚alle‘ bereiten; aber der Glaube an seine Existenz ist natürlich der reinste Unsinn. Die Mathematik tut jedoch so, als wäre er vorhanden”.<sup>206</sup>

Die Gefahr der Trivialisierung der Mathematik spricht Weyl explizit als Problem der axiomatischen Methode an, die so vorgeht wie Swifts Gelehrte im Lande Balnibarbi. Wie dieser Gelehrte nimmt jeder, der Vollständigkeit der Axiome fordert, an, dass es für jedes Problem eine Lösung gibt, die man mechanisch abarbeiten kann:

“Praktisch unmöglich ist es, so vorzugehen wie Swifts Gelehrter, den Gulliver im Lande Balnibarbi besucht; dass man nämlich in systematischer Ordnung, etwa nach der Anzahl der benötigten Schlussschritte, alle Folgerungen entwickelt und die ‚uninteressanten‘ ausscheidet; wie dann auch die grossen Werke der Weltliteratur nicht dadurch zustande gekommen sind, dass man aus den 25 Buchstaben alle möglichen ‚Kombinationen mit Wiederholung‘ bis höchstens zur Anzahl  $10^{10}$  gebildet, die sinnvollsten und schönsten davon ausgesucht und aufbewahrt hätte”.<sup>207</sup>

Doch dieses Vorgehen ist nicht mehr mit einer Mathematik vereinbar, deren Probleme von der “Anschauung” und vom “Leben des wissenschaftlichen Geistes” gestellt werden, die nicht “wie Rechenaufgaben nach festem Schema” gelöst werden können. Maschinen operieren schematisch, die Logik ist schematisch und

---

im Sinne Roland Barthes früh angelegt ( “Die strukturalistische Tätigkeit”. In: Kursbuch 5, S. 195).

<sup>206</sup> WPhil, 80f.

die Mathematik darf nicht auf Schematismen reduziert werden. Das Wesen des Kontinuums erfordert eine mathematische und nicht eine schematische Behandlung. Die unendliche Teilbarkeit des Kontinuums kann nicht als tatsächlich unendlich stattfindende Teilung verstanden werden, sondern nur als hypothetische. Die Möglichkeit unendlicher Teilbarkeit bildet den Hintergrund der theoretischen Erkenntnis des Seins. Für sie ist die ontologische Verortung des Kontinuums im Reich der Möglichkeiten entscheidend. Die Intervallbildung im Kontinuum kann unendlich fortgesetzt werden. Eine Maschine kann diese unendliche Teilung nicht fortsetzen. Das Kontinuum wird durch Intervallbildung erzeugt und nicht durch reale Schnitte. Intervalle unterscheiden sich von Schnitten dadurch, dass die definierenden Grenzen Teil des Intervalls sind. Dies wäre ein Argument gegen eine maschinelle Behandlung des Kontinuums. Doch führt Weyl dies nicht aus, da es nicht in seinem Interesse liegt, Argumente gegen Maschinen zu präzisieren. Er spricht vielmehr von Maschinen, um seine Auffassung vom Kontinuum plausibel werden zu lassen. In seinem Beitrag für die Zeitschrift Symposion heisst es 1927: "Und liesse sich nach dem Zenonischen Paradoxon die Strecke von der Länge 1 wirklich aus unendlich vielen Teilstrecken von der Länge  $1/2$ ,  $1/4$ ,  $1/8$ , ... als 'abgehackten' Ganzen zusammensetzen, so wäre nicht einzusehen, warum nicht eine Maschine, wenn sie es fertig bringt, diese unendlich vielen Strecken in endlicher Zeit zu durchlaufen, auch eine unendliche Folge distinkter Entscheidungsakte in endlicher Zeit zum Abschluss bringen könnte; indem sie etwa das erste Resultat nach  $1/2$  Minute lieferte, das zweite  $1/4$  Minute darauf, das dritte  $1/8$  Minute später als das zweite, usf. so könnte die Durchlaufung aller natürlichen Zahlen und die sichere Entscheidung der an sie gerichteten Existentialfragen mit ja oder nein, entgegen dem Wesen des Unendlichen, maschinell ermöglicht werden".<sup>208</sup>

---

<sup>207</sup> WPhil, 41.

<sup>208</sup> Weyl, Hermann: "Die heutige Erkenntnislage in der Mathematik". In: Symposion - Philosophische Zeitschrift für Forschung und Aussprache. Bd.1.

Weyl hält es einerseits für denkbar, dass Maschinen Existentialfragen bezüglich der Eigenschaften natürlicher Zahlen beantworten, andererseits sei dies unmöglich, weil unendliche Teilbarkeit eine Idee ist und eben nicht Eigenschaft realer Objekte. Unendliche Teilbarkeit denkt Weyl in Bezug auf das mathematisierende Subjekt. Dessen Fähigkeit, sich im Medium des freien Werdens zu orientieren, ist raum- und zeitunabhängig. Dies ist die entscheidende Differenz zwischen dem mathematisierenden Subjekt und den rechnenden Maschinen, nämlich die Idee der von Raum und Zeit unabhängigen Konstruktion.<sup>209</sup> Weyl sieht in der Auseinandersetzung mit Brouwer eine Chance, den Anspruch der Mathematik, sinnvolle Aussagen zu formulieren, zu behaupten, um sie als "Kulturangelegenheit" zu bewahren. Bei dieser Behauptung setzt er voraus, dass Aussagen auf Sachverhalte zu beziehen sind. Die innere Anschauung wird dabei zu einem Kriterium, das Existenz-Aussagen gestattet. Das Kontinuum wird von ihm konzipiert als Bereich konstruktiver Möglichkeiten, die sich von Existenzaussagen ableiten lassen. Nur den mathematischen Zeichenoperationen entsprechen Sachverhalte, die Schritt für Schritt aus der Intuition der Urbeziehung gefolgert werden. Dieses Kriterium führt zu einer Kluft zwischen reiner Mathematik und theoretischer Physik, da die schrittweise Folgerung schwerfällig ist. Das mathematische Kontinuum ist kein Werkzeug zur Bezeichnung der empirischen Wirklichkeit, sondern es gleicht der Wirklichkeit strukturell, da die Stetigkeit der sich überlappenden Intervalle der Stetigkeit der lebendigen Anschauung korrespondiert. Korrespondenz bedeutet nicht Ersatz oder Stellvertretung. Die

---

1927. ND in GA II S. 22. Largeault (a.a. O., S. 133) gibt das Jahr 1926 als Erscheinungsjahr für den Aufsatz "Die heutige Erkenntnislage" an. Der Band 1 der Zeitschrift *Symposion* soll von 1925-1927 erschienen sein. Chandrasekharan, der Herausgeber von Weyls gesammelten Abhandlungen gibt das Jahr 1925 an. Das Verzeichnis der Veröffentlichungen von Hermann Weyl in: den *Selecta*, nennt ebenfalls das Jahr 1925. Nach Chevally und Weil (a.a.O., S. 683) habe Weyl das Verzeichnis selbst erstellt und chronologisch geordnet. Das mir vorliegende Exemplar der Zeitschrift *Symposion* nennt das Jahr 1927 als Erscheinungsdatum.

<sup>209</sup> Die entscheidende Differenz erscheint heute problematisch. Es sind gerade die raum-zeitlich erfassbaren Grenzen der physikalisch-chemischen

strukturelle Übereinstimmung zwischen der nach Innen werdenden Gegenwart und dem Medium des freien Werdens ist kein Prozess der Vermittlung zwischen Zeichen und Bezeichneten. Das Medium des freien Werdens vermittelt nicht zwischen dem Kontinuum der menschlichen Anschauung, noch ist es ein praktikables Werkzeug der Naturwissenschaft. Es soll den Anspruch erfüllen, dass formale Aussagen einen Gehalt besitzen, der sich nicht im Nachweis der logischen Widerspruchslosigkeit erschöpft. Dieser Nachweis von Sinnhaftigkeit kann in der Mathematik durch Zurückführung auf die Intuition der Urbeziehung geleistet werden. Weyl nimmt in der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft eine abwägende Haltung ein, die durch die Ansprüche der mathematischen Physik erklärbar sind. Er schreibt, dass in der Naturwissenschaft das sinnvolle Ganze das Bezugskriterium ist. Der Einsatz von Formalismen, deren jeweiliger Sinn nicht einzeln nachgewiesen werden kann, wird einem aussermathematischen Kriterium überantwortet. Maschinen können eingesetzt werden, ungeachtet, ob sie dem Wesen der Mathematik entsprechen oder nicht. Das Wesen der Mathematik wird je nach Priorität unterschiedlich beurteilt. Auch 27 Jahre später bleibt das so, und das heisst, dass Weyl den Brouwerschen Intuitionismus zwar modifiziert, aber nicht verwirft. Von einer Vermittlung im Sinne einer Aussöhnung kann auch nach dem zweiten Weltkrieg nicht die Rede sein, wohl aber von einer differenzierten Gegenüberstellung. “Es ist wesentlich, dass das Symbol als Symbol und nicht als Bestandteil der zu repräsentierenden Wirklichkeit verstanden wird”, schreibt Weyl im Jahr 1953 und versucht Hilbert und Brouwer gerecht zu werden, indem er für die reine Mathematik fordert, dass sie ihre Aussagen Brouwers Forderungen gemäss durch Einsichten aufweisen kann und Schritt für Schritt zu Aussagen gelange, während für die mathematische Physik die mathematische Evidenz der Einzelaussagen vernachlässigt werden

könne, da innerhalb der physikalischen Konstruktion die Sätze nur in ihrer systematischen Verbindung sinnvoll zu sein haben. Innerhalb dieses Bereiches ist die Wahrheitsfrage beantwortbar, wenn die Sätze auf die Urintuition bezogen werden können. Die relative Verselbständigung der mit Zeichenoperationen verknüpften Begriffe wird deshalb von Weyl im Grundlagenstreit in Auseinandersetzung mit Brouwer und Hilbert kritisch diskutiert. Brouwers Zeichenverständnis setzt Hilbert entgegen, dass die Zeichen als solche Gegenstand der Mathematik sind. Als solche bedeutet dabei unabhängig von ihrer Aufgabe, Bedeutungen zu vermitteln. Hilberts Diktum “am Anfang war das Zeichen” ist eine Mahnung an die Arbeitsteilung und damit Aufforderung, zu unterscheiden zwischen den Operationen mit mathematischen Zeichen und der Reflexion über ihre Bedeutung.

“Da geht der Mathematiker nicht viel anders mit seinen aus Zeichen gebauten Formeln um”, so versteht dies Weyl, “wie der Tischler in seiner Werkstatt mit Holz und Hobel, Säge und Leim”.<sup>210</sup>

Weyl scheint über diesen “mathematischen Existentialismus” (er wird bei der Diskussion der Quantenmechanik darauf zurückkommen) zu spotten und klagt das Evidenz-Kriterium ein. Die Schwierigkeit von Weyls Zeichenauffassung ist die Vereinbarkeit des Evidenz-Kriteriums mit der Lehre von unendlichen Zahlenreihen. Von Hilberts Konzept des Zeichens distanziert sich Weyl insofern, als er den Mathematiker mahnt, sein Tun als sinnvolles Handeln zu begreifen: “Wenn immer du eine Frage durch explizite Konstruktion erledigen kannst, begnüge Dich nicht mit rein existentiellen Argumenten”. Die Betonung der Möglichkeit zeichnet Weyl gegenüber Brouwer aus, aber auch gegenüber Hilbert.

Brouwers Forderung der intuitiven Aufweisbarkeit von Zahlen gerate schon bei den natürlichen Zahlen der Wirtschaftspolitik an ihre Grenzen, z.B. bei der Zahl 10 hoch 11, dem Jahresbudget des

U.S. Government im Jahre 1953. Die Zahl könne nicht durch vollständige Induktion erschlossen werden. Hilbert betrachte diese Zahl lediglich als Abkürzung für ein Symbol, das “sich leicht im Formalismus explicite hinschreiben lässt”. Die vollständige Induktion soll zu Begriffen über die unendliche Reihe der natürlichen Zahlen führen, zum Beispiel zu der Feststellung der Eigenschaft, dass jede natürliche Zahl gerade oder nicht gerade sein muss. Die Induktion beruht auf einer Definition und einer Regel, die aufeinander angewendet einen logischen Schluss gestatten. Kritisch ist bei der Reihe der natürlichen Zahlen die Definition der ersten Zahl, auf die alles weitere folgt. Sie muss gesetzt werden. Aber wer soll sie setzen? Die Intuition der Urbeziehung gestattet nur, von einem Glied auf ein weiteres überzugehen, und sie ist an der Vorstellung der Zweiheit orientiert. Erst diese Intuition der Zweiheit gestattet es, rückwirkend ein erstes Glied zu definieren. Es wird privativ definiert, nämlich als dasjenige Glied, dem kein anderes vorausgeht. Man muss also die Zweiheit denken, um zu einem ersten Element und damit zum Anfang der Zahlenreihe zu gelangen.

Weyl setzt jovial das Bonmot Kroneckers ein, dass die natürlichen Zahlen von Gott geschaffen seien, und signalisiert damit seine Desillusion, den Beginn der Zahlenreihe wissenschaftlich begründen zu können.<sup>211</sup> Weyls Haltung zeichnet sich dadurch aus,

---

<sup>210</sup> Weyl, H.: Weyl, Hermann: “Über den Symbolismus der Mathematik und mathematischen Physik”. In: *Studium generale* 6 (1953). ND in GA IV, S. 529.

<sup>211</sup> Weyl bezieht sich auch auf Helmholtz’ Aufsatz “Zählen und Messen erkenntnistheoretisch betrachtet”. Die Lehre von den reinen Zahlen ist dort “eine auf rein psychologischen Thatsachen aufgebaute Methode, durch die die folgerichtige Anwendung eines Zeichensystems (nämlich der Zahlen) von unbegrenzter Ausdehnung und unbegrenzter Möglichkeit der Verfeinerung gelehrt ist”. Die Reihe der Zahlen ist durch ihren Ordnungscharakter bestimmt. Helmholtz, Hermann von: “Zählen und Messen erkenntnistheoretisch betrachtet”. In: Ders.: *Wissenschaftliche Abhandlungen* Bd. III. Leipzig 1895 (Zuerst erschienen: Philosophische Aufsätze, Eduard Zeller zu seinem fünfzigjährigen Doctorjubiläum gewidmet. Leipzig 1887S. 360: “Das Zählen ist ein Verfahren, welches darauf beruht, dass wir uns im Stande finden, die Reihenfolge, in der Bewusstseinsacte zeitlich nacheinander eingetreten sind, im Gedächtnis zu behalten”. Betont wird der willkürliche Charakter dieser Zeichen. Sie gelten als “natürlich”, weil sie zur “Ermittlung der Anzahl gegebener reeller Dinge” benutzt wurden und immer noch werden. Die Reihenfolge “ist eine von Menschen, unseren Voreltern, die die Sprache ausgearbeitet haben, gegebene Norm oder Gesetz”. Da die Zahlenreihe aufgrund ihrer häufigen Wiederholung

dass er existentielle Aspekte den Bildungsmöglichkeiten nachordnet und dass er danach strebt - ungeachtet einer gesicherten Grundlegung der natürlichen Zahlen - ihre Funktionalität innerhalb der exakten Wissenschaften sicherzustellen. Er hat die Vermehrung von Möglichkeiten im Auge und strebt nicht absolute Sicherheit an.<sup>212</sup> Der Grundlagenstreit bezeichnet einen epistemischen Wechsel, der einen Wandel des Verhältnisses von Existenz und Möglichkeit und der unterschiedlichen kulturellen Bewertung von wahren und widerspruchsfreien Aussagen impliziert, der einer Spaltung zwischen reiner Mathematik und der mathematischen Naturwissenschaft entspringt. Die Formulierung "Medium des freien Werdens" ist als vitalistisch inspirierte Kampfansage gegen eine logische Formalisierung zu verstehen. Weyl trägt mit eigenen Worten Brouwers Ansichten vor. Er vermittelt in drastischen Bildern, die der wirtschaftlichen Inflation Rechnung tragen. In einigen Punkten<sup>213</sup> weichen Weyls Ansichten von Brouwers ab. Festzuhalten ist, dass Weyls Begriff des Kontinuums als Feld der Konstruktion von Brouwer wesentlich beeinflusst worden ist. Das macht die Relation zwischen Wirklichkeit und physikalischer Theorie problematisch. Sie ist problematisch, kann aber durch den Glauben an ein jenseitiges Wissen, an Wahrheiten hinter den Dingen geläutert werden.

---

im Bewusstsein besonders gut im Gedächtnis eingepägt ist, kann sie benutzt werden, um auch andere Reihenfolgen zu ordnen und im Gedächtnis zu festigen; "d. h. wir brauchen die Zahlen als Ordnungszahlen". Und auch S. 361:

"Tatsächlich wirkt in unserem Bewusstsein jeder gegenwärtige Act desselben, sei es Wahrnehmung, Gefühl oder Wille, zusammen mit den Erinnerungsbildern vergangener Act, nicht aber zukünftiger, die zur Zeit im Bewusstsein noch gar nicht vorhanden sind, und der gegenwärtige Act ist uns bewusst als spezifisch verschieden von den Erinnerungsbildern, die neben ihm bestehen".

<sup>212</sup> Max Bense wird später als massgeblichen Grund für den Grundlagenstreit angeben, dass die beteiligten Streitparteien nicht semiotisch gedacht haben. Siehe dazu: Leopold, Cornelia: "Semiotik und die Grundlagen der Mathematik". In: Zeitschrift für Semiotik. Bd. 13 (1991) Es muss m.E. umgekehrt heissen, dass heute semiotisch gedacht werden kann, ist neben der Linguistik Saussures auch ein Resultat des Grundlagenstreits.

<sup>213</sup> Siehe dazu Majer.

## Medienkunde

*Der Herr, dessen das Orakel zu Delphi ist, offenbart nicht und verbirgt nicht, sondern kündigt in Zeichen. (Heraklit)*

Cassirer deutet im dritten Band der Philosophie der symbolischen Formen den Grundlagenstreit als Gewährwerden des besonderen ontologischen Status der Zeichen. Er sieht darin die Überwindung der Gegensätze, die einer metaphysischen Zweiweltentheorie entstammen.<sup>214</sup> Weyl bleibt jedoch bei der Unterscheidung zwischen diesseitigem Wissen und jenseitigem Wissen.<sup>215</sup> Er warnt davor, dass die Mathematik “den Sprung ins Jenseits” vollzieht, sieht aber gleichwohl in der “ins Unendliche offenen” Zahlenreihe ein Indiz, dass der menschliche Verstand die Jenseitige Welt des göttlichen Wesen erfahren, wenn auch nicht besitzen kann. Er kehrt zu diesem Problem auch nach dem zweiten Weltkrieg zurück. Nach wie vor sind Brouwers und Hilberts Programme nicht vereinbar. Die Unvereinbarkeit balanciert Weyl aus durch den Glauben, dass man mit exakten Methoden an “jenseitigem” göttlichen Wissen teilhaben kann.

Als Intuitionist polemisiert Weyl gegen Blutlosigkeit des sinnentleerten formalistischen Zeichenspiels; als Mitglied der Göttinger Schule glaubte er zunächst, dass Formalismen sinnvoll zur Erkenntnis der Wirklichkeit eingesetzt werden können. Das Kontinuum soll beiden Ansprüchen gerecht werden. Der Begriff Kontinuum trägt den Vermittlungsversuchen zwischen innermathematischen Konflikten Rechnung, wird aber nicht als Begriff für eine Vermittlungsleistung konzipiert, sondern betont eine autonome Sphäre der Konstruktion. Weyl verwendet das Wort einerseits zur Bezeichnung der Aussenwelt und dann auch als Produkt der Innenwelt. Die Aussenwelt erscheint als starres

---

<sup>214</sup> PhsF III, S. 447.

Kontinuum, kann aber auch als verfeinerbares vierdimensionales Kontinuum von Raum-Zeit-Stellen aufgefasst werden. Das Wort verweist auf Weyls erkenntnistheoretischen Zwiespalt, zwischen einer Auffassung von der Aussenwelt, die unabhängig von menschlichen Verstandesleistungen gegeben ist und einer Auffassung als Medium, das der menschliche Intellekt konstruiert. Konstruktion ist dabei eine geistige Tätigkeit, deren Referenz nicht empirisch begründet werden kann. Gleichwohl sucht sie den Vergleich mit ausgewählten Elementen der Aussenwelt, und das soll im nächsten Kapitel diskutiert werden. Hier möchte ich das mathematische Kontinuum in Hinblick auf mögliche Vermittlungsleistungen zur Metaphysik diskutieren und verstehe es als eine Sphäre, die Einsicht in einen göttlichen Bauplan der Welt gestattet.

Zunächst ist festzuhalten, dass Weyl das Kontinuum in sprachliche Formulierungen bettet, die mit der Vermittlungsleistung zwischen Zeichen und Realität hadern. Von "Vergewaltigung" des einen Kontinuums durch ein anderes ist die Rede, die nur "praktisch gerechtfertigt"<sup>216</sup> ist. Kontinua werden durch "Teilungsnetze überspannen" und bewältigt. Weyl unterscheidet nicht nur das natürliche Kontinuum der Aussenwelt von konstruierten Kontinua, sondern schon innerhalb der Mathematik bezieht er unterschiedliche Kontinua aufeinander. Das gewöhnliche Zahlkontinuum ist eindimensional. Die analytische Geometrie bezieht mehrdimensionale Gebilde auf die Ein-Dimensionalität der Zahlenreihe. Seine Konzeption möchte einerseits der erkenntnistheoretischen Skepsis gegenüber dem Wahrheitsanspruch der Mathematik gerecht werden. Diese Skepsis führt zu einem Rückzug auf die Urintuition. Der Mathematiker wird dabei zu jemandem, der kontempliert, indem er konstruiert. Konstruktion fällt hier mit Kontemplation zusammen. Sie ist Anleitung und Vollzug von Wahrheit. Die Lektüre von mystischen Texten belebt

---

<sup>215</sup>WPhil, S. 56: Der Sprung ins Jenseits aber wird vollzogen, wenn nun die ins Unendliche offene gesetzmässig entstehende Reihe der Zahlen zu einem geschlossenen Inbegriff an sich existierender Gegenstände gemacht wird".

Brouwers Konzeption der Mathematik, und auch Weyl spricht von einer “unio mystica”, dem Erlebnis eines einzigartigen Moments, in dem die Spannung zwischen Konstruktion und empirischer Erfahrung aufgehoben war.<sup>217</sup>

Brouwer betont, dass die Vermittlung der kontemplierten Wahrheiten zu Verzerrungen führt. In der frühen Schrift Leven, Kunst en Mystiek zitiert Brouwer Schriften von Meister Eckhart und Jakob Böhme, in denen die Abgeschiedenheit von Menschen gepredigt wird. Die Abgeschiedenheit von zwischenmenschlicher Kommunikation ist Bedingung für die Aufnahme göttlicher Mitteilungen: “Wann du stille schweigst, so bist du das, was Gott vor Natur und Kreatur war, daraus Er deine Natur und Kreatur schaffete; so hörst und siehest du es mit dem, damit Gott in dir sahe und hörte, ehe dein eigen Wollen, Sehen und Hören anfang’”.<sup>218</sup> Brouwers Biograph van Stigt berichtet von unstillen Wechseln in Brouwers Leben zwischen Phasen der Kontemplation, in denen er zurückgezogen auf dem Bett einer Hütte fern vom Treiben in Amsterdam liegend nachdachte, und Phasen des politischen Engagements für eine Weltsprache und eine Reform der Universität Amsterdam, für die er auch Weyl zu gewinnen versuchte. Brouwer hatte einen Lehrstuhl für angewandte Mathematik inne, den er jedoch als derivative Wissenschaft gering schätzte. Brouwers Theoriebildung ist an Kategorien der Reinheit orientiert. Sie ist insofern amedial, als sie Vermittlungen als Verunreinigung und nicht als konstitutive Faktoren der Weltwahrnehmung akzeptieren kann.

Weyls Erkenntnistheorie unterstützt jedoch nicht eine generelle Kritik an der exakten Wissenschaft und er ist damit auch nicht Vorläufer einer mit konservativen Wirklichkeitsbegriffen

---

<sup>216</sup> Phil, S. 120.

<sup>217</sup> Weyl, Hermann: “Erkenntnis und Besinnung“, S. 674: Die Lektüre von Eckhart hält Weyl “während eines herrlichen Engadiner Winters gefangen. Hier fand ich für mich nun auch den Zugang zur religiösen Welt, an dessen Mangel 10 Jahre früher eine sich anknüpfende Lebensbeziehung gescheitert war”.

<sup>218</sup> Jakob Böhme zitiert nach Brouwer, L.E. J.: Leven, Kunst en Mystiek. Delft 1905. Für eine Analyse siehe Mehrrens und Cacciari.

argumentierenden Medientheorie. Das Interesse, die Wirklichkeitsmächtigkeit der Mathematik durch eine reine Anschauung zu begründen, kann nicht als schlichte gegenmoderne Reaktion verbucht werden, die dann von nationalsozialistischen Theoretikern für die Propagierung einer anschaulichen, deutschen, Physik missbraucht werden kann. Weyl problematisiert die stete Rückbindung an die Intuition selbst. Die Lektüre seiner Schriften in den unterschiedlichen Phasen dokumentiert Unvereinbarkeiten und diskursive Kämpfe und markierten einen gedanklichen Raum, der wie der Raum der *Khora*<sup>219</sup> durch das "siegreiche" formale Programm besetzt worden ist. Diskursgeschichtlich sei angemerkt, dass sich Weyl sowohl lebensphilosophischer Argumente wie auch mechanischer Argumente bedient, um einen Hintergrund zu skizzieren, vor dem sich sein konstruktives Kontinuum "sinnvoll" abhebt.

Der Grund ist nicht eine empirische Realität, noch ist eine intuitionistische Durchdringung des naturwissenschaftlichen Konstrukts möglich. Weyl legitimiert die reine Mathematik durch ein Glaubensbekenntnis. Die Mathematik wird zum Mittel, das ermöglicht, an transzendenten Wahrheiten teilzuhaben. Dieses Mittel bezeichnet nicht. Es ist kein Mittel der Darstellung, sondern der aktiven Teilhabe. Das Medium des freien Werdens ist eine Praxis. Dieses Medium ist zugleich ein Möglichkeits- "Raum", der mit Hilfe endlicher gedanklicher Schritte aufgesucht werden kann und zugleich unerschöpflich ist. Der Raum der Möglichkeiten wird

---

<sup>219</sup> Das griechische Wort *khora* bezeichnet einen Zwischenraum, der Indiz eines Konfliktes zwischen zwei Logiken ist: der Logik des Mythos, von dem man nur weiss, was er nicht ist, nämlich dass er nicht mit der binären Unterscheidung operiert (Derrida, Jacques: *Khora*. Paris 1993). *khora* bezeichnet etwas, das nicht Eigentümliches besitzt, das nicht durch Eigenschaften definiert werden kann, also etwas, das sich der Definition entzieht. Das Khoratische entzieht sich dem wissenschaftlichen Logos, also der Fähigkeit, das Fehlen oder Vorhandensein von Eigenschaften auszusagen. Man ist versucht, zeitlich zu unterscheiden zwischen ursprünglicher mythischer Logik und später wissenschaftlicher Logik. Doch diese Unterscheidung würde dem Khoratischen wieder eine Eigenschaft zuschreiben. Aber das Khoratische besitzt keine Eigenschaft, auch nicht die, ursprünglich zu sein. Man muss annehmen, dass das Khoratische gerade dann als "sich-Entziehendes" bemerkbar wird, wenn sich eine neue medial bedingte Wahrnehmung von Raum und Zeit durchsetzt.

vom Subjekt geschaffen und kann von ihm stückweise realisiert werden. Inwieweit dieser Raum mit einem göttlichen Raum koninzidiert, ist für den Mathematiker eine Frage der Metaphysik und damit nicht objektivierbar. Er glaubt an die Möglichkeit, dass die reine Mathematik göttliches Wissen kundgibt.

## DRITTES KAPITEL

### Anwendung

Weyl hat nicht eine Philosophie der Mathematik geschrieben, sondern eine Philosophie, in der das Wort „und“ Mathematik und Physik<sup>220</sup> nominell verbindet, in der zugleich die enge Beziehung zwischen beiden Wissenschaften betont wird. Die Philosophie des „Unds“ macht Weyls Publikationen auf einer weiteren Ebene medientheoretisch relevant.<sup>221</sup> Weyls Doppelphilosophie der Mathematik und Naturwissenschaft hebt eine grundsätzliche Differenz zwischen Konstruktionen und Wirklichkeit hervor. Die Annahme der grundsätzlichen Gespaltenheit führt zu einer Kette von Unterscheidungen. Zu verzeichnen sind: die Differenz zwischen natürlichen Zahlen und möglichen Mengen, die Differenz zwischen der Urintuition und den Raum-Zeit-Kontinua der Physik einerseits und die Differenz beider zur psychologischen Anschauung, aber auch die Differenz zwischen dem kontemplativen Konstruktivismus Brouwers und der konstruktiven Physik. Geordnet werden kann dies, indem man die exakte Naturwissenschaft als Konstrukt betrachtet, das der Gegenwart gegenübersteht. Dieses Konstrukt ist konsistent, doch seine Grundlegung problematisch. Die Mathematik stellt begriffliche

---

<sup>220</sup> Unter exakter Naturwissenschaft versteht Weyl in der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft in erster Linie Physik, in den Anhängen der englischen Ausgabe bezieht er auch die Chemie und die Biologie ein. Unter theoretischer Physik versteht Weyl die Gebiete Relativitätstheorie und Quantentheorie. Meistens unterscheidet zwei Formen der mathematischen Vorschrift: Einmal innermathematisch, dann physikalisch, a.a.O., S. 13: „Die Sprache Mathematik ist diktatorisch, denn die Zeichen und die Regeln werden gesetzt, und zwar so gesetzt, dass keine Uneindeutigkeiten erlaubt sind ... Dass Mathematik anwendbar ist, kommt geradewegs aus dieser Struktur ... Es kann aber auch höchst komplizierte Wissenschaft werden, wenn Physiker versuchen, der Natur mathematisch vorzuschreiben, was sie ohnehin schon tun. Die Arbeit der Mathematiker macht nur den Zeichen bzw. den Marken auf dem Papier Vorschriften. Sie ist eine Sprache der puren Möglichkeit, und darum bedeutet sie nichts. Jürgen Ehlers würdigt Weyl als „letzten Universalisten ...“, der alle wesentlichen Entwicklung der Mathematik und Physik nicht nur überblickte, sondern in wesentlichen Teilen mitgestaltete“, Ehlers, Jürgen: „Vorwort“. In: Weyl, Hermann: Raum-Zeit-Materie (8.Auflage). Berlin 1993, VII.

Instrumente bereit, die in der Physik verwendet werden und sie gibt den „Bereich“<sup>222</sup> an, in dem physikalische Beobachtung stattfindet. Dieser wird von Weyl explizit als Medium bezeichnet. Im Unterschied zur klassischen Physik ist dieses Medium konstruktiv. Das mathematische Kontinuum ist ein Werkzeug zur Konstruktion und zugleich eine erzeugte Konstruktion, innerhalb derer physikalische Ereignisse stattfinden. Weyl unterscheidet zwischen dem Kontinuum als Medium des freien Werdens (a), dem vierdimensionalen Kontinuum als Medium, in dem die Physik Ereignisse ansiedelt (b), der Aussenwelt, wie sie sich der Anschauung darbietet (c) und einer objektiven Realität (d). Diese Unterscheidungen ebenso wie der problematische Bereich des Subjekts bilden den Rahmen, innerhalb dessen medientheoretische Fragestellungen in der modernen konstruktiven Naturwissenschaft formuliert werden können. Differenzen und Übereinstimmungen mit McLuhans Medienverständnis können vor diesem Hintergrund erarbeitet werden.

### **Geometrien**

Die Geometrie als Lehre vom Raum ist mathematisch und physikalisch: ihre eindeutige Zuordnung zur Mathematik ist problematisch, wie auch zur Physik. Diese „Doppelgesichtigkeit“ der Geometrie begleitet Weyls wissenschaftliche Laufbahn: Weyl hat nach dem Studium „die Mutation von einem Göttinger Privatdozenten zum Professor für Geometrie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich zu vollziehen“.<sup>223</sup> Das erfordert Generalität<sup>224</sup> und Präzision zugleich, da in dieser Zeit die physikalischen Vorstellungen von Raum und

---

<sup>221</sup> Cacciari analysiert die philosophisch-ästhetische Relevanz des Intuitionismus.

<sup>222</sup> Das Wort „Bereich“ kennzeichnet hier provisorisch die Bedeutungsverschiebung zwischen einem substantiellen und einer konstruktiv-relationalen Raumauffassung.

<sup>223</sup> „Erkenntnis und Besinnung“, S. 637.

<sup>224</sup> Weyl, Hermann: „Rückblick auf Zürich aus dem Jahr 1930“. In: Schweizerische Hochschulzeitung 28, 180-189 (1955). ND in GA IV, S. 650:

Zeit durch Einsteins Relativitätstheorien revolutioniert werden. Für deren Verständnis ist ein erheblicher rechnerischer Apparat<sup>225</sup> notwendig.

Die Geometrie beschreibt Weyl als ein Gebiet mit „sinnlich-kategorialen Doppelantlitz.“<sup>226</sup> Die Kapitel zur Geometrie und zum Raumbegriff bilden ein stilistisch-konzeptuelles Scharnier zwischen der Philosophie der Mathematik und der Philosophie der Physik in Weyls Schriften. In der Geometrie als der Wissenschaft vom Raum berühren sich abstrakte Zahlenlehre und anschauliche Figuren. Die Geometrie ragt mit einer Seite in die Mathematik hinein, da seit Descartes „analytischer Geometrie“

Zahlbeziehungen und geometrische Beziehungen in einer Weise ineinander überführt werden können, dass Raum- und Zahlbegriff sich wechselseitig erhellen und problematisieren.<sup>227</sup> Die andere Seite der Geometrie ist der Physik zugewandt, da die Geometrie als Lehre vom Raum, den formalen Rahmen bildet, innerhalb dessen die Physik Vorgänge beschreibt. Die klassische Physik setzt voraus, dass Raum und Zeit kontinuierlich gegeben sind und mathematisch beschreibbar sind. Die Übersetzung von Zahlverhältnissen in geometrische Gebilde geschieht mit Hilfe von Koordinatensystemen, die einen „arbiträren“ Moment in die Mathematik einführen, ein „Residuum der Ich-Vernichtung“. Weyl betont einen entscheidenden Unterschied zwischen Geometrie und Arithmetik. In seiner Zahlenlehre ist jede natürliche Zahl ein „Sonderwesen“,<sup>228</sup> es ist durch einen „Erzeugungsprozess“<sup>229</sup> in seiner Individualität bestimmt. Von dieser Individualität werden die

„Als Nachfolger des Geometers C.F. Geiser ... erstreckte sich [meine Lehrtätigkeit] auf alle Gebiete der Mathematik“.

<sup>225</sup> Weyl weist bei der Herausgabe von Riemanns Abhandlung auf die „formelreichen Erläuterungen“ hin, die notwendig geworden sind, um eine „Brücke“ zwischen den von Riemann „nur angedeuteten Rechnungen ... zu der modernen unter dem Zeichen der Relativitätstheorie sich vollziehenden Entwicklung“ zu schlagen: Weyl, Hermann: „Vorwort“. In: Riemann, a.a.O.

<sup>226</sup> WPhil, S.121. Das heisst, das sie zwiefältig ist.

<sup>227</sup> Im Zuge dieser wechselseitigen Transformationen entwickelt sich die Funktionentheorie, deren Ungenügen Anlass für Weyls Schrift Das Kontinuum war und eng mit Fragen nach der Natur der reellen Zahlen verknüpft ist. Siehe auch Mehrrens, a.a.O. S. 84ff.

<sup>228</sup> WPhil, S. 21.

<sup>229</sup> WPhil, S. 55.

reellen Zahlen abgeleitet, die feinere Zuordnungen gestatten.<sup>230</sup> Im Unterschied dazu sind geometrische Punkte homogen, d.h. sie sind per Definition gleich. Ordnet man mit Hilfe eines Koordinatensystems einer Punktmenge Zahlen zu, wird ein Punktepaar besonders ausgezeichnet, da es den Ursprung des Koordinatensystems definiert. Diese Setzung nennt Weyl „Residuum der Ichvernichtung“, das heist: „Die Objektivierung durch Ausschaltung des Ich und seines unmittelbaren Lebens gelingt nicht restlos“.<sup>231</sup> Formulierungen wie diese verweisen auf die problematische Grenze zwischen objektiver und subjektiver Wahrheit, die Weyl wiederholt anspricht und mit dem Begriff „Doppelnatur“ zu fassen versucht. In dem Abschnitt „Der Bereich des Subjekts“ soll dies diskutiert werden. Hier steht zunächst die allgemeine Theorie der Geometrie im Vordergrund.

Die Setzung eines Koordinatensystems muss durch „einen individuellen demonstrativen Akt aufgewiesen werden“. Es kann kein geometrischer Grund gefunden werden, warum ein Punktepaar gegenüber einem anderen ausgezeichnet wird. Der Grund ist im Individuum zu suchen, das den Punkt auszeichnet. Dieses Individuum kann jedoch in Weyls Verständnis nicht vollständig der mathematischen Konstruktion unterworfen werden. Das Verhältnis der binnen-mathematischen Transformationen zur „Aussenwelt“ unterliegt dem geschichtlichen Wandel, dem auch die Kategorien Raum und Zeit, das Verständnis von Messung, Gesetz, Funktion und Begriff unterworfen sind.<sup>232</sup>

Zwei Entwicklungen, die Weyl getrennt darstellt, führen zu einem Konflikt: Erstens die Entwicklung der Mathematik im neunzehnten Jahrhundert. Sie ist eine Geschichte der Emanzipation von der räumlichen Anschauung hin zu einer abstrakten Beziehungslehre

---

<sup>230</sup> WPhil, S. 120.

<sup>231</sup> WPhil, S. 101.

<sup>232</sup> Breger, Herbert: „Möglichkeit, Konstruktion, Geschichte: Bemerkungen zur Erkenntnistheorie Hermann Weyls“ In: Deppert u.a. resümiert: „Es zählt zu den Stärken seiner [Weyls] konstruktiven Erkenntnistheorie, dass sie das Problem der Geschichtlichkeit gestellt hat und der Versuchung, dieses Problem durch vorschnelle normative Setzungen zu eliminieren, nicht erlegen ist.“

und kulminiert in Felix Kleins Erlanger Programm, in dem eine Geometrie durch eine Gruppe von Transformationen und nicht als Abstraktion von anschaulichen Gegenständen definiert wird. Je nach Transformation eines Systems bleiben dessen Eigenschaften erhalten oder nicht.

Zum Beispiel bleiben bei einer Spiegelung eines Dreiecks an der Y-Achse eines Koordinatensystems die Abstände zwischen den Eckpunkten und auch der Flächeninhalt des Quadrats erhalten. Diese Transformation lässt die das Quadrat definierenden Relationen unverändert, verändert lediglich die räumliche Orientierung. Klein unterscheidet die Geometrien nach ihren Transformationen. Die Geometrien sind "bedingt" ineinander überführbar. Bedingt deshalb, weil Klein die Geometrien hierarchisch unterscheidet. Die Raumwissenschaft löst sich mit dem Erlanger Programm endgültig von der ihr verwandten angewandten Wissenschaft der Mechanik. Diese Emanzipation von anschaulich gegebenen Raumvorstellungen zu einer abstrakten Beziehungslehre geschieht vor dem Hintergrund sich verändernder Weltbilder, von denen die Raumvorstellung beeinflusst ist. Zweitens: Newton postuliert ein absolutes Zentrum des Raums. Der Raum ist ein Medium im Sinne eines unabhängig vom Menschen gegebenen Seienden, ein *sensorium dei*. Einstein modifiziert und integriert diese Vorstellung, spricht aber nicht mehr von einem absolut gegebenen Raum, sondern von Räumen, die von ihren Bezugssystemen abhängig sind. Raum und Zeit werden zu Dimensionen, die nur noch numerisch voneinander unterschieden werden.

Die Grenze zwischen Vergangenheit und Zukunft kann nicht als „zwischenraumlos“<sup>233</sup> gedacht werden. Die Gegenwart ist ein Ort der Mischung, in dem sich die Beziehung zwischen einer Ursache und ihrer Wirkung nicht definitiv trennen lassen. Die Relativitätstheorie markiert einen entscheidenden Wandel in der

---

<sup>233</sup> WPhil, S. 134.

Auffassung von Raum und Zeit, einen Konflikt zwischen empirischer Naturwissenschaft und abstrakter mathematischer Beziehungslehre, den Weyl und Einstein in einem intensiven Briefwechsel nicht befriedigend klären konnten.<sup>234</sup> Weyl ist der Ansicht, dass diese Räume abhängig von mathematischen Konstruktionen erscheinen. Das Medium der Aussenwelt wird in Weyls Philosophie ein Feld konstruktiver Möglichkeiten. Weyl nennt die Aussenwelt ein „vierdimensionales Medium im abstrakt-mathematischen Sinne“.<sup>235</sup> Das markiert einen Wandel in der Verwendung des Worts Medium in der Physik, und zwar von einem substantiell gegebenen Behälter hin zu einem konstruktiven, vom forschenden Intellekt bestimmten Bereich. Ob und wie dieser Bereich mit der tatsächlichen - möglicherweise unabhängig von

---

<sup>234</sup> Einstein schreibt am 27.7. 1918 an Hermann Weyl: „Ich weiss, wie viel leichter es ist, Menschen zu überzeugen, als Wahrheit zu finden, besonders für einen, der ein so unerhörter Meister der Darstellung ist wie Sie.“ Doc. 626. In: Collected Papers of Albert Einstein. Vol.8. Part B: 1918. Edited by Schulmann, R. e.a., Princeton: Princeton University Press, 1998. Einstein verweist Weyls Darstellungskunst jedoch deutlich in ihre Grenzen: „So schön Ihre [sic!] Gedanke ist, muss ich doch offen sagen, dass es nach meiner Ansicht ausgeschlossen ist, dass die Theorie der Natur entspricht. Das ds selbst hat nämlich reale Bedeutung. Denken Sie sich zwei Uhren, die relativ zueinander ruhend neben einander gleich rasch gehen. Werden sie voneinander getrennt, in beliebiger Weise bewegt und dann wieder zusammen gebracht, so werden sie wieder gleich (rasch) gehen, d.h. ihr relativer Gang hängt nicht von der Vorgeschichte ab.“ (Einstein an Weyl am 15.IV. 1918. Doc. 507 a.a.O.). Einstein führt die Realität der Natur gegen Weyls Darstellung und mathematischer Auffassung ins Feld. Er kritisiert die fehlende Entsprechung zwischen Darstellung und Darzustellenden aus einer Position, die ein Primat der experimentellen Beobachtung behauptet. Einstein argumentiert hier gegen mathematische Spekulation über eine einheitliche - d.h. von Zahlen bedingte - Struktur der Welt. Weyl lässt nicht von seiner Ansicht ab. Er wird dabei von Mitgliedern der Göttinger Gemeinschaft unterstützt, doch muss er wenige Monate später bekennen, dass er sich in einer problematischen Position befindet: „Ich bin ein wenig betrübt, dass Sie meine Arbeit der Akademie nicht vorlegen können; mehr aber, dass Sie von der Sache so gar nichts wissen wollen. Das beunruhigt mich natürlich sehr, weil durch Erfahrung feststeht, dass man sich auf Ihre Intuition verlassen kann; so wenig Einleuchtendes, wie ich gestehen muss, Ihre bisherigen Gegen Gründe für mich haben. So bin ich eingeklemmt zwischen dem Glauben an Ihre Autorität und meiner Einsicht. Ich habe es jetzt wirklich schwer; von Hause aus eine so konziliante Natur, dass ich fast unfähig bin zur Diskussion, muss ich jetzt nach allen Seiten kämpfen; mein Angriff auf den Versuch einer Neufundierung der Analysis [Weyl 1918 a: Das Kontinuum] findet unter den sich mit diesen logischen Dingen beschäftigenden Mathematikern noch viel heftigere Ablehnung als meine Bestrebungen in der theoretischen Physik von ihrer Seite.“ Weyl an Einstein am 10. XII. 1918. Doc 669 a.a.O. Die Forschung zu Einstein verweist auf den Wandel der erkenntnistheoretischen Einstellungen. Sie geht von einem frühen Realismus aus, den Einstein von Mach übernommen hat, aber später zugunsten idealistischer Auffassungen verändert habe.

Raum-Zeit-Koordinaten gegebenen Wirklichkeit zur Deckung „gebracht“ werden kann, ist eine Frage der Begrifflichkeit, des Messens und des Weltbildes, die zwischen den kontroversen erkenntnistheoretischen Einstellungen des Realismus und des Idealismus zu verorten sind. Hier ist festzuhalten, dass Weyl in seiner Auffassung der Relativitätstheorie konstruktive Aspekte mit dem Wort Medium verbindet. Er nennt das Raum-Zeit-Kontinuum nicht mehr „Medium des freien Werdens“, versteht aber das naturwissenschaftliche Kontinuum als ein konstruktives, das heisst, als eine gedankliche Ordnung. Das wird durch Leibniz begründbar, der Raum und Zeit als Ordnungen des Nebeneinander und Hintereinander begreift. Raum und Zeit sind Kategorien, die mögliche Ordnungen der Phänomene bezeichnen:

„In der Doppelnatur des Wirklichen ist es begründet, dass wir ein theoretisches Bild des Seienden nur entwerfen können auf dem Hintergrund des Möglichen [Hvbg. Weyl]. So ist vor allem das vierdimensionale Kontinuum von Raum und Zeit das Feld der a priori bestehenden Möglichkeiten von Koinzidenzen [Hvhh. Weyl]. Darum nennt Leibniz den ‚abstrakten Raum die Ordnung aller als möglich angenommenen Stellen‘ und fügt hinzu: ‚Demnach ist er etwas Ideales‘.“<sup>236</sup> Weyl setzt den Zusammenhang zwischen Kontinuum, Medium und Aussenwelt so: Die Relativitätstheorie führt zu einer Scheidung zwischen der Aussenwelt als amorphem Kontinuum und der Struktur von Raum und Zeit. Das amorphe Kontinuum der Aussenwelt wird in der lebendigen Anschauung unmittelbar erfasst. Das Kontinuum der modernen Physik ist hingegen ein vierdimensionales Kontinuum im abstrakten-mathematischen Sinn. Die Relativitätstheorie konstruiert die Aussenwelt in einem Medium. Das Medium ist das vierdimensionale Kontinuum im abstrakt-mathematischen Sinne.

---

<sup>235</sup> WPhil, S. 147.

<sup>236</sup> WPhil, S. 168. Weyl zitiert Leibniz nach den Hauptschriften. hrsg. v. Cassirer, Bd. I, S. 205.

Vorausgesetzt, dass nicht jede Zeit jeden Gedanken fassen kann, kann die Formulierung, dass die Relativitätstheorie die Aussenwelt in einem Medium, und zwar im abstrakt mathematischen Sinne auf ihre Anschlussfähigkeit an die Medienwissenschaft gedeutet werden, und zwar so: Erst durch die Relativitätstheorie wird der konstruktive Charakter der Aussenwelt verdeutlicht. Das impliziert, dass die Aussenwelt, genauer die raum-zeitliche Form der Aussenwelt, durch Zeichenprozesse operationalisierbar und veränderlich ist. Die Aussenwelt in der Physik Newtons wird als gegeben, als „Behälter“ angesehen, dessen Form nicht verändert werden kann. Das Medienverständnis von McLuhan ist gerade eines, das davon ausgeht, dass die Aussenwelt nicht unvermittelt gegeben ist. Ihre raum-zeitliche Form ändert sich in Abhängigkeit von den technischen Artefakten, die McLuhan Medien nennt.

An dieser Stelle interessiert nicht ein Vergleich zwischen Weyl und McLuhan – gravierende Unterschiede in der Argumentation müssten dazu geklärt werden - , sondern der Befund, dass Veränderungen in der modernen Physik und Mathematik zur Gedankenbildung McLuhans ein Feld von Fragen eröffnet haben, das McLuhan in eigener Weise bedenkt.

Weyl stellt sich die Frage, wie sich das Medium der Relativitätstheorie zu Erfahrungen verhält, welche Kontaktstellen, zwischen konstruierter und erfahrener Wirklichkeit bestehen, und wie dieses Medium Wahrheitskriterien erfüllt.

## Kontaktstellen

Der Grenzverlauf zwischen konstruierbaren Möglichkeiten und dem empirisch Gegebenen ist nicht fix, sondern unterliegt geschichtlichen Veränderungen. Im neunzehnten Jahrhundert erweitert Bernhard Riemann den Begriff der Messbarkeit. Die besondere Leistung der Riemannschen Geometrie besteht in dem Nachweis, dass Metriken<sup>237</sup> flexibel sind. Dazu muss die Vorstellung von der Funktion eines Koordinatensystems verändert werden. Anstelle eines Koordinatensystems, auf das alle Punkte eines Linienverlaufs bezogen werden, setzt Riemann zahlreiche lokale Koordinatensysteme, die unterschiedlichen Punkten unendlich nahe angeschmiegt werden können. Die Koordinatensysteme definieren lokale Räume. Sie sind unterschiedlich orientiert, können jedoch alle auf eine absolut gegebene Metrik bezogen werden, so wie auf einem Würfel die Abstände zwischen seinen einzelnen Zahlwerten gleich bleiben, unabhängig welche Zahl nach einem Wurf oben liegt. Riemann hat überlegt, was der innere Grund der Massverhältnisse im Raum sein könnte, und zwei mögliche Antworten aufgezeigt. Entweder sei das dem Raum wirklich zugrunde Liegende als Menge diskreter Elemente aufzufassen, oder die Massverhältnisse werden durch die auf den Raum wirkenden Kräfte bestimmt. Es wird nun denkbar, dass das Universum ein endlicher gekrümmter Raum ist. Nun wird es auch wahrscheinlich, dass man ein allgemeines Krümmungsmass des Universums angeben kann. Weyl weist nachdrücklich auf die Beziehung zwischen Einstein und Riemann hin.<sup>238</sup>

---

<sup>237</sup> Mehrtens erklärt dies anhand des „heimlichen Bildes“ des Lineals: Vor Riemann ging man davon aus, dass man mit einem Lineal physikalische Grössen feststellen kann. Misst man jedoch gekrümmte Oberflächen, passt dieses Lineal nicht und ein Mass ist erforderlich, das sich der Krümmung anschmiegt. Die Übersetzung unterschiedlicher Masse wird nun zum Problem. Mehrtens weist ausdrücklich auf die physikalische Orientierung Riemanns hin. Mehrtens, S. 56.

<sup>238</sup> Weyl veranstaltet 1918 eine Neuauflage von Riemanns „Habilitationsschrift“. Siehe: Riemann, Bernhard, a.a.O.

„Einstein hat, nachdem er den Raum durch die Zeit zum vollen extensiven Medium der Aussenwelt erweitert hatte, den Riemannschen Gedanken zu einer in alle Einzelheiten durchgebildeten physikalischen Theorie der Gravitation ausgestaltet und insbesondere auch die Gesetze ermittelt, nach denen die Materie auf das Massfeld einwirkt“.<sup>239</sup>

Das extensive Medium der Aussenwelt stellt sich dem Menschen in raum-zeitlichen Wahrnehmungen dar, das heisst, dass Wahrnehmungen von einem kognitiven Prozess geformt werden. Weyl referiert physiologische Forschungsliteratur in Hinblick auf den Ursprung der menschlichen Raum- und Zeitvorstellungen und grenzt die Schwelle ein, ab der empirische Befunde und Annahmen über die strukturierende Tätigkeit des Bewusstseins sich überlagern, und zwar bei der Frage der Wahrnehmung räumlicher Tiefe. Hier stellte Helmholtz eine „beseelende Funktion“ fest.<sup>240</sup> Das Kontinuum der möglichen Raum-Zeit-Stellen ist für den Physiker ein konstruktiv erzeugtes Medium. Die Funktion dieses Mediums lässt sich nicht auf die eines schlichten Mittels zum Zweck der Darstellung oder der Synthesis reduzieren. Es bezeichnet insbesondere ein Feld von Möglichkeiten, das mit empirischen Befunden abgeglichen oder auf seine Stimmigkeit hin überprüft werden kann. Die Stellen, an denen sich Idealismus und Empirie treffen, sind vielfältig, denn in der Naturwissenschaft ergänzen sie sich.<sup>241</sup> Im Laufe der geschichtlichen Entwicklung der Naturwissenschaft ist der Bereich der objektiv geltenden Erkenntnisse geschrumpft. Die Gründe dafür sind strengere Kriterien. Wenn der Bereich der objektiven Erkenntnisse schrumpft, zugleich aber die wissenschaftliche Entwicklung fortschreitet, kann das als Entstehen einer Zeichensphäre gedeutet

---

<sup>239</sup> WPhil, S. 116.

<sup>240</sup> WPhil, S. 165.

<sup>241</sup> Weyl weist darauf hin, dass die erkenntnistheoretischen Einstellungen des Idealismus und Realismus in der Physik gut vereinbar sind. Siehe: WPhil, S. 151 und WPhil, S. 158.

werden, welche die Gefahr des Solipsismus birgt. Die Sinnfrage stellt sich erneut.

Mit Hilbert stimmt Weyl darin überein, dass der Sinn des Gesamtsystems die möglicherweise nicht einsehbare Sinnhaftigkeit einzelner Sätze legitimiert.<sup>242</sup> Aber worin besteht der Sinn, der diesen Aufschub ausbalancieren kann? Aufschlussreich ist Weyls Referat der naturwissenschaftlichen Methoden. Er kommt zu dem nüchternen Ergebnis, dass trotz unterschiedlicher erkenntnistheoretischer Einstellungen die naturwissenschaftliche Praxis das Ziel verfolge, Ereignisse vorherzusagen. Dieses Fazit führt Interpreten wie zum Beispiel Ortega y Gasset zu der Ansicht, dass die Verbindung zwischen den Medien, in denen die Naturwissenschaft ihre Ereignisse ansiedelt, und der Wirklichkeit nicht als Vermittlung verstanden werden kann, sondern bestenfalls als Berührung. Ortega y Gasset skizziert unter Berufung auf Weyl das Verhältnis folgendermassen.<sup>243</sup>

---

<sup>242</sup> Dieses Argument erläutert Cassirer mit einem Zitat von Duhem (La Théorie physique, son objet - sa structure. Paris 1906) in Das Erkenntnisproblem, S. 118: „Man nimmt gewöhnlich an, dass jede der Hypothesen, von denen die Physik Gebrauch macht, für sich genommen werden kann ... In Wahrheit ist dem jedoch nicht so. Die Physik ist keine Maschine, die sich auseinandersetzen lässt. Man kann nicht jedes Stück von ihr einzeln ausprobieren und abwarten, bis es die Nachprüfung bestanden hat, ehe man es in der Maschine einsetzt.“

T bedeutet physikalische Theorie. R bedeutet Realität und a,b,c und d sind die Punkte an, denen sich Theorie und Realität berühren. Diese Interpretation übersieht die Tatsache, dass Weyl in methodenkritischen Gedankengängen diskutiert, wie sich die konstruktive Naturwissenschaft zur Realität verhält (Siehe oben: zentrale Fragestellungen).

### **Methode und Begriff**

Die Naturwissenschaft kann nicht auf einen absoluten Bezugspunkt rekurren, sondern muss widerspruchsfrei und Schritt für Schritt Konstruktionen mit Messergebnissen abgleichen. Messen bedeutet, dass Kontaktstellen zwischen Zahlen und mathematischen Symbolen zu Beobachtungen bestehen. Dazu müssen jedoch erst mit Skalen versehene Probekörper geschaffen werden. Galilei soll beim Gottesdienst die Pendelbewegung von Glockenseilen beobachtet haben. Er vermutete, dass ihre Bewegungen einer Regel gemäss verlaufen. Den räumlichen Abstand zwischen den maximalen Ausschlägen konnte er durch Markierungen innerhalb der Kirchenarchitektur definieren und verglich die zeitlichen Abstände mit Hilfe seines eigenen Pulsschlags. Er benutzte also sinnlich wahrnehmbare Skalen, um Marken zu bestimmen, innerhalb derer Wiederholungen möglich sind. Der Probekörper war in diesem Fall das Glockenseil. „Zur Theorie des Messens gehört die Frage, wie es möglich ist, Grössen viel genauer festzulegen, als ihre unmittelbare sinnliche Unterscheidbarkeit zulässt“.<sup>244</sup>

Das setzt im Sinne Galileis einen Begriff voraus und zwar als „Gewahrwerden dessen, was eigentlich den Erscheinungen zu

---

<sup>243</sup> Ortega y Gasset, José: Der Prinzipienbegriff bei Leibniz und die Entwicklung der Deduktionstheorie. München 1966, S. 35.

<sup>244</sup> WPhil, 180.

Grunde liegt. Und ein solches Gewährwerden ist bis ins Unendliche fruchtbar”<sup>245</sup>.

Die Annahme der kontinuierlichen Fortsetzbarkeit einer einmal gemachten Erfahrung führt dazu, dass man Erfahrungen in einem Weltstück auf andere Weltstücke überträgt. So kann man ausgehend von einer gegebenen materiellen „Insel”, die man durch ein Netz von Messmarken charakterisiert hat, Stücke ausserhalb der Insel in die Messung einbeziehen, indem man die Linien dieses Netzes beliebig verlängert. Man kann die Erde als Messbasis für den astronomischen Raum benutzen, wenn man Instrumente mit einem Fadenkreuz ausstattet. Das Fadenkreuz gestattet es, Raummarken, die man auf der Erde definiert hat, zur Beschreibung räumlicher Beziehungen ausserhalb der Erde zu benutzen. Das setzt die stetige Fortsetzbarkeit der Erfahrung voraus. Die Erfahrung wird in einem überblickbaren endlichen Bereich gefasst und dann erweitert. Die Intuitionisten opponieren gegen diese Erweiterung ins Unendliche, Weyl jedoch nicht.<sup>246</sup> Im zweiten Paragraphen der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft hat Weyl Funktionen als Zuordnungen, d.h. Abbildungen zwischen Mengen eingeführt und sie als wichtiges Beispiel für die schöpferische Definition der Mathematik vorgestellt unter der Prämisse, dass Mathematiker nur erklären können, wann eine Funktion gegeben ist, und wann zwei Funktionen als gleich gelten, aber nicht, was sie sind. Sie sind die zentrale schöpferische Methode des mathematischen Denkens.<sup>247</sup> Weyl definiert im

---

<sup>245</sup> Goethe über Galilei, zitiert nach WPhil, S. 190.

<sup>246</sup> Ibidem.

<sup>247</sup> Siehe dazu auch: Raum, Zeit, Materie, S. 3. Hier unterscheidet Weyl zwischen Farbwahrnehmung und mathematischer Darstellung: „Die Farben sind also `in Wirklichkeit` nicht einmal Ätherschwingungen, sondern mathematische Funktionsverläufe, wobei in den Funktionen, den drei Raum- und der einen Zeitdimension, entsprechend, vier unabhängige Argumente auftreten”. Siehe weiterhin: Das Kontinuum, S. 35: „Historisch hat der Funktionsbegriff eine doppelte Wurzel. Zu ihm führten erstens [Hvhb.en Weyl] die in der materiellen Welt herrschenden `natürlichen Abhängigkeiten`, die einerseits darin bestehen, dass Zustände und Beschaffenheiten realer Dinge veränderlich sind in der Zeit, der unabhängigen Veränderlichen kat'exochen, andererseits in den kausalen Zusammenhängen zwischen Ursache und Wirkung. Eine zweite, von dieser ganz unabhängige Wurzel liegt in den arithmetischen-algebraischen Operationen. Der

naturwissenschaftlichen Teil der Veröffentlichung Funktionen als Beziehungen, die ein Netz von Möglichkeiten aufspannen, innerhalb derer physikalische Theorien formulierbar werden: „Dabei ist es aber ganz wesentlich, dass das Kontinuum nicht ein abgeschlossener Inbegriff, sondern ein ins Unendliche offenes Bestimmungsfeld ist ... Man muss also die einzelnen unter den funktionalen Begriff fallenden Gegenstände erzeugen [Hvvh. Weyl], darf aber nicht fragen (in der Meinung, damit einem an sich bestehenden Sachverhalt gegenüberzutreten), ob ein vorgelegter Gegenstand unter ihn fällt“.<sup>248</sup>

### **Funktion und Aussenwelt**

Die Aufgabe der Naturwissenschaft ist es, Funktionen und Erfahrungen in Einklang zu bringen, um Ereignisse vorherzusagen. Das nennt Weyl eine Theorie. Kriterium für die Beurteilung einer Theorie ist deren Einfachheit und Widerspruchsfreiheit. Fortschritt in der Theoriebildung ist ein Resultat der wechselseitigen und ständigen Korrektur (approximative Verifikation) zwischen Phantasie, verstanden als intuitives Gewahrwerden von Zusammenhängen und wiederholbaren Beobachtungen. So können Theorien mit „grober Richtigkeit“ fruchtbar sein, um später zu feinen Theorien zu gelangen, die erweisen, dass die ursprüngliche Theorie verworfen werden muss: „Ohne die Annahme ihrer groben Richtigkeit kann man jedoch zunächst überhaupt keinen Schritt

---

älteren Analysis schwebt demgemäss als Funktion ein Ausdruck vor, der aus den unabhängigen Variablen gebildet wird durch endlichmalige Anwendung der vier Spezies und einiger weniger elementarer Transzendenten. Zwar sind diese elementaren Operationen niemals klar und vollständig bezeichnet worden, und die historische Entwicklung hat immer wieder über allzu eng gezogene Schranken hinausgedrängt, ohne dass dies den Trägern der Entwicklung jedesmal zum Bewusstsein kam. - Die Stelle, an der die beiden einander zunächst ganz fremden Quellen des Funktionsbegriffs in Beziehung zueinander treten, ist der Begriff des Naturgesetzes: sein Wesen besteht darin, dass im Naturgesetz eine naturgegebene Abhängigkeit als eine auf rein begrifflich-arithmetische Weise konstruierte Funktion dargestellt wird. Galileis Fallgesetz sind das erste grosse Beispiel.“

<sup>248</sup> WPhil, S. 191.

vorwärts tun. Hierauf bezieht sich Newtons 4. Regel zur Erforschung der Natur (Principia, S. 389): „In der Experimentalphysik muss man die aus den Erscheinungen durch Induktion geschlossenen Sätze, wenn nicht entgegengesetzte Voraussetzungen vorhanden sind, entweder genau oder sehr nahe für wahr halten, bis andere Erscheinungen eintreten, durch welche sie entweder grössere Genauigkeit erlangen oder Ausnahmen unterworfen werden“.<sup>249</sup> Es kann von einer Theorie nicht verlangt werden, dass sie absolut einfache Grundsätze aufstelle, sondern man kann nur fordern, dass die einfachste relativ zu den bekannten Erscheinungen ist.<sup>250</sup> Naturwissenschaftliche Gesetze können nicht vollkommen das Geschehen im Kosmos bestimmen. Vollkommenheit ist ein heuristisches Prinzip und nicht sachlich begründbar.<sup>251</sup> So ist zum Beispiel die prästabilisierte Harmonie von Leibniz eine metaphysische Annahme und keine naturwissenschaftliche Theorie. Der „menschliche Geist“ sucht in der Natur ein harmonisches Prinzip, das er in Form von Gesetzen ausdrückt. Doch sind solche Gesetze immer wieder von der Natur revidiert worden. Die Gesetze haben sich im historischen Blick immer als „voreilige“ Abschlüsse erwiesen und sie sind stets „zugunsten einer tieferen Harmonie wieder ... [zerbrochen worden]“.<sup>252</sup> Die unendlich mögliche Verfeinerbarkeit des mathematischen Kontinuums geht einher mit einer Verfeinerung von Messtechniken, die Beobachtungen gestatten, die die Grenze der menschliche Sinne überschreiten. Die konstruktive Naturwissenschaft verfügt über ein Medium, das unendlich verfeinert werden kann.<sup>253</sup> Weyl verabschiedet im naturwissenschaftlichen Teil die Unterscheidung zwischen fest umrissenem Gegebenen und zeichenhafter Feststellung als

---

<sup>249</sup> WPhil, S. 194.

<sup>250</sup> WPhil, S. 197.

<sup>251</sup> WPhil, S. 201: „... der Begriff der Vollkommenheit ist bei Galilei [im Unterschied zu Kepler] nicht mehr sachlicher Bestandteil der Theorie, sondern heuristisches Prinzip [Hvvh. von Weyl] und zum Forschen antreibender Glaube geworden.“

<sup>252</sup> WPhil, 203.

unangemessen. Damit wird auch die Bewertbarkeit einer Relation mit Kategorien der Adäquatheit bedenkenswert. Die *adequatio intellectus et rei* wird von Weyl in einer Zeit überdacht, da eine abzubildende *res* nicht mehr schlechthin in klaren Umrissen und unverändert von Bewegungen und Beobachtungsstandpunkten gegeben ist. Cassirer hatte schon in Substanz und Funktionsbegriff auf neue Akzente der Definition der *res* hingewiesen. Dies kann Weyl relativitätstheoretisch deutlicher fassen und davon ausgehen, dass die Struktur der *res* nicht als eine festumrissene Realität beschrieben wird, sondern als ein Medium von Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten aufzufassen ist, innerhalb dessen sich Ereignisse realisieren können. Die physikalische Theorie bietet also „mehr“ Möglichkeiten als die vorfindliche Wirklichkeit naheulegen scheint.<sup>254</sup> Sie ist „offen“ für „unendlichferne Weltsäume“. Sie ist für Weyl weniger wichtig als die „Unendlichkeit nach innen, gegen die Atome“.<sup>255</sup>

### **Orte der Mischung**

Das Wolkenbild Ortega y Gassetts bedarf kritischer Ergänzungen. Die Punkte, an denen sich Wolke und Realität berühren, sind beweglich. Das Wort „Berührung“ ist insofern problematisch, als es suggeriert, dass zwischen Wolke und Realität kein Zwischenraum bleibt. Hinzukommt, dass Weyl von wahren und realen Wirklichkeiten spricht und damit eine Unterscheidung konnotiert. Im Kontinuum hatte er bereits von der Möglichkeit einer Realität gesprochen, die tief hinter den Erscheinungen liegt.

---

<sup>253</sup> Die intuitionistische Haltung fordert die Einhaltung der Grenzen menschlicher Wahrnehmung und damit die Kontrolle des Mediums durch die Anschauung.

<sup>254</sup> Diese Denkfigur überträgt Bense auf die Technik. Er schreibt 1951: „Die Technik liegt im Feld idealer, aber auch im Feld realer Seinsverhältnisse, und sie gehört ebenso der subjektiven wie der objektiven Sphäre des Seins an. Ontologisch gesprochen bedeutet das, dass die Technik weiter reicht als die Natur“ (Bense, Max: „Kybernetik oder die Metatechnik einer Maschine“. In: Pias, Claus u.a.: Kursbuch Medienkultur. Stuttgart 1999, S. 473f.). Die konstruktive Naturwissenschaft berührt in ausgewählten Punkten das „Feld realer Seinsverhältnisse“.

Er unterscheidet: Erstens den Raum der lebendigen Anschauung, zweitens das vier-dimensionale Kontinuum, in dem die Naturwissenschaft Ereignisse ansiedelt, drittens bedenkt er die Möglichkeit, dass es eine objektive Realität gibt, deren Struktur bestimmend für alles Geschehen sei: „Die Setzung der realen Aussenwelt garantiert nicht dafür, dass diese in der Vernunft sich aus den Erscheinungen durch die Einstimmigkeit schaffende Erkenntnisarbeit konstituiere; dazu ist vielmehr noch nötig, dass sie von einfachen Elementargesetzen durchwaltet sei. Die blosse Setzung der Aussenwelt erklärt also nicht, was sie doch erklären sollte, sondern die Frage nach ihrer Realität fließt untrennbar zusammen mit der nach dem Grunde für die gesetzlich-mathematische Harmonie der Welt [Hvbg. Weyl ]. So liegt die letzte Antwort denn doch, jenseits des Wissens, allein in Gott [Hvbg. Weyl], aus dem herfließend das Licht des Bewusstseins, dem der Ursprung selber verdeckt ist, in seiner Selbstdurchdringung sich ergreift, gespalten und gespannt zwischen Subjekt und Objekt zwischen Sinn und Sein“.<sup>256</sup> Der mögliche Grund der Realität wird in Ortega y Gassets Schaubild nicht dargestellt. Er liegt ausserhalb der wissenschaftlichen Erkenntnismöglichkeit. Er ist erahnbar, aber nicht beweisbar. Deshalb kann auch die Frage, ob die Medien, in denen die Naturwissenschaft konstruiert, wahre Aussagen zulassen, nicht beantwortet werden. Die Stellung, die Weyl dem Subjekt in der Relativitätstheorie und in Betrachtungen über statistische Verhältnisse einräumt, ist ein Hinweis, wie das Schaubild ergänzt werden könnte. Weyl versteht das Subjekt als einen Bereich, in dem Wechselwirkungen zwischen physikalischer Theorie, Bewusstsein und Aussenwelt stattfinden. Gassets Skizze muss durch einen Hintergrund ergänzt werden. Kreise, deren Zentren an den Orten der Berührung liegen, sind auf diesem Hintergrund angesiedelt. Sie verdeutlichen, dass zwischen der Ebene, auf der sich Wolke und die Realität berühren, noch ein weiterer Bereich

---

<sup>255</sup> WPhil, S. 258.

angenommen werden muss. Dieser Bereich ist grösser, weil er mehr Möglichkeiten birgt. Von diesem Raum wäre abzuleiten, was objektiv wahr ist. Die Möglichkeit dieser Ableitung ist wahrscheinlich, aber nicht begründbar. Sie ist „Sache des Glaubens“, den Weyl für notwendig hält und zu dem er sich bekennt.

Das Verhältnis zwischen den drei Ebenen wirft Fragen auf: Liegt die wahre Realität unter oder über der Ebene der erscheinenden Realität und der Theorie? Da das Kontinuum potentiell unendlich verfeinerbar ist, wird es möglich, die Wirklichkeit unendlich genau zu beobachten. Unendlich genau bedeutet, dass ein Urteil über den Charakter der Wirklichkeit nicht absolut formuliert werden kann, sondern relativ zur vorgenommenen Differenzierung des Kontinuums ist. Für die konstruktive Naturwissenschaft bleibt die Wirklichkeit eine Grenzidee, über die keine absolut geltenden Erkenntnisse ausgesagt werden können.

Hinzu kommt eine weitere Erkenntnisgrenze zwischen einer naturwissenschaftlichen Näherung an die Wirklichkeit und ihrer anschaulichen Erfassung. Das ist der Unterschied zwischen objektiver - und das heisst bei Weyl immer auch relativer Konstruktion - und der Wesenswissenschaft, die subjektiv und absolut Dinge zu erfassen sucht. In der Anschauung wird ein Gegenstandsbereich überblickt und sein Wesen erfasst. Die Naturwissenschaften erfassen Beziehungen zwischen Gegenständen und Merkmalen und vergleichen diese untereinander. Das Wesen eines Gegenstandes können sie nicht ausdrücken. Das Wesen eines Gegenstandes zu erfassen ist etwas anderes als Beziehungen zwischen diesen Gegenständen festzustellen. Die Naturwissenschaft ist damit strikt von Wesenswissenschaften zu unterscheiden. Das heisst aber nicht, dass ihre Erkenntnisse falsch sind. Wesensaussagen sind an

Subjekte gebunden, die ihre Wahrnehmung absolut setzen; die Konstruktion von Beziehungen ist relativ zu Bezugssystemen und insofern objektiv, weil sie auf widerspruchsfreien Axiomen beruhen. Weyl betont jedoch, dass es Übergänge zwischen objektiven und subjektiven Annäherungen an die Wirklichkeit gibt. Das „Hineintragen“ von Koordinatensystemen bezeichnet er als „Residuum der Ichvernichtung“ und hält den Ausschluss von subjektiven Momenten in der Naturwissenschaft für unmöglich. Genauere Messmethoden führen zu veränderten Auffassungen der Materie. Die Feldtheorie, mit der Weyl 1918 mathematisch die „Verschmelzung“<sup>257</sup> von Maß-, Gravitations- und elektromagnetischem Feld darstellte, ist ein Beispiel für eine dynamische Auffassung der Materie im Unterschied zu starren atomistischen Auffassung bei Huygens. Doch führt die Verbindung von moderner Atomtheorie und Feldtheorie zum Versagen gewohnter raum-zeitlicher Bilder.<sup>258</sup> Zwar besteht die Hoffnung, einmal klären zu können, warum bestimmte Möglichkeiten des Teilchenverhaltens realisiert werden und andere nicht, doch vorerst bleibt es ein Desiderat, „den Aufbau der materiellen Welt aus einer oder ein paar Einheiten gründlichst zu deuten“.<sup>259</sup>

### **Der Bereich des Subjekts**

Weyl nennt das Koordinatensystem „Residuum der Ich-Vernichtung“. Darunter wird ein Bereich verstanden, in dem das „Ich“ erhalten bleibt. Aus dieser Feststellung ergibt sich die Frage nach der Rolle des Subjekts in Weyls Erkenntnistheorie. Das

---

<sup>257</sup> Weyl nennt in der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft (WPhil, S. 219) seinen Versuch der „Verschmelzung“ vor denen Kaluzas, Eddingtons und Einsteins. Er verweist auf die 5. Auflage von Raum, Zeit, Materie 1923 Die erste Auflage datiert 1918.

<sup>258</sup> Siehe dazu: Miller, Arthur I.: „Visualisation Lost and Regained: The Genesis of the Quantum Theory in the Period 1913-1927. In: Druckrey, Timothy (ed.): Electronic Culture - Technology and Visual Representation. New York 1996.

<sup>259</sup> WPhil, S. 237.

eigentliche „Rätsel“ liege in der „Doppelstellung des Ich [Hvbg. Weyl]. Es ist reale psychische Akte vollziehendes Individuum, aber auch sinngebendes Bewusstsein, das Bilder schafft und so Wirklichkeiten setzt“. Diese Doppelstellung ist ein „Geheimnis, dessen Wesen jenseits der Erkenntnismittel der Naturwissenschaft liegt“. <sup>260</sup> Die Relation zwischen Subjekt und Objekt überträgt Weyl auf die Unterscheidung zwischen einem Ich und anderen „Ichs“. Die Unterscheidung zwischen Ich und einem von diesem Ich wahrgenommenen Anderen ist innerhalb der Naturwissenschaft formal darstellbar, doch die „Auszeichnung eines Ichs“ vor anderen nicht. Weyls Rezeption der Relativitätstheorie ist durch eine Erörterung der Funktion des Subjekts geprägt. Das Subjekt ist „doppelt“. Es hat zwei Gesichter, ein relatives, d.h. eines, das in Bezug auf andere formal darstellbar ist, und ein absolutes, d.h. ein solches, das Setzungen macht. Weyl formuliert 1918 in Raum, Zeit und Materie Gedanken über die Stellung des Subjekts. Die Relativitätstheorie erlaube es, den Wirkungszusammenhang neu zu sehen und damit der „Doppelnatur des Menschen, die ursprünglicher als alle Wahrnehmung ist“, eine zentrale Rolle zuzuweisen. Sie besteht im „Erleben von Streben und Widerstand, des Tuns und Leidens. Für einen in natürlicher Aktivität lebenden Menschen dient die Wahrnehmung vor allem dazu, ihm den bestimmten Angriffspunkt seiner gewollten Tat und den Sitz ihrer Widerstände in bildhafter Klarheit vor das Bewusstsein zu rücken. Im Erleben des Tuns und Erleidens werde ich selbst mir zu einem einzelnen Individuum von psychischer Realität, geknüpft an einen Leib, der unter den körperlichen Dingen der Aussenwelt seine Stelle im Raum hat und durch den hindurch ich mit anderen Individuen meinesgleichen in Verbindung stehe; wird das Bewusstsein, ohne doch seine Immanenz preiszugeben, zu einem Stück der Wirklichkeit, zu diesem besonderen Menschen, der ich bin, der geboren ward und sterben wird. Andererseits spannt aber dadurch auch das Bewusstsein seine Form, die Zeit, über die

---

<sup>260</sup> WPhil, S. 273.

Wirklichkeit aus: in ihr selber ist darum Veränderung, Bewegung, Ablauf, Werden und Vergehen; und wie mein Wille durch meinen Leib hindurch als bewegende Tat in die reale Welt hinübergreift, so ist sie selber auch wirkende (wie ihr deutscher Name ‚Wirklichkeit‘ besagt), ihre Erscheinungen stehen in einem durchgängigen Kausalzusammenhang [Hvbg. Weyl] untereinander. In der Tat zeigt sich in der Physik, dass kosmische Zeit und Kausalität nicht von einander zu trennen sind”.<sup>261</sup> Zeit begreift Weyl als Relation des Früher und Später,<sup>262</sup> die ausgehend von einem Punktepaar AB zu definieren sind. Auch hier gilt, dass keinem einzelnen Punkt per se eine Auszeichnung zukommt: „Zunächst einmal gibt es „keine im allgemeinen Wesen der Zeit gründende Eigenschaft, welche einem Zeitpunkt zukäme, einem anderen aber nicht”.<sup>263</sup> Als Konsequenz ergibt sich, dass man die Position des Experimentalphysikers problematisieren muss. Er nimmt eine besondere Stelle innerhalb der homogenen Menge möglicher Punkte ein. Mit den Punkten, die er einnimmt, ist eine einzigartige Weltlinie mit einem einzigartigen Kegel verbunden; von jedem Punkt, den er einnimmt, gehen einzigartige Scheinwerferkegel in Richtung Vergangenheit und Zukunft aus. In jeder Gegenwart verändert sich, was Vergangenheit und was Zukunft ist, und zwar in einem Zwischenraum: „Beide Gebiete, das der aktiven Zukunft und der passiven Vergangenheit, grenzen nicht zwischenraumlos aneinander, wie es nach der alten Auffassung der Fall war”.<sup>264</sup> Die Vergangenheit wirkt aufgrund der jeweiligen „Kunde von früheren Ereignissen” in diesem Zwischenraum, die Zukunft durch die Handlungsmöglichkeiten, die das Subjekt entwickelt. Der Experimentalphysiker wird bei der Einrichtung seiner

---

<sup>261</sup> Raum, Zeit, Materie, S. 6.

<sup>262</sup> In Anlehnung an Leibniz, der Raum als Relation des Nebeneinander und Zeit als Relation des Hintereinander definiert hat.

<sup>263</sup> A.a.O., 7.

<sup>264</sup> WPhil, S.134. In dem Aufsatz: „Das Verhältnis der kausalen zur statistischen Betrachtungsweise in der Physik” hat Weyl dies schärfer formuliert: „In Wahrheit aber wird die Zukunft noch fort und fort an der Gegenwart schaffen und sie zu einer immer präziser bestimmten machen; die Vergangenheit ist nicht fertig abgeschlossen.” In: Schweizerische Medizinische Wochenschrift (1920). ND in GA II, S. 122.

Beobachtungen durch Erinnerungen an frühere Beobachtungen geleitet; er greift handelnd in das Geschehen ein. Er ist der Ort der Entscheidung, in dem passive Wirkungen und aktive Gestaltung sich durchdringen. Diese Durchdringung ist undurchschaubar. Die Lichtkegel, die sich vom Experimentator ausbreiten, sind erlebte und zu erlebende Welt, aber nicht objektiv feststellbar. Der Experimentator handelt in einem Bereich, der nicht streng kausal beschreibbar ist, weil nicht angegeben werden kann, wie aus einem Zustand ein Folgezustand abgeleitet werden kann. Weyl veranschaulicht dies in einem Vortrag.<sup>265</sup>

Giesst man Milch in eine Tasse mit Kaffee und rührt diese Flüssigkeiten, so gibt es einen Übergang, dem darauf eine Gleichverteilung folgt. Dieser Übergang ist ein Moment der Unordnung zwischen zwei geordneten Systemen und in ihm wird die vorherige Ordnung umgekehrt und eine neue Ordnung vorbereitet. Das Subjekt kann auch statistisch als Ort der Mischung aufgefasst werden, denn das Raum-Zeitstück, in dem sich die Welt gerade befindet, befindet sich im Übergang. Weltpunkt und Weltstück müssen demnach zwischen Ordnung und Unordnung wechseln, dort wo „Bewusstsein und tätig begründender Wille heraufkommen“, also dort, wo der Experimentalphysiker tätig Wahrnehmungen organisiert.

Dies verstehe ich folgendermassen: Der Mensch kann Ordnung in die Phänomene hineinsehen und so dem amorphen (anschaulichen) Kontinuum eine Struktur zusprechen und dies experimentell überprüfen. Er befindet sich jedoch in einer Region des Übergangs, die von statistischen Wahrscheinlichkeiten bestimmt ist und nicht strikt kausal. Deshalb kann nicht streng bewiesen werden, ob die Struktur, die der Welt zugesprochen wird, der wirklichen Struktur der Welt entspricht. Naturwissenschaft ist in diesem Sinne Organisation eines Schauplatzes, auf dem man Beziehungen auftreten sehen möchte, die man als Gesetze postuliert hat und aus

---

<sup>265</sup> A.a.O., S. 120.

objektiven und widerspruchsfreien Axiomen abgeleitet hat. Dies ist ein doppeltes Ungenügen: Einerseits kann so nicht verlässlich angegeben werden, wie sich die Wirklichkeit tatsächlich verhält, andererseits stellen Konstruktionen nur Beziehungen fest. Die Konstruktionen bleiben dem Wesen der Phänomene, so wie sie in der subjektiven Anschauung erscheinen, fremd.

Die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft stellt meiner Ansicht nach zwei Grenzen dar, zwischen denen sich die konstruktive Naturwissenschaft bewegt. Die Wirklichkeit ist eine Grenzidee, die eine endgültige Erkenntnis nicht gestattet, da dies voraussetzen würde, man könne das Verhältnis aller Raum- und Zeitstellen entgültig feststellen. Das ist innerhalb der raumzeitlichen Bedingungen des Universums nicht möglich. Die andere Grenze der konstruktiven Naturwissenschaft beruhe auf der „Doppelnatur“ des Subjekts. Weyl erwähnt an wenigen aber entscheidenden Stellen, dass das Subjekt sinnbegabt ist und Sinn sucht. Der Sinn dieser Sinnsuche entzieht sich dem konstruktiven Verständnis und seine Berücksichtigung wird nur angemahnt als Rücksicht vor der Gefahr der Trivialisierung und des Sinnverlusts. Weyl spricht vom theoretischen Genie Einsteins, der das Geschick des Gesamtsystems der Naturwissenschaft entscheidend geprägt habe.<sup>266</sup> Aspekte des „real-psychischen Geschehens“ in der „Seele“ eines Individuums - sei es ein Genie oder nicht - können konstruktiv betrachtet werden.<sup>267</sup> Die Möglichkeit dieser Unterwerfung betrifft jedoch nicht das eigentliche Rätsel der „Doppelstellung des Ichs“. Der andere Teil des Subjekts besteht nämlich in seiner „Fähigkeit zur Wirklichkeitssetzung“ darin, dass das „Gesicht“ des Ichs „offen gegen die Vernunft ist“.<sup>268</sup>

---

<sup>266</sup> WPhil, S. 194.

<sup>267</sup> WPhil, S. 271: „Es ist kein Grund einzusehen, warum die theoretisch-symbolische Konstruktion vor den Tatsachen des Lebens und der Psyche haltmachen soll ... Es liegen keine Gründe vor daran zu zweifeln [am Glauben an die Einheit der Natur und damit an die Einheit der wissenschaftlichen Methode]“.

Weyl betont, dass dieses Rätsel seinem Wesen nach jenseits der Erkenntnismittel der Naturwissenschaft ist. Daher wendet er sich wiederum Fragen der Transzendenz zu. Die Offenheit gegen die Vernunft kann als Offenheit für die Annahme einer objektiven und wahren Realität des Transzendenten gedeutet werden. Sie deckt sich für Weyl mit dem Glauben an die Realität Gottes.

### **Medienkunde**

Mit einer Diskussion des Verhältnisses von Mathematik zur absoluten und vollendeten Unendlichkeit Gottes beginnen und schliessen die Vorlesungen The open world, die Weyl 1931 in Amerika gehalten hat. Dort schreibt er: „The infinite is accessible to the mind intuitively in the form of the field of possibilities open to infinity, analogous to the sequence of numbers which can be continued indefinitely; but the completed, the actual infinite as a closed realm of absolute existence is not within its reach... Indeed, God as the completed infinite cannot and will not be comprehended by it [the limitations of existence]; neither can God penetrate into man by revelation, nor man penetrate to him by mystical perception. The completed infinite we can only represent in symbols. From this relationship every creative act of man receives its deep consecration and dignity. But only in mathematics and physics, as far as I can see, has symbolical-theoretical construction acquired sufficient solidity to be convincing for everyone whose mind is open to these sciences”.<sup>269</sup> Im mathematischen Teil dieser Arbeit wurde dargestellt, dass die reine Mathematik Zugang zur transzendenten Sphäre tätig schaffen kann. Ihre Zeichenpraxis kann jedoch nicht als Darstellung transzendentaler Einsichten begriffen werden. Deren Wahrhaftigkeit kann nicht objektiv begründet

---

<sup>268</sup> WPhil, S. 272.

<sup>269</sup> Weyl, Hermann: The open world - Three lectures on the metaphysical implications of science. New Haven 1932, p. 83f. Siehe auch p.1: „A mathematician steps before you, speaks about metaphysics, and does not hesitate to use the name of God”.

werden, sondern ist Sache des Glaubens. Sache des Glaubens ist auch die Annahme einer objektiven Realität „hinter“ der wahrnehmbaren Welt. Und es ist damit auch eine Sache des Glaubens, ob die mediale Verfasstheit der modernen Physik „durch“<sup>270</sup> die Realität der Aussenwelt hindurch zur wahrhaften Realität vordringen und von ihr „künden“ kann.

Zwischen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und der Transzendenz kann die menschliche Vernunft Verbindungen herstellen. In Konstruktionen findet sie Regelmässigkeiten, mit denen die göttliche Eigenschaft der Unendlichkeit erahnbar wird, die sich gleichwohl der Teilhabe widersetzt. Konstruktionen sind zwiespältige Organe. Sie sind Sensorien für die gesetzlich-mathematische Harmonie der Welt, die aktiv erzeugt werden müssen. Sie sind Medien, mit denen sich das Subjekt handelnd und erfahrend zur Aussenwelt und zur Transzendenz verhält. Nun ergeben sich auf die oben angeführte Doppelfrage folgende Antworten: Erfahrung könnten in begrenztem Mass konstruktiv aufgefasst werden. Die mathematische Konstruktion wird andererseits durch die Begriffe „Ich-Residuum“ und Sinnöffnung transzendiert. Der Befund, dass in der modernen Physik die Differenz zwischen erzeugendem und erzeugtem Kontinuum in symbolischen Transformationen bestehen (Übersetzung von einem Kontinuum in ein anderes) und dass dies mit dem Begriff „Medium“ belegt wird, ist ein philologischer Beleg dafür, dass erkenntnistheoretische Fragen in der modernen Physik in einer Weise gestellt werden, die Fragen nach der Formung raumzeitlicher Verhältnisse durch Film, Fernsehen, Radio u.a. Geräteanordnungen berühren.

Die Analyse der Philosophie der Naturwissenschaft Weyls zeigt, dass die unterschiedlichen Kontinua in einem konfliktreichen und nicht synthetischen Verhältnis zueinander stehen. Grundsätzlich

---

<sup>270</sup> Und nur an wenigen Stellen berührt die Naturwissenschaft die Realität.

bleibt eine Differenz zwischen konstruktiven Kontinua und dem psychologischen Kontinuum. Dann kann das Verhältnis zwischen dem vierdimensionalen Kontinuum, in dem die Physik Ereignisse situiert, nicht als Darstellung begriffen werden. Weder stellt sie das Wesen des psychologischen Kontinuums dar, noch stellt sie die objektive Wirklichkeit, die hinter den Erscheinungen angenommen wird, dar. Dennoch bestehen Beziehungen zwischen diesen drei Ebenen. Die Physik berührt die Wirklichkeit, sie muss grundsätzlich mit ihr vereinbar sein (kommt es zu Unvereinbarkeiten zwischen Erfahrungen, muss nachgemessen werden, oder das „Genie“ eines Theoretikers wie Einstein ist gefragt). Das vierdimensionale Kontinuum der modernen Physik befindet sich „zwischen“ der Ebene der erfahrbaren Wirklichkeit und der angenommen objektiven Wirklichkeit. Die Berührungspunkte zwischen den Ebenen sind problematisch, sie sind nicht objektivierbare Orte der Mischung. Das Medium der Physik ist eine Konstruktion, d.h. es ist ein mentales Produkt, das mit Hilfe von Messtechniken spezifische Berührungen mit der Welt der Erfahrung aufnimmt. Die psychologische Erfassung des Wesens der Welt ist absolut und subjektiv, während das Medium der Physik objektiv und relativ konstruiert ist. Die Philosophie der Naturwissenschaft kann deshalb als Untersuchung der Grenzen und Möglichkeiten eines konstruktiven Mediums gelesen werden. Sie informiert über Kriterien, nach denen Systeme ineinander übersetzt werden können. Der Inhalt eines Systems kann nur durch Übersetzung in ein anderes System festgestellt werden. Die Bedeutung der Grundbegriffe kann innerhalb eines Systems nicht objektiv aufgewiesen werden. Die wahre Bedeutung eines Urteils ist innerhalb eines Mediums nicht entscheidbar. Im Unterschied zu Cassirer denkt Weyl Medien als autonome, wenn auch flexibel transformierbare Systeme. Sie sind nicht Brücken zwischen Bewusstsein und Welt. Cassirer und Weyl argumentieren in den zwanziger Jahren von unterschiedlichen epistemischen Positionen, die als Wechselbeziehung zwischen Kontingenz und Systematik

dargestellt werden können und eine Medientheorie denkbar werden lassen, in der sich Differenz und Synthese, Bruch und Kontinuität bedingen.

Es stellen sich zwei Fragen: Inwieweit sind Befunde aus Weyls erkenntnistheoretischen Überlegungen medienwissenschaftlich? Dies kann durch eine Rekonstruktion der Rezeptionsgeschichte erörtert werden oder durch einen Vergleich zwischen dem konstruktiven Begriff des Kontinuums mit Überlegungen Marshall McLuhans.<sup>271</sup> Zunächst stellt sich jedoch erneut die methodische Frage nach einer medientheoretischen Betrachtung der diskutierten Texte Weyls. Inwieweit war die bisherige Analyse durch „trübende“ oder „erhellende“ Mittel bestimmt? Differenzen sind zwischen Weyls Erkenntnistheorie und Cassirers Philosophie der symbolischen Formen herausgearbeitet worden und dabei wurde implizit unterstellt, dass Weyl eine dem System Cassirers vergleichbare Theorie entwickelt habe, und es wurde nicht die spezifischen Diskrepanz zwischen mathematischer Praxis und philosophischer Darstellung, die Positionierung Weyls zwischen unterschiedlichen symbolischen Praxen (einer als Mathematiker und einer als Autor philosophischer Publikationen) methodisch reflektiert. Zwar verwendet Weyl den Begriff der Erkenntnistheorie und meint damit auch die philosophische Frage nach der Übereinstimmung von Vorstellung und Sache, wenn er philosophische Termini diskutiert, doch muss man die Zeichen berücksichtigen, die er seinen philosophischen Formulierungen voranstellt. Er spricht philosophisch als Mathematiker und als solcher wertet er die Darstellung seiner mathematischen Praxis in philosophischen Termini als problematisch. Er spottet in der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft über voreilige philosophische Interpretationen: „Die Philosophen sind ungeduldige Leute; als Naturwissenschaftler hat man den Eindruck, dass etwas Vernünftiges über Kausalität, Gesetz und Statistik sich

erst wieder wird äussern lassen, wenn einmal das Quantenrätsel gelöst ist“.<sup>272</sup> Trifft dieser Spott auch die hier entwickelte Interpretation seiner philosophischen Aussagen, wenn sie Formulierungen wie „Medium des freien Werdens“ ein Gewicht beimisst oder die zahlreichen Verweise auf „Doppel“-Strukturen betrachtet? Eine medientheoretische Interpretation von Weyls philosophischen Schriften findet ihr Mass in dem Konflikt der Darstellungsmittel, den der philosophisch schreibende Mathematiker artikuliert. Die Diskrepanz zwischen der symbolischen Praxis als Mathematiker, der „mathematischen Forschung“, der seine „Zeit und Liebe“ gewidmet sind, und dem philosophischen Überblick, der philosophischen „Reflexion“, strukturiert die Texte, die er in philosophischen Organen publiziert.

Weyls Artikulation dieser Diskrepanz deute ich als Indiz dafür, dass die philosophische Betrachtung ein mediales Problem darstellt, d.h. einen Konflikt bei der Vermittlung von zwei symbolischen Praxen, der nicht von einer erkenntnistheoretischen Instanz entscheidbar ist. Weyls Qualität liegt darin, dass er seinen Hader mit beiden symbolischen Praxen artikuliert und sich dem Problem der Nicht-Vermittelbarkeit stellt, und zwar so, dass die Chance diskursiv Unterschiede zwischen symbolischen Praxen formuliert werden können. Die Mitteilung zwischen den Diskursen entsteht durch Unterscheidungen. Das Wechselspiel zwischen Cassirer und Weyl kann so als Auseinandersetzung rekonstruiert werden, in der die Qualität der Vermittelbarkeit zwischen Philosophie und Mathematik paradigmatisch zur Diskussion gestellt wird. Ist die Mitte eine Grenze oder eine Brücke, Indiz für stetige Übergänge oder für Diskrepanzen?

---

<sup>271</sup> Ich knüpfe nun an Überlegungen an, die ich in der Einleitung im Abschnitt „Medientheoretisches Vorverständnis“ formuliert habe.

<sup>272</sup> WPhil, S. 258.

## VIERTES KAPITEL

### Wechselverhältnis

Das Verhältnis zwischen der Philosophie Hermann Weyls und der Philosophie Cassirers ist durch den Wechsel zwischen synchroner und diachroner Perspektive bestimmt. Weyls Texte heben kontingente Aspekte seines Philosophierens hervor. Er reflektiert und „besinnt“ seine aktuellen mathematischen Forschungen. Dieses Philosophieren weicht zwar von der Praxis ab, strebt aber eine Synchronie zwischen Reflexion und Praxis an. Cassirers Rezeption Weyls wird von systematischen Interessen geleitet, die eine stetige Entwicklung der naturwissenschaftlichen Methode verfolgen. Dieses System ist „diachron“ eingestellt. Das Wort „Wechselverhältnis“ ist im Unterschied zum Wort Wechselwirkung weniger scharf, da „Wirkung“ eine Betrachtung des Verhältnisses unter dem Gesichtspunkt von Ursache und Effekt supponiert und damit das Verhältnis unter zeitlichen Gesichtspunkten, d.h. als diachrone Relation analysiert: Am Anfang ist eine Ursache, die eine Wirkung erzeugt, die derartig ist, dass die Ursache verändert wird.<sup>273</sup> Wechsel konnotiert nach Grimm eine Verpflichtung, meist ökonomischer Art, und die Art der Bindung ist sozialer Natur. Hier ist wichtig, die Kategorie des Grundes, der ein diskursives Geschehen als lineare Wirkung eines vorherigen begreift, zu vermeiden. Das Wort Grund verstehe ich im Folgenden nicht im Sinne einer Ursache, sondern ästhetisch im Sinne des Vorder- oder Hintergrundes, die sich wechselseitig konturieren.

---

<sup>273</sup> Siehe auch: Schiller nach Grimm Bd.27 Artikel „Wechselwirkung“, Sp. 2777: „die unendliche wechselwirkung, da jede wirkung wieder ursache ihrer ursache ist“. Den historischen Kontext der Wechselwirkung zwischen Mathematik und Philosophie stellt dar Thiel, Christian: Philosophie und Mathematik – Eine Einführung in ihre Wechselwirkungen und in die Philosophie der Mathematik. Darmstadt 1995. Thiel geht allerdings nicht auf Beziehung Weyls zu Cassirer ein. Das gilt auch für die Arbeiten von Ketelsen und Mehrtens.

Aus zwei systematischen Gründen verzerrt der zeitliche Blickwinkel des Ursache-Wirkungsschemata die Beziehung der Diskurse Weyls und Cassirers. Und deshalb kann das Ziel dieser Arbeit nicht der Nachweis sein, dass Cassirer den Begriff „Medium des freien Werdens“ bei Weyl gelesen hat und dieser Begriff der Schlüssel zur Philosophie der symbolischen Formen ist oder dass Weyl in Cassirers Leibniz-Buch einen Weg findet, das mathematische Kontinuum als Raum möglicher Raum-Zeitordnungen aufzufassen. Weyl selbst betont kontingente Umstände, die seinen Werdegang bestimmen.

An dieser Stelle möchte ich zwei Überlegungen zum Verhältnis von Ursache und Wirkung referieren: In Weyls Interpretation der Relativitätstheorie sieht jedes menschliche Subjekt die Vergangenheit spezifisch, denn es dehnt seinen gegenwärtigen Gesichtspunkt auf die Vergangenheit aus. Das, was als Vergangenheit erscheint, ist abhängig von der gegenwärtigen Position des Subjekts. Es koexistieren demnach verschiedene Vergangenheiten und auch Zukünfte und es muss gefragt werden, in welcher Hinsicht das jeweilige Subjekt Ursache oder Wirkung in Bezug auf eine die Vergangenheit betreffende Wahrnehmung ist. Eine kausale Betrachtung des Verhältnisses müsste zunächst den Standpunkt klären, von dem beispielsweise aus beantwortet werden kann, ob Cassirers Leibniz-Interpretation Weyls Fassung des Kontinuum bestimmt hat.

Nach Cassirer kann man zweitens voraussetzen, dass eine Analyse einer spezifischen symbolischen Form sich nicht in der Klärung ihrer zeitlichen Ursache erschöpfen kann: „Und wir können uns auf dieses hohe Meer des Werdens nicht wagen, ohne jenem Kompass zu vertrauen, den uns die Kategorien von ‚Ursache‘ und ‚Wirkung‘ in die Hand gibt ... Und doch ist die Analyse des Werdens und eine kausale Erklärung nicht alles“. <sup>274</sup> Cassirer ordnet Form kategorial dem Sein zu und Kausalität, bzw. Ursache, kategorial dem Werden. Biologische Forschungen bestätigen Cassirer bei dem Versuch, das

Prinzip der kausalen Erklärung zu schwächen. Er zitiert den Biologen de Vries, der abweichend vom „dogmatischen“ Darwinismus erklärt, dass die Natur doch Sprünge mache. Der dogmatische Darwinismus folge dem Grundsatz „natura non facit saltus“. De Vries schreibt hingegen: „Jede neue zu der älteren hinzukommende Einheit bildet eine neue Stufe und trennt die neue Form, als selbständige Art, scharf und völlig von der Species, aus der sie hervorgegangen ist. Die neue Art ist somit mit einem Male; sie entsteht aus der früheren ohne sichtbare Vorbereitung, ohne Übergänge!“<sup>275</sup> Cassirer folgert: „Der Übergang von der Natur zur ‚Kultur‘ gibt uns in dieser Hinsicht kein neues Rätsel auf. Er bestätigt nur, was uns schon die Naturbetrachtung lehrt, dass jede echte Entwicklung im Grunde immer eine metabasis eis allo genos ist, die wir zwar aufweisen, aber nicht kausal erklären können“.<sup>276</sup>

Überträgt man diese Überlegungen auf die Differenz zwischen dem Diskurs eines mathematischen Betrachters der Natur (Weyl) und dem Diskurs eines philosophischen „Betrachters“ des weylschen Diskurses (Cassirer), dann muss man folgern, dass der eine Diskurs nicht durch die Klärung einer kausalen Einflussnahme des einen auf den anderen zurückgeführt werden kann. Das Wort Wechselverhältnis drückt die Möglichkeit aus, eine Beziehung anzugeben, die das Verhältnis von einem zum anderen unabhängig von kausalen Begriffen benennt. Eine Analyse des Verhältnisses muss aber gerade auf Grund des ersten, des Einwandes Weyls, zeitliche Unterscheidungen treffen. Es ist zu bedenken, dass Cassirer und Weyl in der zeitlichen Spanne, von 1926 bis 1944 sich in verändernden philosophischen Kontexten bewegt haben. Sie mussten Deutschland verlassen und in den Vereinigten Staaten publizieren. Zugleich verändern sich die naturwissenschaftlichen Prämissen ihres Philosophierens. Cassirer schliesst das Kapitel zur

---

<sup>274</sup> Cassirer, Ernst: „Formproblem und Kausalproblem“. In Ders.: Zur Logik der Kulturwissenschaften. Darmstadt 1961 (EA Göteborg 1942).

<sup>275</sup> de Vries, H.: Die Mutationstheorie. Leipzig 1901 zitiert nach Cassirer, a.a. O., S. 102.

<sup>276</sup> Cassirer, a.a.O., S. 102.

Physik in seinem Spätwerk mit der Bemerkung, dass die gegenwärtigen quantentheoretischen Forschungen so sehr im Fluss seien, dass sie keinen „rein geschichtlichen Rückblick“ zulassen.<sup>277</sup> Die Quantentheorie wird zwar von ihm an anderer Stelle als „neue Renaissance“ tituliert, lässt aber keine historische Betrachtung zu. Die Grenze zwischen systematischer und geschichtlicher Betrachtung, die Cassirer in seinen frühen Veröffentlichungen zu Leibniz und zum „Substanzbegriff“ methodisch problemlos überwinden konnte, wird nun zu einem epistemischen Hindernis für den Historiker der Erkenntnistheorien. Die Forschung zu Cassirer stellt ausserdem eine Orientierung Cassirers zu ethischen und politischen Fragen fest.<sup>278</sup> Das macht es zweifelhaft, ob die Philosophie der symbolischen Formen und deren Resümee Versuch über den Menschen überhaupt noch als Ensemble gelten können, das mit Weyls Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft verglichen werden kann. Weyls Veröffentlichung lag bereits 1927 als separat gedruckter Beitrag zu einem philosophischen Lexikon vor. Zu diesem Zeitpunkt arbeitet Cassirer noch an dem Manuskript für den dritten Band der Philosophie der symbolischen Formen. Weyls ursprünglich als Beitrag zu einem Lexikon geschriebene „Philosophie“ schwillt im Jahr 1948 durch umfangreiche Darstellungen neuer Entwicklungen (Struktur der Mathematik, Ars combinatoria, Quantenphysik, chemische Valenz, Physik und Biologie, Haupteigenschaften der physischen Welt) erheblich an und erhält nun den Status eines Standardwerks. Weyl stellt bei der Diskussion der Quantenphysik Parallelen zum Grundlagenstreit fest und sieht sich nun veranlasst, existentialistisch zu argumentieren und nicht mehr idealistisch. Auch Weyls Positionierung scheint sich im Laufe der Jahre verändert zu haben, und damit haben sich beide Positionen verschoben.

---

<sup>277</sup> Cassirer, Ernst: Das Erkenntnisproblem, S. 124.

<sup>278</sup> Siehe: Gerhardt, Volker: „Vernunft aus Geschichte. Ernst Cassirers systematischer Beitrag zu einer Philosophie der Politik“. In: Braun, Hans-Jürgen/ Holzhey/Helmut/ Orth, Ernst Wolfgang (Hrsg.): Ernst Cassirers Philosophie der symbolischen Formen. Frankfurt/M. 1980.

Im folgenden möchte ich jedoch zeigen, dass trotz dieser Verschiebung eine Konstante das Verhältnis zwischen Cassirer und Weyl bestimmt. Weyl schwächt die Möglichkeit, eine strikt ursächliche Beziehung zwischen erkenntnistheoretischen Fragen und der mathematischen Forschung anzunehmen, indem er kontingente lebensphilosophische Motive betont im Unterschied zur distanzierten Synoptik Cassirers. Das Verhältnis zwischen plötzlicher und zufälliger Reflexion der eigenen mathematischen Forschung und einer distanzierten Betrachtung und systematischen Einordnung in den Fortschritt der Wissenschaften von Aristoteles, Descartes, Leibniz bis zum modernen Begriff des Kontinuums ist spezifisch für das Verhältnis der Schriften Cassirers und Weyls. Die kontingente Struktur der Philosophie Weyls erhellt die synthetisierende Leistung der Philosophie Cassirers. Die Sprünge zwischen den symbolischen Formen werden vor dem Hintergrund von Weyls Philosophie als Sprünge über epistemische „schwarze Löcher“ lesbar, zu denen er den Weg weist. Beide Philosophien erhellen und verdunkeln sich wechselseitig, je nachdem ob Cassirer oder Weyl als Hintergrund der Erkenntnistheorie des anderen gelesen wird.<sup>279</sup>

Im Schlussparagrafen der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft betont Weyl, dass zu einer historischen Darstellung der philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaft ihm Zeit und Liebe fehlen, die er der „mathematischen Forschung“ widmet. Als beispielhafte historische Untersuchungen nennt er die Geschichte der Atomistik von Lasswitz und Cassirers Geschichte des Erkenntnisproblems. Neben diesen Darstellungen erwähnt er Husserl und Fichte, die in „selbständiger Gedankenarbeit“ Fragen entdecken, die auch in der modernen Naturwissenschaft gestellt werden. Die geschichtliche Rekonstruktion unterscheidet er von der

---

<sup>279</sup> Dieses Wechselverhältnis wäre in Anlehnung an McLuhan paradigmatisch zu nennen, da es den Konflikt und auch die „hybriden Energien“ (McLuhan:

selbständigen Gedankenarbeit: Cassirer verrate universellen Geist, der dazu tendiere, eine einheitliche Entwicklung von der mythischen über die sprachliche bis zur wissenschaftlichen symbolischen Form darzustellen, die nicht gegeben, sondern aus historischen Materialien komponiert worden sei. Ein wesentlicher Unterschied zwischen Cassirer und Weyl besteht in der Perspektive: Weyl schreibt in einer ihm fremden Begrifflichkeit über mathematische Forschungen, die er selbst betreibt. Cassirer analysiert schriftliche Dokumente, sei es aus dem „Institut für afrikanische und Südseesprachen“, seien es Veröffentlichungen von Naturwissenschaftlern wie Weyl, die explizit um Vermittlung an Studierende und Kollegen bemüht sind und im Interesse dieser Vermittlung, philosophischen Fragen nicht „ausweichen“. Weyl argumentiert in den zwanziger Jahren als ein Wissenschaftler, der die Gefahr sieht, dass Mathematik und Naturwissenschaft „tautologisch“ werden und nicht mehr „ernsthafte Kulturangelegenheit“<sup>280</sup> bleiben kann. In dem Bewusstsein dieser Gefahr betont er die Möglichkeit epistemologischer Brüche und die Grenzen der konstruktiven Methode. Cassirer sieht im Grundlagenstreit und in der Relativitätstheorie die Chance, den Neokantianismus zu reformieren, indem die Philosophie erneut zur exquisiten Beobachterin wird, die eine Bestätigung kantianischer Prämissen notieren kann. Ihre Beobachtungen sind von dem Interesse geleitet, die Suche nach einem „Mittelpunkt“ und einer „konzeptuellen Einheit“ der Kultur nicht aufzugeben.<sup>281</sup> Wenn Weyl 1954 in einer Rede an der Columbia University Cassirers „betraying mind“<sup>282</sup> würdigt, ihm aber attestiert, sein Versprechen nicht zu halten<sup>283</sup>, dann ist dies ein Indiz des

---

Understanding Media, Chap. 5) verdeutlicht, die beim Übergang zwischen Wissensordnungen offensichtlich werden.

<sup>280</sup> Cassirer hebt diese Formulierung Weyls hervor in PhsF III, S. 446.

<sup>281</sup> Cassirer, Ernst: Versuch über den Menschen, S. 10 und S. 46.

<sup>282</sup> Siehe Abschnitt „Wortwechsel“ im ersten Kapitel dieser Arbeit.

<sup>283</sup> Weyl, Hermann: Unity of knowledge, S. 630: Cassirer verspreche einen Blick auf die symbolischen Formen der menschlichen Entwicklung, so als seien diese Variationen eines musikalischen Themas, erfülle dieses Versprechen aber nicht: „Maybe, man cannot hope to be more than that; but am I wrong when I feel that Cassirer quits with a promise unfulfilled?“

Zwiespalts zwischen systematischer Darstellung und kontingenten Faktoren der dargestellten Entwicklung. Die Alternative zur systematischen Darstellung soll die Verwunderung, das wundernde Staunen der theoria sein: „But then, would one not cease to be a philosopher, if one ceased to live in a state of wonder and mental suspense“.<sup>284</sup>

### **Kontingenz**

Weyl betont Brüche, Spaltungen und Grenzen zwischen konstruktiver Naturwissenschaft, Philosophie und alltäglicher Anschauung und entwirft ein Bild seiner philosophischen Interessen, das einen Vergleich mit systematischen Entwürfen abwehren soll. Seine Beschäftigung mit der Philosophie soll als Konflikt mit seinem Werdegang als Forscher erscheinen, der durch kontingente Geschehnisse unterbrochen wird: Kant lernt er kennen, weil er auf dem Dachboden seiner Eltern „einen stockfleckigen Kommentar zur Kritik der reinen Vernunft findet, er studiert bei Hilbert, weil dieser Cousin des Direktors des Gymnasiums war, das Weyl besuchte. Als existentielle Verunsicherung verknüpft er die Berührung mit Hegels Philosophie während seiner Studienzeit: „...meine Beruhigung im Positivismus wurde erschüttert, als ich mich in eine Sängerin verliebte, deren Lebensgrund im Religiösen lag und die einem Kreis angehörte, dessen philosophischer Wortführer ein bekannter Hegelianer war. Teils wegen meiner menschlichen Unreife, aber zum Teil auch infolge dieses schwer zu überbrückenden weltanschaulichen Gegensatzes wurde nichts daraus“.<sup>285</sup> Philosophie und das weibliche Geschlecht erscheinen als gefährvolle Kräfte, welche die positivistische Richtung der Forschung ablenken. Die philosophische Lektüre wird affektiv besetzt und dann matrimonial gebändigt: Der philosophischen Lektüre wird in der Ehe mit einer Schülerin Husserls „gefrönt“,

---

<sup>284</sup> Weyl, Hermann: ibidem.

Weyl liest Philosophisches „wie ein Schmetterling von einer Blüte zur andern fliegend, bemüht, aus jeder etwas Honig zu saugen“.<sup>286</sup> Auf der andern Seite steht das „in den exakten Wissenschaften geschärfte Erkenntnisgewissen“, das es „Unsereinem nicht leicht macht, den Mut zur philosophischen Aussage zu finden“.<sup>287</sup> Den Konflikt zwischen den exakten Wissenschaften und der Philosophie legt Weyl als Konflikt zwischen Genuss und Arbeit an und findet bei Gottfried Keller<sup>288</sup> einen Hinweis, dies als Konflikt zwischen den Geschlechtern anzusehen. Scheinbar stammt das Weltbild noch aus dem neunzehnten Jahrhundert. Er präsentiert sich als mathematischer Erkenntnisarbeiter, der sich abends der Philosophie gönnerhaft zuwendet. Die Königin der Wissenschaften wird als wartende Gattin behandelt: Zu ihr kehrt man nach vollbrachter Arbeit in das traute Heim zurück. Von seiner Frau erfährt man im Lebensrückblick wenig, aber dafür Bezeichnendes, nämlich dass sie ihm Lektüren ermöglicht hat, Lektüren, die den Nährboden zu seiner Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft sind.<sup>289</sup>

Das Philosophieren ist ein besinnlicher Gegenpol der wissenschaftlichen Erkenntnisarbeit und deutlich mit der Position Husserls verknüpft, aus dessen Ideen und Logischen Untersuchungen Weyl so genau zitiert, dass er sie nicht nur als Gute-Nacht-Lektüre zur Kenntnis genommen haben kann, sondern

---

<sup>285</sup> Weyl, Hermann: „Erkenntnis und Besinnung“, S. 637.

<sup>286</sup> A.a.O., S. 648.

<sup>287</sup> Ibidem.

<sup>288</sup> A.a. O., S. 636: „Gottfried Keller war unbefangen genug, zu gestehen, dass die Erschütterung des Unsterblichkeitsglaubens bei ihm durch die Liebe zu einer Frau herbeigeführt wurde, zu Johanna Kapp, deren Vater dem materialistischen Philosophen Ludwig Feuerbach nahestand und in dessen Anschauungen Johanna aufgewachsen war. Ähnlich erging es auch mir“.

<sup>289</sup> Die Frage nach den Wechselwirkungen zwischen Helene und Hermann Weyl soll hier offen bleiben, auch wenn der von Ilse Lange herausgegebene Briefwechsel zwischen Arnold Zweig und Helene Weyl private Motive aufscheinen lässt, die nahe legen, dass Helene Weyl erheblich an der Vorbereitung der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft beteiligt war. Die Frage, ob Weyl Husserl unabhängig von seiner Frau in Göttingen kennengelernt, betrifft nicht die von Weyl im Lebensrückblick herausgestellte Polarität. Siehe dazu Tonietti, Tito, a.a.O.: Tonietti führt Argumente an, dass Weyl Husserl schon vor der Heirat wahrgenommen hat.

sie so genau gelesen haben muss, dass er kritisch das Residuum der Weltvernichtung durch den Begriff des Koordinatensystems erläutern kann. Weyl weist auf die mangelnde Ausgewogenheit seines Rückblicks hin. Neben den „monatelangen metaphysischen Spekulationen über Gott, Ich und die Welt ... lief natürlich die eine zentralere Stelle in meinem Leben einnehmende mathematische Forschung. Das will ich hier übergehen, obschon so ein falsches Gesamtbild der Rolle entsteht, die Erkenntnisarbeit und Besinnung in meinem Leben spielten“.<sup>290</sup> Dieser Äusserung kann entnommen werden, wie Weyl seine philosophischen Schriften verstanden wissen möchte: Als Ausdruck einer Spannung, die er nie lösen konnte, deren philosophischen Aspekten er jedoch nicht seine ganze Kraft widmete. Die Betonung kontingenter Einwirkungen unterschlägt, dass sich Weyl einem Kanon erkenntnistheoretischer Schriften erschlossen hat. Die kontingenten Einflüsse sind als Gegenentwurf zu Versuchen der systematischen Rekonstruktion der symbolischen Formen zu lesen. Weyl hat seine Philosophie als Wegweiser durch relevante Literatur angelegt.<sup>291</sup> Dass er auf seinem Weg in die philosophische Literatur immer wieder Ernst Cassirer begegnet ist, erwähnt er im Lebensrückblick nicht. Cassirer besorgte die deutsche Ausgabe ausgewählter Schriften Leibniz, er wies schon 1901 darauf hin, dass Leibniz Substanzen dynamisch fasst, doch hat Weyl diese Veröffentlichung nicht nachweislich zur Kenntnis genommen und damit auch nicht Cassirers „indirekten“ Beitrag zur Theorie des Kontinuums und zu dem Problem der Antinomien.<sup>292</sup> Cassirer sprach schon 1910 von der Wirklichkeit als idealer Grenze „der mannigfach wechselnden Theorien“.<sup>293</sup> Ein Rückblick auf Cassirers Beziehung zu Weyl

---

<sup>290</sup> A.a.O., S. 646.

<sup>291</sup> Schüler und Leser Weyls wie Born, Wiener und von Neumann haben nicht nur weitergelesen, sondern auch begonnen, Messapparaturen und Maschinen zu bauen.

<sup>292</sup> Russell stellt in seinem Buch über Leibniz 1900 Ungereimtheiten fest, die als Präkonfigurationen der logischen Antinomien gelesen werden können. Siehe dazu: Gurwitsch, Aaron op.cit.

<sup>293</sup> Cassirer hebt das in PhSF III, S. 557f hervor und zeigt so an, dass er Weyls Auffassung vom physikalischen Objekt als Grenzidee schon früher zum Ausdruck gebracht hat.

stimmt nicht mit Weyls Inszenierung der Kontingenz überein: Tatsächlich zeigt Weyls Sachanalyse erkenntnistheoretischer Probleme, dass es sich bei ihm um einen systematischen Denker handelt, der die Kontingenzerfahrung als lebensphilosophisches Problem einbringt. Dementsprechend ist sein Verhältnis zur Philosophie durch Berührung und Affekte geprägt, die kontingent Staunen verursachen und zu Fragen Anlass geben, die innermathematisch nicht beantwortet werden können. Dieses Interesse mag persönlich geleitet sein, gestattet jedoch eine wissenschaftspolitische Positionierung zwischen den führenden Mathematikern der Göttinger Gemeinschaft, zwischen Felix Klein und David Hilbert.

Bescheiden spricht er später davon, dass seine Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft nur ein kritischer Führer durch die relevante Literatur sei, das heisst zu Punkten der Auseinandersetzung, des Dissens und Konsens. Er ordnet die philosophische Tradition auf Grund ihrer erkenntnistheoretischen Position in Empiristen und Idealisten ein. Seine Zustimmung finden vor allem die Idealisten und er prüft ihre Aussagen auf ihre Übereinstimmung mit den Positionen Einsteins, Hilberts und Brouwers. Weyl sieht die ihm zugänglichen Texte in Hinblick auf Fragen nach Raum, Zeit, Substanz, Kausalität und Freiheit durch und entscheidet dann, wie sie mit dem Grundlagenstreit, der Relativitätstheorie und der möglichen Umkehrung der Zeitrichtung in Beziehung stehen können. Weyl nimmt dabei die Position des nüchternen Richters ein, der weiss, was naturwissenschaftlich und mathematisch richtig ist, und dann philosophischen Schriften seine Anerkennung zollt oder nicht. Er unterscheidet zwischen „prinzipiell“ erfassen<sup>294</sup>, „angedeutet“, „im Auge haben“, sich „noch ganz im unklaren“ befinden, „bereits bemerken“ und attestiert „Gründlichkeit, auch in logisch-erkenntnistheoretischer Hinsicht“<sup>295</sup> und Vordringen zu „radikalerer Auffassungsweise“.<sup>296</sup>

---

<sup>294</sup> WPhil, S. 21. Die folgenden Formulierungen sind der Reihenfolge nach der Philosophie entnommen, S.21, S. 25, S. 26, S. 65, S. 68.

<sup>295</sup> WPhil, S. 127.

Für mangelnde Übereinstimmung mit Philosophemen der Vergangenheit macht Weyl theologische Bezüge verantwortlich, wie zum Beispiel der Gedanke der prästabilierten Harmonie. Weyls Vergleich orientiert sich an den Autoritäten des philosophischen Kanons. Dem Kanon entnimmt er Begriffe und misst sie an seinen aktuellen mathematischen und physikalischen Kenntnissen. Gründe für mangelnde Übereinstimmung sind strengere Kriterien dessen, was „als objektiv gilt“. Weyl weist der Metaphysik eine systematische Stelle zu: Die Erleuchtung der Welt erfolgt durch das Individuum, es ist ein „sich durchdringendes“ Individuum und der systematische Ort für die von ihm gesehenen Brüche. In der Verwendung der Licht-Metaphorik wird der Einfluss Fichtes und Husserls auf Weyl deutlich. Er rezipiert ihre Schriften begeistert und unterwirft ihre Begriffe nicht einem systematisch kritischen Vergleich. Ihre Sonderstellung wird nicht problematisiert, sondern emphatisch dort ausgesprochen, wo er Grenzen des Konstruktivismus spürt und nicht-formalisierbare Aspekte des Individuums betonen möchte. Im Laufe seiner geistigen Entwicklung kommt es dabei zu Verschiebungen der Emphase, die zunächst Husserl und dann Fichte gelten. Sie werden durch die Lektüre Meister Eckharts ergänzt. An diesen systematischen Bruchstellen wird die wechselseitige Ergänzung dieser Verhältnisnahmen zur Wirklichkeit als Desiderat formuliert. Die Erfüllung des Desiderats überantwortet Weyl einer metaphysischen Instanz, deren Einspruchsmöglichkeit er innerwissenschaftlich jedoch nicht plausibel darlegt. Die Naturwissenschaft soll nicht ohne metaphysischen Glauben an die Wirklichkeit betrieben werden, doch ist diese Überzeugung nicht axiomatisch, sondern ethisch begründbar. Die Möglichkeit der Notwendigkeit zu philosophieren kann nicht schlicht durch den für Leibniz rational einsehbaren Verweis auf einen sinnstiftenden Gott begründet werden, sondern muss als persönlicher Glaube diskursiv behauptet werden. Ohne diese Behauptung wird auch die Ernsthaftigkeit der

mathematischen Kulturangelegenheit fragwürdig. Statt einem Gottesbegriff huldigt Weyl einer idealistischen Auffassung vom Subjekt, das in seiner Offenheit Sinn sucht und stiftet und so Garant für die kulturelle Relevanz der Naturwissenschaften ist. Systematisch sind Weyls Schriften deshalb, weil sie die Kontingenz betonen, um dem forschenden Subjekt eine Sonderstellung einzuräumen.

Erkenntnistheoretisch wird damit dem Subjekt eine Position zugewiesen, die verträglich ist mit einer schöpferischen Auffassung von der Mathematik. Diese ist empfänglich für Anregungen, für Fragen und Probleme, welche die Wissenschaft von aussen erreichen. Die Qualität der schöpferischen Mathematik besteht in der Gestaltung und Darstellung von Problemen und nicht in deren Lösung.

### **Stilfragen**

*Hier beisst sich der Hund in den Schwanz, und das ist vielleicht für uns eine deutliche Mahnung aufzuhören. (Hermann Weyl)*

Weyls Mathematik wird als olympisch und dramatisch beschrieben.<sup>297</sup> Eine detaillierte Analyse seines mathematischen Denkens würde den Rahmen dieser Untersuchung sprengen. Voraussetzung dafür wäre eine vergleichende Mathematikgeschichte, die die besondere „schöpferische“ Qualität Weyls mathematischer Praxis vor dem Hintergrund der mathematischen Arbeiten anderer darstellt. Die philosophischen Schriften Weyls gestatten jedoch eine Analyse der Vorstellung

---

<sup>297</sup> Raoul Bott erwähnt, dass Weyls Mathematik abweiche von seiner „grosszügigen, warmen, ermutigenden und freundlichen“ Umgangsweise, die in keiner Weise „überheblich sei“. In mathematischen Schriften sowie in Vorträgen und offiziellen Situationen werde hingegen Weyls „olympian quality“ deutlich; Bott, Raoul „On induced representations“. In: Wells (ed.), S. 4 : „On these occasions he could not - and would not - hide his poetic nature, his immense cultural overview and his gift for words. Some people found this offputting. A

Weyls von Kunst vor dem Hintergrund der eigenwilligen diskursiven Darstellungsform, die stets in dem Aufweis der Aporie mündet.<sup>298</sup> Weyls Texte „weisen“ Wege zu den Grenzen exakten und begrifflichen Wissens, zugleich stellen seine Aussagen exakt wissenschaftliche Wege dar. Der Gang in die Aporie kann deshalb als das stilistische Prinzip gelten, das Weyl die Organisation von wissenschaftlichen Methoden und Fakten gestattet. Sie werden allerdings durch die Erkenntnisgrenzen relativiert. Die physikalische Einsicht in die Existenz absoluter physikalischer Konstanten wie der Lichtgeschwindigkeit kann deshalb nicht absolut gesetzt werden. Das bedeutet nicht, dass die Konstanten innerhalb der physikalischen Theorie kontingent sind; sie werden jedoch im Rahmen der systematisch eingesetzten Aporien relativierbar.

Der Duktus der philosophischen Schriften Weyls erfordert eine „konstruktive“ Lektüre, und zwar den aktiven Gebrauch der Konstruktionsprinzipien, mit denen das Weltbild der exakten Wissenschaften gebaut wird. Zugleich teilt Weyl Schwächen des Bauverfahrens mit. Das naturwissenschaftliche Weltbild ist nicht identisch mit einem „tatsächlichen“ logischen Aufbau der Welt. Der Leser wird mit einer kargen und bildarmen Argumentationsweise konfrontiert und erkenntnistheoretisch so verunsichert, dass er zwischen tätigem Nachvollzug der mathematischen Konstruktion und der grundsätzlichen Skepsis gegenüber ihrem „Sinngesamt“ schwankt. Weyl empfand die Niederschrift der Philosophie als qualvoll und teilt 1925 mit: „Es ist direkt eine Tortur, gezwungen zu sein, sich in diesen Dingen schriftlich festzulegen, und ich werde heilfroh sein, wenn ich die

---

few weeks ago I met a physicist at Cern who told me that he had to put down *Classical groups* because he felt himself enveloped by a Wagnerian drama”.

<sup>298</sup> Die Philosophie schliesst mit dem Nachweis der Fragen, die mathematisch - und auch philosophisch - nicht beantwortet werden können, die Vorlesungsreihe *Open world* endet mit einem Verweis auf die „Unbegreiflichkeit“ Gottes, sein Beitrag für das *Eranos-Jahrbuch* (1949) schliesst mit der Aufforderung zum wechselseitigen Bemühen um Durchdringung eines letztlich nicht Fassbaren und die Vorlesungsreihe *Symmetrie* endet zirkulär.

Sache vom Halse los bin. Ich habe es jetzt mal wieder gespürt, wieviel bequemer es ist, eine rein mathematische Arbeit zu schreiben”.<sup>299</sup> Er verfasste den besagten Text im Sommer 1925 und sandte das Manuskript im Januar 1926 an den Verleger Oldenbourg.<sup>300</sup> Zur Vorbereitung hielt er Kolloquien zur Philosophiegeschichte, in denen er vermutlich die besondere Stellung von Leibnizens herausarbeitete. In die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft werden Passagen aus früheren Aufsätzen, so z.B. frühe Überlegungen zum Kausalitätsgedanken, eingegliedert. Abschnitte aus der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft werden in späteren Aufsätzen und Vorträgen verwendet. Das Buch kann als Knotenpunkt betrachtet werden, in dem frühere und spätere Veröffentlichungen Weyls zusammengeführt werden. Der Textkörper ist in Bewegung. Weyl reagiert im Januar 1926 mit einem verzögerten Abschluss des Manuskripts auf jüngste Forschungen zur Quantenmechanik und der Text wird für die englische Übersetzung überarbeitet und mit umfangreichen Anhängen versehen. Weyl verzichtet 1947, d.h. zweiundzwanzig Jahre nach der ersten Niederschrift, auf eine grundsätzliche Neufassung: „Aus mehr als einem Grund schied die Möglichkeit, das Buch in englisch neu zu schreiben aus, denn wie konnte ich hoffen, diese Hingabe und den Geist jener Zeit in meinem Leben, als ich es zum ersten Male schrieb, noch einmal einzufangen - um nach unerlässlichen Vorarbeiten das Manuskript in ein paar Wochen hinzuhauen”. Die Veröffentlichung ist zwar relativ zum Geist der Epoche zu lesen, aber gleichwohl gegenüber zahlreichen wissenschaftlichen und politischen Veränderungen immun. Die erkenntnistheoretischen Einsichten bezüglich des

---

<sup>299</sup> Dokument W 91, 594a im Nachlass von Hermann Weyl im Archiv der ETH Zürich. Zitiert nach: Frei, Günter und Stammbach, Urs, S. 72.

<sup>300</sup> Der Oldenbourg-Verlag nennt in der Neuauflage das Jahr 1928 als Erscheinungsdatum des Textes im Rahmen des Handbuchs der Philosophie. Aus den Briefen des Verlegers R. Oldenbourg an H.Weyl, zum Beispiel am 23. Februar 1926 (Archiv der ETH Zürich HS 91: 696) geht hervor, dass Weyls Beitrag in zwei Lieferungen Anfang Mai und Anfang Juni 1926 veröffentlicht werden sollte. Dankeschreiben für erhaltene Exemplare des Beitrags von Moritz Schlick am 17. Juli 1926 (HS 91: 728) und Oskar Becker am 16. August 1926 (HS 91: 475) an Weyl bezeugen, dass dies auch geschehen ist.

Existenzstatus mathematischer Urteile und die Grenzen des naturwissenschaftlichen Erkennens werden nach Einsicht Weyls auch nach dem zweiten Weltkrieg nicht revidiert. Vergessen scheinen jedoch die Qualen, die ihm die erste Niederschrift des Manuskripts bereitete.

Der Aufbau der Kapitel ist kohärent und systematisch. Die Grundlagen logischen Kombinierens werden zuerst referiert, dann die Grundsätze der Mathematik, gefolgt von der Geometrie. Der zweite Teil erörtert zunächst die Begriffe Raum und Zeit, dann Fragen der Methodik, Begrifflichkeit und schliesslich diskutiert Weyl den Wandel der Begriffe Substanz und Kausalität.

Kleingedruckt sind historische Exkurse, die ein Drittel des Textes einnehmen.<sup>301</sup> Sie durchwirken den Haupttext und gestatten Vergleiche zwischen Philosophemen der Vergangenheit und erkenntnistheoretischen Fragen der mathematischen Naturwissenschaft.

Seine Sätze sind kurz und die Verzerrungen durch Übersetzungen sind zu bedenken: Aus dem Deutschen ins Englische<sup>302</sup> für die Ausgabe in Princeton 1947 und die Rückübersetzung bzw. Erstübersetzung der Anhänge in das Deutsche für die Münchener Ausgabe. Sein Interesse ist es, nicht Begriffe zu prägen. Versuche, formale Argumentationen und Anschauung aneinander nähern, finden sich selten. Man stolpert über: „In die Vergangenheit kann ich nicht schiessen“ oder Formulierungen wie „Residuen der Ich-Vernichtung“.<sup>303</sup>

Die Wortwahl ist harsch, aber genau und oft angereichert durch hintergründige Bezüge. Die „Residuum der Ich-Vernichtung“ ist beispielsweise ein impliziter und dennoch scharfer Streich gegen

---

<sup>301</sup> Briefwechsel Oldenbourg-Weyl.

<sup>302</sup> Hermann Weyl erwähnt an verschiedenen Stellen sein Unbehagen, sich Englisch ausdrücken zu müssen: „The gods have imposed upon my writing the yoke of a foreign tongue, that was not sung at my cradle“ (Classical groups, 1938: Forword).

<sup>303</sup> WPhil, S. 101.

Husserls Argumentation, dass im „absoluten Bewusstsein“ kein „Residuum der Weltvernichtung“ angenommen werden muss.<sup>304</sup> Wenn Weyl Bilder benutzt, um Theorien zu veranschaulichen, dann nehmen seine Metaphern Bezug auf seine norddeutsche Herkunft. Sie sind unverkennbar maritim geprägt. Das elektrische Feld folgt dem Schiff der Materie und nicht der Gravitation als Kielwasser,<sup>305</sup> Poincarés Worte gleichen Möwen,<sup>306</sup> man kann zwischen der Erkenntnistheorie auf dem Land und der offenen See unterscheiden.<sup>307</sup> Die Vorliebe für maritime Metaphern ist durch Weyls Herkunft erklärbar, stellt aber auch einen systematischen Kunstgriff dar, der gestattet, die starre an Baustoffen orientierte Metaphorik des Konstruktivismus zu verflüssigen.<sup>308</sup> Zugleich kann er so vitalistische Metaphern, die an die Evolution erinnern und auch mechanistische Bilder,<sup>309</sup> die dem industriellen Fortschritt entlehnt sind, vermeiden. Der Fluss ist stetigem Wandel unterworfen und das Wasser zwischen dem festem Element der Erde und den

---

<sup>304</sup> Husserl: Ideen, § 49.

<sup>305</sup> Weyl, Hermann: „Geometrie und Physik“ (EA 1930). In: GA III, S.345.

<sup>306</sup> Weyl, Hermann: „Henri Poincaré-Nachruf“ (EA 1912). In: GA I, S. 390: „Die Lektüre seiner Abhandlungen und Bücher gewährt aber nicht nur durch die Mannigfaltigkeit und Tragweite der in ihnen enthaltenden Gedanken und Anschauungen einen erlesenen Genuss - auch die Form der Darstellung, der Stil ist von bestrickendem Reiz. Wenngleich seine Worte das Beste und Tiefste aus einer Sache herausholen, schleppen sie dennoch niemals schwer und ächzend unter der Last ihres Inhalts dahin wie ein Fischernetz, das durch tiefes Wasser gezogen wird, nein: anmutig, leicht, frei, schwebend - wie eine Möwe haschen sie im Flug ihre Beute; und um sie meerleuchtet der Sprühregen der Phantasie“.

<sup>307</sup> Weyl, Hermann: „Wissenschaft als symbolische Konstruktion des Menschen“, S. 299: „Sie haben dieselbe Entschuldigung wie der Landmensch, der zum erstenmal das offene Meer befährt: er wird sich an den Anblick der entschwindenden Küste klammern, solange keine neue Küste in Sicht ist, welcher er zusteuert. Ich werde jetzt die Reise beschreiben, auf welcher die alte Küste längst unter dem Horizont entschwunden ist“.

<sup>308</sup> Die maritime Metaphorik ist nicht zu übersehen. Eine Interpretation im Sinne der Geophilosophie von Deleuze und Guattari müsste folgendes berücksichtigen (Deleuze, Gilles/ Guattari, Felix: Was ist Philosophie? Frankfurt/M. 1996 (EA Paris 1991), S. 97ff): Hilbert, Brouwer und Weyl ist die maritime Herkunft gemeinsam. Im Unterschied zu Brouwer und Hilbert verließ Weyl sein Herkunftsland Deutschland und lebte als Migrant in der Schweiz und in den Vereinigten Staaten.

<sup>309</sup> Zur Kritik an der mechanistischen Metaphorik siehe Cassirer, Ernst: Das Erkenntnisproblem, S. 122: Poincaré kritisiert Maxwells System als seltsam und abstossend, weil man bei der Lektüre glaube, „... die Beschreibung einer Fabrik mit ihren Zahnrädern, ihren Treibstangen, die die Bewegung weiterleiten und sich unter der Anstrengung biegen, mit ihren Regulatoren und ihren Riemen zu lesen“.

unsichtbaren Elementen der Luft sichtbar, aber nicht fassbar. Der Textkörper ist ebenso in Bewegung, in ihn fließen Passagen früherer Vorträge und Aufsätze ein, die in weitere Veröffentlichungen münden. In den Schriften Weyls ist die Krise des Positivismus präsent. Die Grundlagenkrise, die Krisis Husserls und die Quantenmechanik fallen in seine wohl wichtigsten und produktivsten Jahre von 1913-30. Die Sprache ist expressiv und evokiert eine katastrophale Situation. Theorien erleiden „Schiffbruch“,<sup>310</sup> von der „Vieldeutigkeit der Wahrheit“<sup>311</sup> ist die Rede, und für Weyl ist es denkbar, dass „jeder Ansatz von Einstimmigkeit im Bildverlauf der Wahrnehmungen unrettbar ‚explodierte‘“.<sup>312</sup>

Der späte Weyl bittet seine Leser, vom bombastischen Stil der „Grundlagenkrise“ abzusehen, gesteht aber auch ein, dass er mit den Spannungen dieser Epoche nie „ins Reine gekommen“ sei, denn die Spannung zwischen Konstruktion und lebendiger Anschauung ist konstitutiv für sein Verhältnis zur Philosophie. Er strebt nicht Vermittlung an, sondern erhofft sich Anregungen jenseits seiner mathematische Praxis. Die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft ist deshalb kein zwischen Disziplinen vermittelndes Organ, sondern ein Logbuch der Auseinandersetzung, das den Lesern übergeben wird. Die maritime Metaphorik ist damit vereinbar. Zwischen den Versuchen, Grundlagen zu schaffen, breiten sich wasserreiche Kluften aus, auf denen Theorien transportiert werden können. Die Präpositionen, mit denen Weyl das Verhältnis zwischen den exakten Wissenschaften und der Philosophie benennt, erlauben es nicht, eine hierarchische Ordnung festzustellen. Um „über“ wichtige philosophische Ergebnisse zu berichten, muss man von der „Oberfläche in die Tiefe“.<sup>313</sup> Die Erkenntnistheorie ist nicht eine untergeordnete Methode der exakten Wissenschaften, noch ist die Philosophie in der Lage, diese jenseits dieser Grenzen zu führen.

---

<sup>310</sup> WPhil, S. 214.

<sup>311</sup> A.a.O., S. 194.

<sup>312</sup> A.a.O., S. 156.

Das Verhältnis ist durch wechselseitige Beeinflussung geprägt. Beeinflussung umfasst Anregung und Infragestellung, aber nicht Vereinnahmung und Unterordnung. Nicht vermittelbare Differenzen bestehen zwischen den Disziplinen, die das Wechselverhältnis aktivieren. Die Philosophie stellt Fragen und treibt den Mathematiker zum schöpferischen Umgang mit Problemen.<sup>314</sup> Die Philosophie stellt den Positivismus in Frage und fordert den Vergleich des Formalismus mit möglichen Referenzen, sei dies die lebendige Anschauung oder eine metaphysische Instanz. Die Übersetzung der mathematischen Idiome in philosophische und umgekehrt ist eine von der Kultur gestellte Aufgabe; die eigentliche Liebe Weyls gehört jedoch der Mathematik als schöpferischer Tätigkeit. In einer Ansprache im Herbst 1930 betont er die Verwandtschaft zwischen Kunst und Mathematik.<sup>315</sup>

„Ich bin nicht so gut dafür geschaffen, den Einzelnen an konkreten Problemen mit sicherer Hand in die wissenschaftliche Arbeit einzuführen. Meine eigenen mathematischen Arbeiten waren immer ganz unsystematisch, ohne Methode und Konsequenz. Fast liegt mir mehr an Ausdruck und Gestaltung als an der Erkenntnis selbst. Aber ich glaube auch, dass die Mathematik selber, im Vergleich etwa zu den experimentellen Disziplinen, einen Zug in sich trägt, der sich der frei schaffenden Kunst nähert und dass darum die moderne wissenschaftliche Betriebsamkeit, in der die naturwissenschaftlichen Institute gedeihen, ihr nicht so zum Heile gereicht. Das Verhältnis zwischen Lehrer und Schüler wird in der Mathematik daher immer zarter und lockerer bleiben müssen; wie wir denn ja auf dem Gebiete der Kunst überhaupt dem schaffenden Künstler nicht die Anleitung von Schülern zum eigenen Schaffen zumuten“.

---

<sup>313</sup> WPhil, S. 5.

<sup>314</sup> Weyl, Hermann: „Felix Klein“, S. 294: „Das Geheimnis genialer Produktivität wird es jedoch ewig bleiben, neue Fragestellungen zu finden, neue Theoreme zu ahnen, die wertvolle Resultate und Zusammenhänge erschliessen“.

<sup>315</sup> Weyl, Hermann: „Rückblick auf Zürich aus dem Jahr 1930“. In: Schweizerische Hochschulzeitung 28, S. 180-189 (1955). ND in: GA IV.

Der Mathematik gilt Weyls eigentliche Liebe. Sie wird in der Philosophie der Mathematik nicht vermittelt. Dort beschreibt er die Methoden dieser Tätigkeit und ihre Grenzen und empfindet diese Darstellung als Qual:

„Zum Schluss muss ich noch einmal hervorheben, dass ich nicht eine Geschichte der philosophischen Gedankenarbeit innerhalb der Naturwissenschaft schreiben wollte ... Mir mangelt es dazu an Zeit und Liebe, die vor allem der mathematischen Forschung gehören“.<sup>316</sup>

In den Vorlesungen über Symmetrie<sup>317</sup> diskutiert Weyl Werke der bildenden Kunst. Im Unterschied zur Philosophie ist eine deutliche Diskrepanz zwischen aktuellen mathematischen Überlegungen und den Bildbeispielen zu bemerken. Vergleicht Weyl in seinen philosophischen Schriften aktuelle Publikation Husserls mit der Relativitätstheorie, so bleibt er in der Symmetrie Jahrhunderte zurück und diskutiert ägyptisches und chinesisches Kunsthandwerk, die sixtinische Kapelle und nicht Mondrian.<sup>318</sup> Seine Vorlesungen über Symmetrien sollen Korrespondenzen zwischen der Mathematik und künstlerischem Wirken veranschaulichen und streben nicht eine Interpretation zeitgenössischer Werke an: „Symmetrie ist ein vielumfassender Gegenstand, bedeutungsvoll in der Kunst und in der Natur. Ihre Wurzeln liegen in der Mathematik, und man könnte kaum ein besseres Beispiel finden, um daran das Wesen des mathematischen Geistes vor Augen zu führen. Ich hoffe, ich habe nicht ganz darin versagt, Sie einen Einblick in die mannigfaltigen Verzweigungen dieses vielseitigen Gegenstandes tun zu lassen, und Sie die Stufenleiter von anschaulichen Vorstellungen zu abstrakten Ideen hinaufzuführen“.<sup>319</sup>

---

<sup>316</sup> WPhil, 273.

<sup>317</sup> Weyl hielt im Herbst 1937 in Wien einen Vortrag über Symmetrie und dann 1951 Vorträge unter diesem Titel im Rahmen der Louis Clark Vanuxem Lectures. Diese Vorträge liegen publiziert vor als: Weyl, Hermann: Symmetrie. Basel 1955. (EA Princeton 1951).

<sup>318</sup> Cacciari weist auf die Mondrians Kenntnis von Brouwers Philosophie hin.

<sup>319</sup> Symmetrie, S. 143.

Weyl zeigt an Beispielen früher ägyptischer Kunst, dass symmetrische Gebilde erzeugt werden können, ohne dass man über die mathematische Kenntnis zur Beschreibung dieser Operationen verfügte: „Denn immerhin hatten die Ägypter die Kunst der Ornamentik zu hoher Vollkommenheit entfaltet, viertausend Jahre ehe die Mathematik im Begriff der Gruppe das geeignete mathematische Instrument für die Behandlung der Ornamente und die Ableitung ihrer möglichen Symmetrieklassen entdeckten“.<sup>320</sup>

„Das begriffliche Werkzeug für eine vollständige abstrakte Formulierung des zugrunde liegenden Problems, nämlich die mathematische Idee der Transformationsgruppe, steht allerdings erst seit dem neunzehnten Jahrhundert zur Verfügung; und nur auf dieser Basis kann man beweisen, dass die 17 schon den ägyptischen Kunsthandwerkern implizit bekannten Symmetrien alle Möglichkeiten erschöpfen. Seltsamerweise wurde der Beweis erst 1924 von Georg Pólya durchgeführt, der gegenwärtig an der Stanford University tätig ist“.<sup>321</sup>

Es ist also eine implizite Kenntnis der Symmetrie ohne Kenntnis der mathematischen Ideen möglich, d.h. eine symmetrische Praxis. Dies lässt sich auch von der Natur sagen: Handeln die Bienen beim Bau ihrer Waben auf Befehl des göttlichen Mathematikers, wie man im siebzehnten Jahrhundert annahm? Anlass der Vermutung ist das anscheinend symmetrische Muster der Bienenwaben. Weyl referiert den Streit an der französischen Akademie, bei dem die Frage beantwortet werden sollte, wie die Bienen regelmässige hexagonale Prismen herstellen können, ohne über die Methoden eines Leibniz oder Newton zu verfügen. Aber er lässt sich nicht wie die damaligen Disputanten zu einem Lob über die mathematische Struktur der Welt hinreissen, sondern verweist auf den grundlegenden Fehler des Schweizer Mathematikers Samuel Koenig, der zu der Debatte Anlass gab: „In Wirklichkeit sind die

---

<sup>320</sup> Symmetrie, S. 57.

Zahlen nicht so regelmässig wie König annahm; es wäre schwierig die Winkel auch nur bis auf einige Grade zu messen“.<sup>322</sup>

Einerseits ist Weyl „geneigt“, mit Platon anzunehmen, dass die mathematische Idee der gemeinsame Ursprung der künstlerischen und der natürlichen Symmetrie ist: die mathematischen Gesetze, welche die Natur beherrschen sind der Ursprung der Symmetrie in der Natur; ihr Ursprung in der Kunst ist die intuitive Erfassung der Idee im Geist des schöpferischen Künstlers; dabei bin ich bereit zuzugeben, dass in der Kunst die Tatsache der bilateralen Symmetrie des menschlichen Körpers in seiner äusseren Erscheinung als weiterer Antrieb gewirkt hat“, andererseits verweist er auf die Asymmetrie im Inneren des Körpers. Die „allgemeine Anlage der Natur besitzt die Links-Rechts-Symmetrie. Man wird jedoch nicht erwarten, dass irgendein spezielles Naturobjekt sie im vollendetem Masse aufweist ...“. Auch wenn die Vorlesungen die Idee der mathematischen Symmetrie in Natur und Kunst entwickeln, fallen nur wenige Namen bekannter Künstler,<sup>323</sup> der überwiegende Teil der abgedruckten Bildbeispiele stammt aus Musterbüchern und zeigt Arbeiten anonymer Kunsthandwerker (Als „Monumentalwerk zu dem Gegenstand sieht er Owen Jones’ Grammar of ornaments an). Die Symmetrie ist eine Technik der angewandten Kunst, des Handwerks und das heisst definierter Auftragsarbeit, bei der die Schwankung zwischen Norm und Freiheit in definierten Grenzen bleiben muss. Der individuelle Künstler, dessen Suche zwischen gestalterischer Entwicklung und bestehenden Beziehungen zwischen Form und Inhalt die Originalität seiner Arbeit auszeichnet, spielt in Weyls Symmetrie keine Rolle.<sup>324</sup>

---

<sup>321</sup> Symmetrie, S. 107.

<sup>322</sup> Symmetrie, S. 96.

<sup>323</sup> Weyl erwähnt Polyklet, Michelangelo, Goethe, Thomas Mann.

<sup>324</sup> Weyl, der die Vorlesungen kurz vor seiner Emeritierung hält, begibt sich nicht auf das Terrain der Spekulation über ästhetische Handlungsformen, die den Künstler zwischen Freiheit und Bestimmtheit verorten, wie zum Beispiel Claude Levi Strauss oder Roman Jakobson, die auf die Bedeutung der mathematisch fundierten Informationstheorie für die Ästhetik hinweisen und das Verhältnis zwischen Kunst und dem Befolgen bekannter Regeln beschreiben. Levi-Strauss unterscheidet den Bastler vom Wissenschaftler bzw. wissenden Ingenieur.

## Existenzphilosophische Aspekte

Weyl diskutiert die Unterschiede zwischen klassischer Physik und der Quantenmechanik im Jahre 1947 im „Anhang C“ der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft<sup>325</sup> und kommt dabei auf Heideggers Sein und Zeit zu sprechen. Er fragt, ob eine Wende „weg von einem ‚idealistischen‘ hin zu einem ‚existentiellen‘ Standpunkt in der Mathematik und Physik stattfindet. Er vergleicht einen physikalischen Prozess, der nicht von Beobachtungen gestört wird, mit einem Zeichenspiel und unterstreicht den Unterschied zwischen störungsfreiem physikalischen Prozess und dem konkret durchzuführenden Experiment (das von Messungen und Beobachtungen gestört wird). Das letztere kann anschaulich beschrieben werden. Man kann eine anschauliche mathematische Beweisführung formalisieren und man kann eine Messung als physikalischen Prozess deuten und formalisieren. Will man von einem solchen physikalischen Prozess eine konkrete Aussage erfahren, so wird dieser Prozess unterbrochen und verändert seinen Verlauf. Wenn Weyl von „konkreter Aussage“ spricht, weist er auf den Faktor „natürliche Sprache“ hin. Er hält es für denkbar, dass die natürliche Sprache im Wechselspiel zwischen formaler Auffassung und konkretem Experiment eine konstitutive Rolle spielt, und er kann sich nicht festlegen, welche Natur diese Sprache hat:

„... ist es die der klassischen Physik, wie Niels Bohr zu denken scheint, oder ist es die ‚natürliche Sprache‘, in welcher jedermann im Verhalten des täglichen Lebens der Welt, seinen Mitmenschen

---

Wissenschaftler und Ingenieure interpretieren gemäss ihres intellektuellen Horizonts Zeichen als Hinweise auf verborgene Strukturen. Eben diese verborgenen Strukturen gilt es zu finden und zu bestimmen, um die Welt zu beherrschen. Das bastelnde mythische Denken nimmt Zeichen und Gegebenheiten und fügt zufällig zusammen, so wie es den Erfordernissen der Situation entspricht. Die wissenschaftliche Suche nach Strukturen, die einen Zusammenhang determinieren, steht dem Spiel mit dem Zufall gegenüber. Die Mittelstellung zwischen Wissenschaft und Bastelei nimmt der Künstler ein. Er hat zwar ein determiniertes Modell vor Augen, doch wirkt bei der Realisierung des Modells der Zufall mit.

<sup>325</sup> WPhil, S. 338.

und sich selbst begegnet".<sup>326</sup> Den konkrete Umgang mit Symbolen, der Hilbert als ausserlogische Grundlage der Mathematik gedient hat, sieht Weyl als Hinweis auf die konstitutive Bedeutung der ‚natürlichen Sprache‘ in der Beziehung zwischen Wirklichkeit und Beobachtung.

Die Sprache ist wie die Messung (im atomaren Bereich) ein wesentlicher Faktor. Weder vermittelt sie neutral noch ist sie eine zu vernachlässigende Störung. Eine erkenntnistheoretische Beurteilung des „Quantenrätsels“ muss die Rolle der Sprache in Betracht ziehen, ohne ihre Funktion berechnen zu können. Weyl sieht die Quantenmechanik analog zum Grundlagenstreit. Der Grundlagenstreit führt zu einer dualen Auffassung von Formalismus und Intuitionismus, d.h. eben nicht zu einer einheitlichen Auffassung oder einem die Widersprüche vereinigenden und grundlegendem Verständnis der exakten Wissenschaften. Auch in der Quantenmechanik arbeitet Weyl eine Dualität zwischen anschaulicher und formaler Auffassung heraus und zeigt, dass sie sich wechselseitig bedingen. Der Grund dieser Bedingtheit kann in der Sprache liegen, und damit in der ungeklärten Rolle der Vermittlung. Ihre Funktion kann nicht konstruktiv beschrieben werden. Es ist nicht einsichtig, wie sich die Sprache zum konstruktiven Medium verhält. Die Quantenmechanik verlangt, dass man die Wirksamkeit der Alltagssprache bei der Beurteilung des Verhältnisses von wissenschaftlicher Konstruktion und Wirklichkeit berücksichtigt. Man muss dann zwischen widerspruchsfreien und berechenbaren Medien und der Sprache unterscheiden. Die „natürliche Sprache“ vermittelt nicht zwischen Medien und Wirklichkeit, sondern prägt nicht vorhersehbar deren Beziehung. Die Natur dieses Einflusses deutet Weyl nicht als Sinnsetzung oder Ausdruck metaphysischer Bedingungen, sondern als Übergangsproblem von formaler Darstellung eines Prozesses zu seiner konkreten Durchführung. Dies gilt für die Quantenphysik und konnte in der klassischen Physik vernachlässigt werden. Die

---

<sup>326</sup> WPhil, S. 339.

Verunsicherung des wissenschaftlichen Weltbildes durch die Quantenmechanik kann an dieser Stelle nicht weiter untersucht werden. Der von Bachelard konstatierte Bruch hat zumindest die rezeptionsgeschichtliche Konsequenz, dass Autoren wie Weyl und Cassirer aus der Sicht geraten sind und nur geringe Wirkung auf die französische Philosophie der Nachkriegszeit ausüben konnten. Weyls Analogie zwischen Quantenmechanik und Grundlagenstreit ist ein Hinweis auf die „epistemische Veränderung“. Fragen nach den Grenzen der Berechenbarkeit führen zu einem Wechsel fort von der erkenntnistheoretischen Betrachtung der Mathematik, die unabhängig von räumlichen und zeitlichen Bedingungen argumentiert, hin zur Computerwissenschaft.

Dieser Wechsel wird von Alan Turing vollzogen, der zunächst einen rein mathematischen Beweis führt, indem er einen Menschen, der rechnet, als Maschine auffasst, die formal beschreibbar ist. Die Möglichkeit der Gleichsetzung von menschlicher und maschineller Rechentätigkeit ist schon in Weyls und Hilberts Argumenten im Grundlagentreit präsent.<sup>327</sup>

### **Zum Computer**

Turings Argumentation ist zunächst von möglichen Anwendungen frei und eine Frage der reinen Mathematik und des Grundlagentreits, der nach Einstein ein Krieg der „Frösche und Mäuse“<sup>328</sup> war, dem wenig Bedeutung für die Praxis in den anderen Naturwissenschaften beizumessen sei, ungeachtet des mathematischen Anspruchs auf eine führende Rolle in den Wissenschaften. Dies ist ein Anspruch, der sich auf eine raum- und zeitlose Geltung der Mathematik gründet, die von der materiellen Beschaffenheit ihrer Objekte und experimentellen raum-zeitlichen Bedingungen ihrer Operationen absieht. Die Operationen mit

---

<sup>327</sup> Church und Post bestimmen parallel zu Turing Grenzen der Berechenbarkeit. Turing unterscheidet sich dadurch, dass er explizit von Maschinen spricht.

Symbolen sollen unabhängig von Ort und Zeit der Aufzeichnung regelmässig abgearbeitet werden. Das stellt Turings Aufsatz „Über berechenbare Zahlen mit einer Anwendung auf das Entscheidungsproblem“ auf die Probe. Im Brouwerschen Intuitionismus reflektiert der Intellekt die Zeit als etwas von aller Empirie und Erfahrung losgelöstes. Diese „reine“ Spekulation führt Brouwer in der ersten Dekade des zwanzigsten Jahrhunderts zu dem Gedanken der Zwei-Einheitlichkeit und zur Urintuition. Turing geht zwanzig Jahre später anders vor. Er analysiert die empirische Praxis des Rechnens und wird vermutlich vom mechanischen Verfahren der Schreibmaschine geleitet. Turing kann zeigen, dass mathematische Handlungen als mechanische aufgefasst werden können. Statt „reiner“, unabhängig von jeder sinnlichen Erfahrung unternommener Spekulation“ leitet ihn mechanische Dispositionen.<sup>329</sup>

Er vergleicht einen Mann, der „gerade“ eine reelle Zahl berechnet, mit einer Maschine. Die Maschine tastet Symbole feldweise ab. „Das ‚abgetastete Symbol‘ ist das einzige, dessen sich die Maschine sozusagen ‚direkt bewusst [In der Übersetzung hervorgehoben] ist“.<sup>330</sup> Dass er bei dem Wort „abtasten“ an das zeilenweise Vorgehen in der Fernsehtechnik dachte, ist zweifelhaft. Er wählt dieses Wort jedoch mit Bedacht. Es bezeichnet den regelgerechten Vorgang, früher zum Beispiel den metrischen Vortrag von Versen.<sup>331</sup> Die Operationen der von ihm definierten

---

<sup>328</sup> Einstein gab der Krise den Namen „Frosch-Mäusekrieg“. Siehe: Mehrtens, S. 296.

<sup>329</sup> Hodges, Andrew: Alan Turing – Engima. Berlin 1989 [London 1983], S. 113: „Er hatte sich angewöhnt, an den Nachmittagen weite Strecken zu laufen, entlang des Flusses zum Beispiel oder sogar bis nach Ely. Später erzählte er, es sei ihm auf einer Wiese bei Grantchester liegend klar geworden, wie Hilberts dritte Frage zu beantworten sei. Es muss im Frühsommer des Jahres 1935 gewesen sein.“ S. 114: „Es gab natürlich schon Maschinen, die mit Symbolen umgingen. Die Schreibmaschine war eine davon. Alan hatte als Kind davon geträumt, Schreibmaschinen zu erfinden; Mrs. Turing besass eine, und er könnte durchaus damit begonnen haben, sich zu fragen, was gemeint war, wenn man eine Schreibmaschine ‚mechanisch‘ nannte“.

<sup>330</sup> Turing, Alan: „Über berechenbare Zahlen mit einer Anwendung auf das Entscheidungsproblem“ (EA 1937). In: Derselbe: Intelligence Service. Berlin 1987, S. 20.

<sup>331</sup> Siehe Oxford English Dictionary. Second edition. Oxford 1989.

Maschine sollen alle zur Berechnung einer Zahl notwendigen Schritte enthalten: „Die Verteidigung dieser Behauptung wird einfacher werden, wenn die Theorie der Maschinen dem Leser vertraut ist“.<sup>332</sup> Im Zuge der durch zweiten Weltkrieg beschleunigten Entwicklung von elektronischen Rechenmaschinen wird die Geschwindigkeit der menschlichen Rechentätigkeit und der maschinellen verglichen. Mit Weyl und Hilbert hat Turing zunächst gemeinsam, dass er physikalische Aspekte vernachlässigt und sich damit konform zu einer Auffassung von Mathematik als raum- und zeitloser Wissenschaft verhält, zugleich aber aus der Empirie abstrahiert und mit der Turing-Maschine konzeptuell erfasst, das ich als „Zwitterwesen“ bezeichnen möchte. Einerseits operiert die Turing-Maschine unabhängig von einem spezifischen Raum-Zeit-Medium und ist eine formale mathematische Beschreibung, andererseits ist sie ein Begriff, der auch die Operationen elektronischer Rechner innerhalb raum-zeitlicher Parameter bezeichnet. Die Turing-Maschine verdeutlicht die Veränderung eines Paradigmas. Nicht mehr die Adequation zwischen menschlichem Intellekt und den Phänomenen ist bedeutsam, sondern die Adequation oder auch Diskrepanz zwischen menschlichem Intellekt und den künstlichen Gehirnen der Maschinen. Elektronische Schaltkreise, schreibt Turing nach dem Ende des zweiten Weltkrieges, seien schneller als menschliche Nerven.<sup>333</sup>

Weyl betrachtet den Computer als ein mathematisches Werkzeug, das die Grenzen der Erkenntnistheorie nicht absolut verändert, sondern relativ zur menschlichen Rechenleistung.<sup>334</sup> In einer Rede zur „Bicentennial Conference“<sup>335</sup> an der Princeton University

---

<sup>332</sup> Turing, A., S. 21.

<sup>333</sup> Turing, A.: „Intelligente Maschinen“ (EA: 1969/Verfasst im Sommer 1948). S. 97.

<sup>334</sup> Die Bedeutung der mathematischen Forschung Weyls für die Computerentwicklung wäre eingedenk des Einflusses Weyls auf Norbert Wiener und Johann von Neumann zu diskutieren.

<sup>335</sup> Chevalley, C./ Weil, A. : „Hermann Weyl“. In: Extrait de L'Enseignement Mathématique, tom III, fasc. 3 (1957). Nachgedruckt in Weyl, Werke IV, S. 659.

(1946) spricht Weyl vom teuflischen Werkzeug des Computers. Es ist eine der wenigen Stellen, an denen er Rechenmaschinen erwähnt. In den Anhängen der englischen Fassung der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft widmet er der Maschine keine nennenswerte Aufmerksamkeit. Das beruht nicht auf mangelnder Kenntnis oder Desinteresse, denn Weyl informierte sich bei Spaziergängen in Princeton regelmässig über den Stand des Baus der Rechenmaschine, der Johann von Neumann oblag.<sup>336</sup>

Die Rede in Princeton steht unter dem Zeichen des Missbrauchs der Mathematik<sup>337</sup> während des gerade beendeten Krieges. Namen nennt Hermann Weyl nicht, doch spricht er die abstrakte Tendenz der Mathematik in ihrer Übermacht gegenüber der konkreten Mathematik an. Mit der abstrakten Tendenz meint er die axiomatische Methode und damit Hilbert, der den Computerbauer Johann von Neumann vom Wert der axiomatischen Methode überzeugte. Doch Hilbert, der Weyl für die Mathematik begeistert hatte, wird damit nicht zum Verursacher des Bösen abgestempelt, der die Entwicklung der „devilish devices as high-speed computing machines“ zu verantworten hat.

Die Denkbewegung ist ein andere. Weyl nennt den Computer zwar teuflisch, aber nicht Hilbert; und den Computer sieht er als Hilfe von Aussen an, die der mathematischen Forschung helfen kann, die Löcher auszuheben, die sie angestochen hat. Der Computer kann als willkommene Hilfe für die Mathematiker angesehen werden, die mit Beweisen hadern und sie deshalb nicht zu Ende führen. Das Bedürfnis nach mechanischen Hilfen wird in Weyls Rede über Felix Klein bemerkbar, der als „soft“er Theoretiker nicht über die

---

<sup>336</sup> Weyl lernte von Neumann als Studenten in Zürich schätzen und bat ihn, Vorlesungen zu halten. 1950 veröffentlichte Weyl einen Beitrag zur Spieltheorie: „Elementary proof of a minimax theorem due to von Neumann“. In: GA IV.

<sup>337</sup> Inwieweit Weyl als Mathematiker kriegsrelevant geforscht hat, wäre unter Berücksichtigung des Manuskripts Hs 91 a: 5 der ETH Zürich zu untersuchen. In dem als vertraulich bezeichneten Text mit dem Titel „Some Mathematical Principles of Blockade Patrol“ analysiert Weyl die mathematische Wahrscheinlichkeit, mit der der Feind den Ablauf von amerikanischen Patrouillen vorhersehen kann.

Werkzeuge verfügte, um Beweise konsequent durchzuführen.<sup>338</sup> Klein steht wie Weyl dem Intuitionismus nahe und so kann man davon ausgehen, dass der Intuitionismus den Computer als Werkzeug benutzen kann, um die intuitive Kraft nicht in logischen Anstrengungen zu verbrauchen. Weyl fordert ein Gleichgewicht zwischen mechanischer Durchführung und der Einsicht in Wahrheiten, die der mathematischen Praxis zugrunde liegen: „What we can do, however, is to put more emphasis on explicit construction. It is not a matter of black and white, but of grades ... to face problems with a minimum of blind calculation, a maximum of seeing thought”.<sup>339</sup> Sicht und Verantwortung für die Substanz betrachtet er als Gegengewicht zum reinen Zeichenspiel, das die Bedeutung der kombinierten Symbole vernachlässige. Diese Bedeutung sei in der Grundlagenkrise gefordert worden und diese Forderung werde nun durch die „praktisch-soziale Seite“ der Mathematik erneut einklagbar, die durch „tödlichen Missbrauch gefährdet sei“. Aus der heutigen Perspektive überrascht, dass Weyl keinen Anlass sah, sich mit Turing, Post oder Church auseinanderzusetzen, die in der Folge des Grundlagenstreits den Begriff der berechenbaren Funktion präzisieren, nämlich als einer Operation mit endlichen Schritten. Mit diesem Begriff wird der Grundlagenstreit zwar nicht gelöst, aber die erkenntnistheoretischen Fragen anders akzentuiert. Die Frage lautet für die nachfolgenden Mathematiker nicht, welchen existentiellen

---

<sup>338</sup> Weyl, Hermann: „Felix Klein“, S. 295:“ In jenen Arbeiten, die sich um das Ikosaeder gruppieren, trägt es ihn bis in die sprödeste numerische Ausführung hinein. Wo ein Rest bleibt, der nur durch gesammelte logische Anstrengung, die sich auf das einzelne richtet, bezwungen werden kann, da hält er nicht durch. Die Devise von Gaus: *Nil actum reputans, si quid superesset agendum* (Nichts für getan erachtend, wenn etwas zu tun übrig bleibt), ist nicht auf ihn gemünzt ... In Klein hielt die Kraft des Erfindens und Schauens, die *executive power*, wie es Hardy so treffend bezeichnet, nicht die Waage ... Hardy selbst weist ... auf den Gegensatz hin, indem er die *hard, sharp, narrow* Funktionentheorie von Bohr, Landau und Koebe konfrontiert, die er durch die Epitheta *soft, large, vague* kennzeichnet. Der zugespitzte mathematische Scharfsinn vollends, die Beweistricks, mit denen man die Resultate erzwingt, die offenbar noch nicht reif dafür sind, aus ihren letzten Gründen erhellt zu werden, diese Werkzeuge der Pioniere, welche in die mathematische Wüste vorstossen lagen Klein ganz fern”.

<sup>339</sup> Weyl, Hermann. Unveröffentlichtes Manuskript der Rede zur Bicentennial Conference an der Princeton University 1944. Das Manuskript wurde mir

Sachverhalt mathematische Aussagen besitzen, sondern welche Operationen unendlich sind oder nach endlichen Schritten abbrechen.

Diese Argumentation nimmt die intuitionistische Auffassung, dass mathematische Wahrheiten durch Konstruktionen erlangt werden auf, setzt aber den Vollzug im „menschlichen Bewusstseins“ mit der maschinellen Performance gleich.<sup>340</sup>

## Medienkunde

Cassirer und Weyl teilen die Einsicht, dass die Wirklichkeit im erkenntnistheoretischen Sinne eine Grenzidee ist, der sich die physikalische Beschreibung unendlich nähern kann, ohne sie zu erfassen. Bei seinem Zitat merkt Cassirer an, dass diese Einsicht bereits von Galilei ausgesprochen worden ist. Weyl zitiert jedoch Husserl als Quelle seiner Einsicht. Das ist kein Widerspruch, sondern Beleg der unterschiedlichen Argumentationsweisen. Cassirer verdeutlicht durch geschichtliche Verweise einen systematischen Zusammenhang zwischen Weyl und Galilei, während Weyl (zeitweilig) eine Korrespondenz zwischen Husserls Phänomenologie und der modernen Feldphysik annimmt und damit einen synchronen Bezug herstellt. Bei der Vorbereitung der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft entdeckt Weyl Leibniz und würdigt ihn als "Heroen". Stellvertretend für mögliche philosophiegeschichtliche Forschungen sei an dieser Stelle auf Aron Gurwitsch verwiesen. Aron Gurwitsch setzt sich mit einem Widerspruch auseinander, den Russell 1900 (vor Entdeckung der Antinomien) in seinem Buch über Leibniz feststellt.<sup>341</sup> Nach

---

freundlicherweise von Skúli Sigurdsson zur Verfügung gestellt. Aus dem Archiv der ETH Zürich HS 91a 18.

<sup>340</sup> Cassirer hat sich m.W. nicht zu den Computern geäußert und konnte bis zu seinem Tode 1945 keinen Zugang zu den „ultraschnellen Rechenmaschinen“ erhalten haben. Vermutlich hätte er Weyls Einschätzung des Computers geteilt, und ihn als Werkzeug und nicht als Medium konzipiert.

<sup>341</sup> Nach Russells A critical exposition of the philosophy of Leibniz „bleibt es in der Schwebe ob ‘God’s understanding is a collection of truths, or the knowledge

Gurwitsch habe Cassirer herausgearbeitet, dass Leibniz „Substanz“ als dynamische Einheit denke, als „Sein im Wandel“. <sup>342</sup> Diese dynamische Auffassung von „traditionell“ substantiellen Elemente formuliert Weyl 1924, ohne Leibniz zu erwähnen: „Ein Materieteilchen wie das Elektron ist für die Feldtheorie lediglich ein kleines Gebiet des elektronischen Feldes, in welchem die Feldstärke enorm hohe Werte annimmt, und wo demnach auf kleinstem Raum eine gewaltige Feldstärke konzentriert ist. Dieses Weltbild ruht ganz und gar im Kontinuum; auch die Atome und Elektronen sind keine letzten unveränderlichen, von den angreifenden Naturkräften hin und her geschobenen Elemente, sondern selber stetig ausgebreitet und feinen fließenden Veränderungen unterworfen“. <sup>343</sup> Cassirer weist in der Philosophie der symbolischen Formen auf Übereinstimmungen zwischen Leibniz und der mathematischen Naturwissenschaft hin, den Weyl später „entdeckt“. Doch zeigen schon die unterschiedliche Motivationen und unterschiedlichen Situationen, in denen Weyl und Cassirer Leibniz rezipieren, dass die Lektüren nicht mit der Kategorie der Verursachung und kausalen Einflussnahme erklärt werden können. Hintergrund von Cassirers Leibniz-Studie ist der Nachweis einer Stetigkeit zwischen Kant und Cassirer. Hintergrund von Weyls Lektüre von Leibniz' Schriften ist eine ontologische Verunsicherung über das mathematische Kontinuum. <sup>344</sup> Leibniz' Philosophie ist zwar eine Schnittmenge, doch auf Grund der Unübersichtlichkeit des philosophischen Werks zu labyrinthisch, um einen substantiellen Grund anzugeben, auf dem das Verhältnis

---

of this collection””. Die Gleichsetzung der Menge der Wahrheiten und dem Bewusstsein dieser Wahrheit werde von Russell als problematisch eingeschätzt. Gurwitsch stimmt dieser Einschätzung zu. Legt man jedoch Leibniz' Verständnis der mathematischen Folge zu Grunde, dann könne nach Gurwitsch das Problem gelöst werden. Eine mathematische Folge ist in Gurwitsch' Lesart ein begriffliches Gebilde, das sich selbst realisiert. Im göttlichen Intellekt bestehe dann kein Unterschied mehr zwischen der Sammlung von Wahrheiten und ihrem Bewusstsein. Eine Wahrheit ist in diesem Sinne keine Substanz, sondern ein Gesetz. Siehe: Gurwitsch, S. 307.

<sup>342</sup> Gurwitsch, S. 313.

<sup>343</sup> Weyl, Hermann: S Was ist Materie? – Zwei Aufsätze zur Naturphilosophie. Berlin 1924. 35.

<sup>344</sup> Hingegen teilt er mit, dass er Fichte durch die Vermittlung von Medicus kennenlernt.

von Cassirer und Weyls ruhen könnte. Leibniz Philosophie ist nicht das Niemandsland, auf dem sich Weyls an Differenzen orientierter Zeichenbegriff und Cassirers Symbolbegriff treffen. Trotz seiner Lektüren - Weyl verwendet auch die von Cassirer besorgte Ausgabe der Schriften Leibniz' - bleibt der Mathematiker zeit seines Lebens dabei, dass er mit der „Spannung“ zwischen wahrem Erlebnis und mathematischer Konstruktion nie ins Reine gekommen sei. Weyls Erkenntnistheorie setzt die Differenz zwischen Symbol und Anschauung voraus. Cassirers Historiographie symbolischer Synthesen ist eine Reaktion auf die Spaltung zwischen Hegelscher Philosophie und naturwissenschaftlicher Erkenntnistheorie. Weyl markiert Differenzen, wenn er die Mathematik als „Kulturangelegenheit“ beschreibt. Differenz und Synthese sind koexistierende Argumentationsmuster bei dem Versuch, moderne mathematische Praxis als Kennzeichen der westlichen Kultur zu verstehen.

Cassirer beurteilt die zeitgenössische Erkenntnistheorie vor dem Hintergrund des humboldtschen Sprachbegriffs. Weyl misst seine Forschungsergebnisse an der erkenntnistheoretischen Prämisse, dass Wahrheit Übereinstimmung zwischen Vorstellung und Gegenstand sei. Er sieht sich mit der Aufgabe konfrontiert, die Autonomiebewegung der exakten Wissenschaften vor dem Hintergrund einer in klassischen Sprachen geschulten und an Goethe orientierten Ausgewogenheit zwischen Erkenntnis und Besinnung<sup>345</sup> zu bewerten. Weyl postuliert die Annahme einer metaphysischen Instanz als notwendige Glaubenssache und ist nicht bereit, diese Instanz in Frage zu stellen. Cassirer betrachtet die Forschungen zum Kontinuum unter dem Gesichtspunkt der diachronen Entwicklung. In dieser Hinsicht vollendet Weyl mit der Schrift zum Kontinuum eine historische Entwicklung von der Anschauung zur Prinzipienlehre. Mit Weyl und Einstein habe die

---

<sup>345</sup> Largeault bezeichnet Weyls Gegenüberstellung zwischen „Erkenntnis und Besinnung“ als „très goethéenne“. Siehe: Largeault, a.a.O., S. 136. In Fussnoten

Kultur einen neuen Sprung vollzogen. Weyl reflektiert hingegen die Unvereinbarkeit zwischen philosophischem Wahrheitsanspruch und mathematischer Praxis und hält mitten im Sprung inne. Seine Einlassungen im Grundlagenstreit können nun als Versuch interpretiert werden, den Akt des Sprungs so zu problematisieren, dass er Bedingung und Möglichkeit der mathematischen „Kulturangelegenheit“ wird.

Die Veränderungen des Verhältnisses des Subjekts zur Wirklichkeit fassen beide Erkenntnistheoretiker als fortschreitende Bildungsprozesse. Dieser Prozess wird als zunehmende Befreiung und Verselbständigung begriffen. Cassirer und Weyl analysieren aktuelle naturwissenschaftliche Forschungen: Feldtheorie, quantenmechanische Wechselwirkungen, Wahrscheinlichkeiten. Sie werten das Denken in Funktionen gegenüber dem Denken in Substanzbegriffen auf. Sie bereiten die Idee einer autonomen Zeichensphäre vor. Beide zeichnen sich durch äusserst schnelle und präzise Auffassungsgabe der wissenschaftlichen Diskussionen aus. Weyl spricht in seinem Lebensrückblick von Erschütterungen seiner ursprünglich positivistischen Überzeugung.<sup>346</sup> Er artikuliert eine epistemologische Verunsicherung, die er als individuelles Problem darstellt, aber nicht verallgemeinert. Er verharrt in einer Einstellung, die sich der historischen Relativierung der eigenen Situation enthält. Cassirers Lebensanstrengung gilt dem Versuch, in der Kulturwissenschaft die Kluft zwischen Natur- und Geisteswissenschaft zu überbrücken. Er verlagert die Ursachen der epistemologischen Spannungen geschichtlich soweit in die klassische Physik zurück, dass eine Perpetuierung und Erweiterung der Gedankenwelt Kants und Goethes plausibel erscheinen.

Rückblickend kann das Verhältnis von Cassirer und Weyl als Beispiel für die Problematik des Wechsels einer tradierten kulturellen Form in eine neue aufgefasst werden. Cassirer

---

der Philosophie zitiert Weyl wiederholt Goethe und betont Korrespondenzen zwischen den Aussagen des Haupttextes und Wendungen Goethes.

<sup>346</sup> Erkenntnis und Besinnung, S. 637.

betrachtet die Grundlagenkrise und die Relativitätstheorie als neue symbolische Formen, Weyl thematisiert den Übergang und erörtert den Wechsel von einem semantisch gefassten Wahrheitsbegriff zu einem syntaktischen und artikuliert dies als Krise. Beide diskutieren das Wechselverhältnis zwischen Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft nur beiläufig.<sup>347</sup> Das beruht nicht auf Unkenntnis,<sup>348</sup> sondern dient der Absicht, die exakten Wissenschaften eng mit den Geisteswissenschaften zu führen und bewegt sich im Rahmen der philosophischen Tradition und den Erwartungen der avisierten Rezipienten. Das bedeutet auch, dass der konstruktive Begriff des Kontinuums nur bedingt medienwissenschaftlich erschlossen werden kann. Dennoch ist er Indiz eines diskursiven Geschehens, an dem der Wechsel von formalen und kulturphilosophischen Argumentationsmuster studiert werden kann.<sup>349</sup>

In einem Exkurs möchte ich Argumentationenformen Weyls und Cassirers benennen, die in McLuhans Understanding Media wiederkehren.

Weyl bezeichnet gelegentlich das Kontinuum der exakten Wissenschaften als Verlängerung des menschlichen Geistes.<sup>350</sup>

Ernst Cassirer greift 1930 in dem Aufsatz „Form der Technik“ den

---

<sup>347</sup> Ausgenommen werden muss Cassirer, Ernst: Vom Mythos des Staates. Zürich 1949 (EA Yale 1946).

<sup>348</sup> Cassirer diskutiert den Einfluss des wirtschaftlichen Gebrauchs der Technik auf die Gesellschaft als Herausforderung der Kultur in „Form und Technik“. In „Felix Klein“ deutet Weyl an, dass er sich der Verquickung zwischen Industrie und Forschung in Göttingen bewusst war.

<sup>349</sup> McLuhan denkt kulturelle Formen als Wirkungen technischer Ursachen. McLuhan integriert die Analyse technischer Ursachen und gesellschaftlicher Effekte in die traditionelle Erkenntnistheorie. Sie wird so zur Wissenschaft der Ursachen und Wirkungen technischer Artefakte auf die raum-zeitlichen Ordnungen einer Gesellschaft. „Medien verstehen“, das bedeutet nach McLuhan die Abhängigkeit raum-zeitlichen Wahrnehmungen von den verfügbaren Techniken zu erkennen.

<sup>350</sup> Weyl, Hermann: „On the Unity of Knowledge“, p. 627: „The notorious man-in-the-street with his common sense will undoubtedly feel a little dizzy when he sees what thus becomes of that reality which seems to surround him in such firm, reliable and unquestionable shape in his daily life. But we must point out to him that the constructions of physics are only a natural prolongation of operations his own mind performs (though mainly unconsciously) in perception, when e.g. the solid shape of a body constitutes itself as the common source of its various perspective views“.

Begriff des terminus medius aus Syllogistik auf und charakterisiert in Analogie zum gedanklichen Werkzeug das handwerkliche Gerät als „terminus medius“ zwischen dem Willen und dem Ziel der Willensanstrengung.<sup>351</sup> Cassirer erwähnt ausserdem<sup>352</sup> den Einfluss politischer-religiöser Rahmenbedingungen auf die symbolische Form.

Weyl und Cassirer betonen in ihren jeweiligen Rezeptionen der Relativitätstheorie, dass die Bestimmung von Raum und Zeit nur im Verhältnis zu einem Inertialsystem, d.h. zum Bezugssystem formuliert werden kann. Die Raum- und Zeitvorstellungen der modernen Physik sind für beide Autoren Konstruktionen. Diese Grundannahme impliziert, dass Raum und Zeit nicht absolut gegeben sind, sondern relativ zu Rahmenbedingungen. Cassirer und Weyl versuchen diese Rahmenbedingungen in der Tradition der kantianischen Erkenntnistheorie zu verorten, McLuhan beschäftigt nicht mehr kantianische Anschauungsformen a priori, sondern ein technisches Apriori.

Ein axiomatisches System ist eine Leerform. Der isomorphe Charakter der exakten Wissenschaften beruht auf der Axiomatik. Eine Wissenschaft kann in eine andere übersetzt werden. Die analytische Geometrie Descartes ist eine Übersetzungsanleitung von Gleichungen in geometrische Gebilde, das Erlanger Programm Felix Kleins ist eine Ordnung, welche die Übersetzung unterschiedlicher Geometrien festlegt. Weyl stellt bei der Diskussion der axiomatischen Grundlagen der Naturwissenschaft dar, dass axiomatische Systeme nichts Wesentliches übersetzen. Wesentlich bedeutet in seiner Lesart, dass sie über das Wesen eines Gegenstandes nichts aussagen, wohl aber über die Beziehungen, in denen ein Gegenstand positioniert werden kann.

---

<sup>351</sup> Cassirer, Ernst: „Form der Technik“. In: Ders.: Form, Technik, Sprache. Hamburg 1985.

<sup>352</sup> Cassirer, Ernst: Versuch über den Menschen,

Von Leerformen spricht McLuhan auch, und zwar von Leerform des elektrischen Lichtes. Es ist die Bedingung dafür, dass ein Medium Inhalt eines anderen Mediums werden kann. Ein Medium kann nach McLuhan nur andere Medien als Inhalt haben, was Dinge wirklich sind, kann nicht unabhängig von Medien gedacht und formuliert werden.

Die Welt der modernen Wissenschaft ist nach Weyl „offen“. Offenheit gegenüber dem Kosmos und für das Zusammenspiel von Elementen ist nach McLuhan auch kennzeichnend für das elektrische Zeitalter. Es ist der Aussenwelt und der Wechselbeziehung zwischen Gruppe und Individuum so geöffnet wie die nomadischen Völker vorschriftlicher Zeiten es gegenüber der Welt waren. Die voralphabetischen Nomaden wurden noch nicht durch Buchstabenfolgen zu geschlossenen, fragmentarischen und individuellen Ordnungen gedrängt.

„Medien zu verstehen“, das impliziert nach McLuhan Vergleiche gesellschaftlicher Ordnungen. Das holistische zu Implosionen und zur Beteiligung anregende Vermögen von Radio und Fernsehen kann nur erkannt werden, wenn man sie vor dem Hintergrund der fragmentierenden, zur Spezialisierung treibenden Kraft von Schrift und Kino betrachtet.

Die Konstellation zwischen Cassirer und Weyl charakterisiere ich als hybrid.<sup>353</sup> Sie indiziert einen Konflikt zwischen Wissensordnungen. Indiz dieses Konfliktes ist einmal die Differenz zwischen den Reflexionen, welche die Forschertätigkeit synchron begleiten soll, und dem Versuch auf der anderen Seite, aktuelle Forschungen zur Grundlegung des Kontinuums und zur

---

<sup>353</sup> Hybride Energie lautet der Titel des schon erwähnte 5. Kapitels in Understanding Media. Dort heisst es, das die „betäubende“ Wirkung jeder neuen Medientechnik durch Künstler und „Medienforscher“ entdeckt und genutzt werden kann. Baudelaire, Shaw und Joyce hätten die Differenzen zwischen medial bedingten Kunstformen erkannt und in ihren Werken „hybride Energien“ freigesetzt, indem sie eine ältere Wissensform (Gedicht, Drama, Epos) unter dem Gesichtspunkt der Elektrizität, des Zeitungsjournalismus oder des Kinofilms betrachtet und entsprechend konfiguriert haben.

Quantenmechanik in diachroner synoptischer Perspektive zu erfassen und als Teil einer stetigen Entwicklung zu historisieren. Ein weiteres Indiz ist der Versuch, unter Wahrung des kantianischen Apriori die konstruktive Praxis erkenntnistheoretisch gegenüber operationalen Verfahrenstechniken zu legitimieren, und kennzeichnend für diese hybride Konstellation ist auch die strittige Prämisse, ob die Spaltung zwischen Symbol und Wirklichkeit Brücke zu einer höheren Einheit von Bewusstsein, Zeichenpraxis und Welt sein kann oder zu einer Vertiefung der Kluft zwischen operativ legitimerter Zeichenmanipulation in den exakten Wissenschaften und lebensphilosophischen Ansprüchen führt.

In heutiger Perspektive präfigurieren Cassirer und Weyl Konflikte zwischen epistemischen Ordnungen. Cassirer tendiert dazu, Spaltungen synthetisierend zu überwinden, Weyl tendiert hingegen dazu, Spaltungen als individuelles Schicksal zu erleben. In einem abstrakten Sinne, der von technischen Bedingungen absieht, ist das Wechselverhältnis von Weyl und Cassirer medientheoretisch relevant: Ihre Schriften verdeutlichen die hybride Situation zwischen Wissensordnungen mit unterschiedlichen Legitimationen, einer die Übereinstimmung zwischen Konstruktion und Welterfahrung sucht, aber nicht mehr finden kann und einer, die Permanenz kantianischer Prämissen in der modernen Naturwissenschaft sucht und Einheit stiftet, wo hingegen Weyl Differenz konstatiert. Das Wechselverhältnis von Weyl und Cassirer ist exemplarisch für Differenzen, die beim Wechsel von Wissensordnungen entstehen. Abstrakt möchte ich von Wissensordnungen und nicht von medialen Ordnungen sprechen, da Überlegungen, ob und inwieweit spezifische Aufschreibesysteme, Labortechniken und archivarisches Strategien die Differenzen zwischen Cassirer und Weyl verursacht haben, hier nicht angestellt worden sind. Von der vorliegenden Arbeit kann dies aus einem medientheoretischen Grund nicht erwartet werden.

---

Ihre Texte wären dann „Mittel“ gewesen, die dem einen Zweck, ein technisches Apriori zu bestätigen, geopfert worden wären. Schon eine philologische Konstruktion der Entwicklung des Begriff des Kontinuums in Weyls Schriften zeigt, das die Theorie des Kontinuums unterschiedliche Diskurse berührt und mobilisiert. Philosophische, mathematische und experimentelle Argumente widerstreiten. Medientheoretisch sind Weyls Wechsel zwischen philosophischen und mathematischen Diskursen relevant, wenn man McLuhans Einsicht teilt, dass nur der Wechsel verdeutlichen kann, inwieweit ein neues Medium anders als ein vorheriges das Raum-Zeit-Kontinuum figuriert.

Nun kann man zurecht fragen, inwieweit eine philologische Konstruktion technisch bedingt ist. Doch muss das nicht im Rahmen dieser Untersuchung geklärt werden, die durch einen Vergleich Cassirer und Weyls die Positionen wechselseitig beschreibt und so den Widerstreit zwischen zwei Konzeptionen von symbolischen Mitteln verdeutlicht. Doch von einer Rezeptionsgeschichte dieses Widerstreits kann nicht die Rede sein. Die Erkenntnistheorie Weyls ist nur fragmentarisch rezipiert worden, ihre Wechselbeziehung zu Cassirers überlebt verdeckt in dem Konflikt zwischen nomadischer und axiomatischer Wissenschaft in den Tausend Plateaus.

## Diskursive Bruchstellen

Es wurde gezeigt, dass die Grundlagenkrise und die Relativitätstheorie zu einem konstruktiven Medienbegriff führen. Er ist Indiz eines epistemischen Übergangs, der nach Bachelard als epistemischer Bruch bezeichnet werden kann. Gaston Bachelard reflektiert in den dreissiger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts die epistemologischen Konsequenzen der quantenmechanischen Feststellung, dass Gestalt und Bewegung eines Elementarteilchens nicht zugleich gemessen werden können. In der Quantenmechanik sieht er Zeichen eines „neuen wissenschaftlichen Geistes“, der eine Emanzipation von Descartes' Erkenntnistheorie ermöglicht. Diese Emanzipation begreift er als Bruch zwischen dem modernen wissenschaftlichen Geist und dem „schlichten Geist des Ordners und Klassifizierens“. Letzterem liege die cartesische Auffassung zu Grunde, dass der „gesunde Menschenverstand“ mit dem wissenschaftlichen Geist verträglich sei. Descartes expliziere die Welt aus statischen Substanzen, während der neue wissenschaftliche Geist die Welt kompliziere. Bachelard konstatiert, dass das naturwissenschaftliche Experiment nicht von einer vorgegebenen Wirklichkeit ausgeht, sondern sich von mathematisch formulierten Beziehungen im Gebrauch von Messinstrumenten leiten lässt. Das Phänomen wird zunächst theoretisch konstruiert und vorgestellt und dann im Experiment hergestellt. Das Problem der Anschauung wird konstruktiv gefasst. Die Anschauung ist abhängig von theoretischen Vorentscheidungen und ihrer experimentellen Realisierung. „Tatsächlich lässt sich die Anschauung nicht mehr als etwas Ursprüngliches begreifen; ihr geht eine diskursive Untersuchung voraus, die gleichsam eine fundamentale Dualität verwirklicht. Sämtliche Grundbegriffe lassen sich in gewisser Weise verdoppeln; es können ihnen komplementäre Begriffe zur Seite gestellt werden. Von nun an geht jede Anschauung von einer Wahlentscheidung aus; daraus ergibt

sich eine fundamentale Mehrdeutigkeit an der Basis wissenschaftlicher Beschreibung, und die Unmittelbarkeit der cartesischen Evidenz verflüchtigt sich. Descartes glaubt nicht allein an die Existenz absoluter Elemente in der objektiven Welt, er ist darüber hinaus der Auffassung, diese absoluten Elemente seien in ihrer Totalität und unmittelbar bekannt<sup>354</sup>. In wesentlichen Punkten entspricht Bachelards Einschätzung der epistemologischen Veränderungen und der schöpferischen Aspekte der konstruktiven Wissenschaft den früheren Darstellungen Cassirers und Weyls. Seine Darstellung ist jedoch durch eine emphatische Fortschrittsrhetorik geprägt, die die Entwicklung des „kühlen“ Geistes feiert. Pointiert stellt Bachelard die Bedeutung der experimentellen Technik dar, die Weyl und Cassirer nur peripher ansprechen. Die Technik des Experimentierens ermöglicht künstliche Erfahrungen und Manipulationen, die von der Mathematik geleitet vom Noumenon zum Phänomenon führen. Mit Phänomenon ist nicht etwas in der Welt Vorhandenes gemeint, das auf seine Untersuchung wartet, sondern etwas, das mit Instrumenten künstlich erzeugt wird: „Nun sind Instrumente nichts anderes als materialisierte Theorien. Daraus resultieren Phänomene, die allenthalben die Prägemale der Theorie aufweise“<sup>355</sup>. Die Wissenschaften seien „Phänomenotechniken“<sup>356</sup>.

---

<sup>354</sup> Bachelard, Gaston: *Der neue wissenschaftliche Geist*. Frankfurt 1988 (Paris 1934), S. 141. Bachelard erwähnt in diesem Zusammenhang nicht, dass der Intuitionismus eine Reformulierung des Anschauungsbegriffs versucht hat. Inwieweit er Descartes' Evidenzbegriff gerecht wird, kann hier nicht untersucht werden.

<sup>355</sup> Bachelard, S. 18.

<sup>356</sup> Siehe dazu, a.a.O, S. 167: „Der Physiker nimmt kein Wachs, das direkt aus dem Bienenstock käme, sondern eines, das so rein wie nur möglich, das chemisch wohl definiert und durch eine lange Folge methodischer Manipulation isoliert worden ist. Das ausgewählte Wachs stellt in gewisser Weise ein präzises Moment der Objektivierungsmethode dar. Es hat nichts vom Duft der Blüten zurückbehalten, aus denen es gesammelt worden ist, aber es trägt die Spuren jener Bemühungen, die es gereinigt haben. Das Wachs hat gewissermassen durch die künstliche Erfahrung eine Realisierung erfahren. Ohne die künstliche Erfahrung gäbe es das Wachs gar nicht - jedenfalls nicht in seiner reinen Form, die nicht die natürliche ist. Nachdem der Physiker eine sehr kleine Menge dieses Wachses in einem Tiegel geschmolzen hat, lässt er es mit methodischer Langsamkeit wieder erstarren. Sowohl der Schmelzvorgang als auch das Erstarren erfolgen ohne jede Abruptheit mit Hilfe eines kleinen Elektroofens, dessen Temperatur sich mit jeder gewünschten Genauigkeit durch Veränderung

Cassirer äussert sich zurückhaltend über die epistemologischen Folgen der Quantenmechanik, da die Forschung zu sehr in Bewegung sei, um sie historisch zu beurteilen. Er äussert die Vermutung, dass die „revolutionären Ergebnisse“ Ausdruck einer stetigen Entwicklung seien, die auf den Wandel vom Substanzbegriff zum Funktionsbegriff zurückführbar seien. Weyl und Cassirer scheuen sich davor, die exakten Wissenschaften als Poetologien zu lesen, auch wenn sie schöpferische Aspekte der Mathematik hervorheben. Das wird von Bachelard radikaler gefasst, und in dieser Fassung erscheinen Weyls und Cassirers Anstrengungen um die Kulturangelegenheit der Mathematik als traditionell. Ein weiterer Grund für die unterbrochene Tradierung des konstruktiven Begriffs des Kontinuums ist in der erkenntnistheoretischen Verschiebung zu sehen, die Turing expliziert. Das Objekt der Übereinstimmung des Intellekts wird nun in den Operationen der „ultraschnellen“ Rechenmaschinen gesucht. Das symbolische Tier muss bei dieser Abstimmung Kompetenzen abgeben, und deshalb ist eine Neubestimmung dessen, was als Mittleres zwischen Subjekt und Welt anzunehmen ist, erforderlich.

## FÜNFTES KAPITEL

### Wirkungen

*In die Vergangenheit kann man nicht schiessen.*

*(Hermann Weyl)*

*In die Zukunft auch nicht. (Otto Rössler)*

Das Problem der Vermittlung der dargestellten Erkenntnistheorien stellt sich. Welche medientheoretische Bedeutung hat die bisherige Untersuchung? Wie lässt sich der Anspruch vermitteln, einerseits den historischen Denkbewegungen des Mathematikers und Philosophen gemäss über Medien zu sprechen und andererseits der Gegenwart aktueller Medientechniken gerecht zu werden, die drängende Fragen nach dem Verhältnis zwischen vernetzten Subjekten zur Welt aufwerfen? Mit welchem Recht kann man beurteilen, ob eine philologische Darstellung „bloss“ ist und ohne Bezug zu gegenwärtigen Medientechniken? Die Rezeptionsgeschichte Weyls und Cassirers ist mit Texten verknüpft, die in der gegenwärtigen Medienwissenschaft diskutiert werden, zum Beispiel von Max Bense, Norbert Wiener oder Gilles Deleuze. An ausgewählten Texten möchte ich auf unterschiedliche Lektüren Cassirers und Weyls hinweisen. Mein Anliegen ist es zum einen, die Marginalität Weyls in der philosophischen Rezeptionsgeschichte herauszuarbeiten, die ich als Indiz für seine spezifische Vermittlungstätigkeit zwischen Philosophie, Mathematik und Naturwissenschaft ansehe. Das Merkmal dieser Vermittlungstätigkeit besteht einerseits darin, dass Weyls Denkbewegungen mit den von dem vermittelten Positionen identifiziert zu werden, sowohl mit Brouwers als auch mit Hilberts. Weyls Schriften bilden andererseits eine rudimentäre bibliographische Referenz, die zum Beispiel vermittelt über Oskar Becker (so etwa bei Bense oder Heidegger) oder Lautmann (bei

Deleuze) oder durch persönliche Begegnungen und durch die Arbeitsbedingungen in Princeton am Institute for Advanced Studies, die sich nicht in ausführlichen Zitate niederschlagen, sondern in beiläufigen Bemerkungen.<sup>357</sup>

Diese Spezifik der Rezeption Weyls herauszuarbeiten ist ein Anliegen des Kapitels, dann möchte ich den Versuch unternehmen, Rudimente der Differenz zwischen Cassirers und Weyls Verwendung des Worts „Medium“ in der deutschsprachigen Medienwissenschaft festzustellen.

Cassirers Sprachphilosophie wird von Hermann Wein im Kontext der „medialen Methode“ in der Zeitschrift „Sprache im technischen Zeitalter“ als bahnbrechend bezeichnet,<sup>358</sup> Sybille Krämer nennt „die Zentralperspektive, das Buch, den Kalkül, das Theater als Schaubühne, die Photographie, der Kinematographie, die Television und den Computer“ in Anlehnung an Cassirer „symbolische Formen“,<sup>359</sup> so dass eine direkte Vermittlung Cassirers an die Medienwissenschaft der Neunziger Jahre des

---

<sup>357</sup> Dank des Aufsatzes „Wittgenstein and Finitism“ von Marion Mathieu und des zitierten Aufsatzes „Zu einer bemerkenswerten Differenz zwischen Brouwer und Weyl“ von Ulrich Majer rückt die Rezeption des Intuitionismus und insbesondere Weyls durch Ludwig Wittgenstein in den Blickwinkel der philosophischen Forschung, die an dieser Stelle deshalb nicht erörtert werden muss. Mathieu und Majer unterstreichen Bezüge zwischen Ramsey und Weyl. Siehe Mathieu, Marion: „Wittgenstein and Finitism“. In: Synthese Vol 105 (1995), p. 145: „After returning to Vienna in the late twenties, Wittgenstein was in contact with the intuitionist critique of classical mathematics, through hearing Brouwer in Vienna in 1928 and through discussing papers by Hermann Weyl with Moritz Schlick [Schlick erhielt von Weyl bereits im Sommer 1926 einen Vorabdruck der Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft. Siehe: Brief von Moritz Schlick am 17. Juli 1926 (Archiv der ETH Zürich HS 91: 728)] and Friedrich Waismann in 1929, were on topics related to intuitionism“. Mathieu argumentiert, dass Michael Dummett eine Position Weyls irrtümlich Hilbert zu schreibt (p. 146) und dass Ramsey Weyls „Urteilsansweisungen“ [Siehe Abschnitt „Schatzsuche: Medium des freien Werdens“ im zweiten Kapitel dieser Arbeit] übernommen hat, wenn Ramsey von „rules for judging“ spreche (p. 149). Wittgenstein habe sehr wahrscheinlich mit Ramsey, Turing und Alistair Watson über Weyls Arbeiten in Cambridge diskutiert. Mathieu unterstreicht, dass Wittgenstein in der Übergangsphase von 1929 bis 1933 Weyl missverstanden habe und dass dieses Missverständnis sich in Wittgensteins Philosophischen Bemerkungen und der Philosophischen Grammatik niederschläge.

<sup>358</sup> Wien, Hermann: „Die Sprache in Philosophie und Dichtung - Prolegomena zur Relativitätstheorie der Sprache“. In: Sprache im Technischen Zeitalter 1964/1965.

zwanzigsten Jahrhunderts möglich scheint. Dem steht jedoch Bachelards These vom epistemischen Bruch, ebenso McLuhans Einschätzung entgegen, dass im elektronischen Zeitalter auch die Geschichte der Medien neu zu schreiben sei, weil der Wechsel von mechanisch- fragmentierenden zu elektronisch-holistischen Aufzeichnungssystemen die vertrauten Formen der Erinnerung und damit auch die Geschichtsschreibung insgesamt verändern werde. Besteht die Chance trotz des epistemischen Bruchs, das Medien-Denken Cassirers auf die Fragen der Vernetzung und der Informationsgesellschaft zu übertragen, und wie steht es mit der Insistenz Weyls auf der grundsätzlichen Spaltung zwischen medialen Konstruktionen, Anschauung und der Welt der objektiven Wahrheiten? Für diese Fragen möchte ich keine generelle Antwort suchen, sondern anhand einer Rezeptionsgeschichte singuläre Fragen nach der Medialität darstellen und zeigen, dass mit den Antworten auf singuläre Fragen, neue Fragen entstanden sind. Dabei wird zugleich deutlich, wie sich das Wechselverhältnis zwischen Synthesen und Spaltungen bis in die Philosophie der jüngsten Gegenwart fortsetzt. In der Entwicklung der deutschsprachigen Medientheorie ist ein Wechsel zu bemerken zwischen einem Verständnis von Medien als Übermittler und Brücken zwischen Sender und Empfänger einerseits, das beispielsweise in der Medienkunde für Literaturwissenschaftler von Schanze oder in dem Stichwortartikel „Medium“ von Knilli reflektiert wird, und den Differenzen und Unwahrnehmbarkeiten andererseits, die den Wechsel von medialen Funktionen begleiten, die von Sybille Krämer und Joseph Vogl in thematisiert werden.

Das Jahr 1927 ist das Jahr, in dem Sein und Zeit von Martin Heidegger erscheint, es ist auch das Jahr, in dem mit dem philosophische Handbuch Natur/Geist/Gott Weyls Beitrag zur Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft, der

---

<sup>359</sup> Krämer, Sybille: „Zentralperspektive, Kalkül, Virtuelle Realität“. In: Vattimo, Gianni, Welsch, Wolfgang (Hrsg.): Medien-Welten-Wirklichkeiten. München 1998.

akademischen Öffentlichkeit vorgestellt wird<sup>360</sup> und am Ende dieses Jahres schliesst Ernst Cassirer das Manuskript des dritten Bandes der Philosophie der symbolischen Formen ab. Auf aktuelle mediale Entwicklung z.B. die Radiobewegung, Büromaschinen, Telephon und Film geht keiner der Autoren ein, auch wenn sie, wie Cassirer und Weyl, Medien erkenntnistheoretisch betrachten. Dieser eingegrenzte, d.h. nicht an den technischen Basisapparaten orientierte Betrachtungsmodus bestimmt auch die Argumentation von Fritz Heiders <sup>361</sup>Aufsatz „Ding und Medium“, der 1927 in der Zeitschrift *Symposion* erscheint. Die „philosophische Zeitschrift für Forschung und Aussprache“ erscheint im Weltkreis-Verlag Berlin Schlachtensee. Ihr erstes Heft war vermutlich zugleich ihr letztes. Das Gremium der Herausgeber ist hochkarätig international besetzt: Wilhelm Benary (Berlin), Ernst Cassirer (Hamburg), Hans Driesch (Leipzig), Kurt Lewin (Berlin), P. E. Liljeqvist (Lund), William McDougall (Harvard), José Ortega y Gasset (Madrid), Bertrand Russell (London), Max Scheler (Köln), Hermann Weyl (Zürich).<sup>362</sup> Fritz Heider zitiert nicht aus den Schriften der Herausgeber. Weder vom Medium, in dem die Relativitätstheorie Ereignisse ansiedelt, noch von den symbolischen Formen ist bei Heider die Rede. Er spricht stattdessen von „Boten“ und „vollkommener Vermittlung“. In seiner Darstellung werden

---

<sup>360</sup> Der Beitrag wurde schon 1926 in Form von *Separata* veröffentlicht und wurde auch von Weyl auf dem internationalen Kongress für Philosophie in den USA vorgestellt. In der Literatur wird jedoch 1927, das Erscheinungsjahr des Handbuchs, als massgeblich gesetzt. Angesichts der Forschungsergebnisse der Quantenmechanik in den Jahren 1925 und 1926 bietet eine genaue Situierung der Veröffentlichung des Beitrags Orientierung bei der Situierung möglicher „epistemischer Brüche“.

<sup>361</sup> Fritz Heider (1896-1988) veröffentlichte nach Marijana Benesh-Weiner: „In Memory“. In: Heider, Fritz: The Notebooks – Vol. 6. Units and Coinciding Units. München-Weinheim 1989, „individual articles, The Psychology of Interpersonal Relations“. Der Psychologe Heider habe trotz der geringen Zahl seiner Veröffentlichungen in den USA grossen „Einfluss“ ausgeübt. „Heider's system“ sei eine Alternative zur Gestaltpsychologie, die er durch das Studium der Schriften von Brentano, Meinong und Cassirer entwickelt habe. Ich zitiere Heider im folgenden nach der gekürzten Fassung im Kursbuch Medien.

<sup>362</sup> Driesch hat ebenfalls einen Beitrag für Das Handbuch der Philosophie verfasst. Helene Weyl ist Übersetzerin der Werke Ortega y Gasset, mit dem Weyl auch im Briefwechsel stand. Weyl hat u.a. auch als Vertreter der Schweizer Delegation auf dem 6. Internationalen Kongress für Philosophie and der Harvard University (13.-17. September 1926) gute Kontakte zur

Medien durch das definiert, was sie nicht sind: sie sind keine Dinge, sondern etwas, das zwischen Dingen und der Wahrnehmung liegt. Über das Medium „streichen Wellenvorgänge“, die ein wahrgenommenes Ding an den Wahrnehmungsapparat leiten. Im Unterschied zu Dingen, die bei von aussen einwirkendem Stoss eine einheitliche Bewegung vollziehen, zeigt das Medium, wenn es Wirkungen ausgesetzt ist, eine „falsche“, „einheitlich wirkende“ Bewegung. Das Medium zeigt ein einheitliches Verhalten, bildet aber nicht eigenständig eine Einheit, sondern besteht aus einer lockeren Vielfalt kleiner Einheiten. Einheitlichkeit kommt dem Medium nicht per se zu, wie zum Beispiel einem Ding. Medien geraten hier in den Ruch der nicht Eigenständigen, sie werden negativ – privativ definiert. Das führt zu der Einschätzung, was eine vollkommene Übertragung ist. Sie geschieht unwahrnehmbar und ungestört durch das Medium und ermöglicht das Wellengeschehen zwischen Dingen und menschlichem Wahrnehmungsapparat. Das Kleingeschehen im Medium soll keine Folgen im Grossgeschehen zeitigen. Ein Fazit Heiders lautet deshalb: „Da im Medium nichts anderes [als Kleingeschehen und Wellengeschehen] vorgeht, gibt es in ihm nichts, was für unsere Welt von Wichtigkeit wäre. Ausser etwa irgendwelche Kollektiv geschehen“.<sup>363</sup> Unter Kollektivgeschehen versteht Heider nicht den Aufstand der Massen im Sinne Ortega y Gassetts, sondern das Wirken molekularer Teilchen, denen er wiederum auch nicht die Aufmerksamkeit widmet, die ihnen beispielsweise Weyl in der gruppentheoretischen Darstellung der Quantenphysik zukommen lässt. Heider operiert bevorzugt mit mechanischen Metaphern, wenn er zu bestimmen versucht, „im Ausgang von der erkenntnistheoretischen Frage, wie es unter der Bedingung der Trennung von Subjekt und Objekt überhaupt möglich sei, dass beim Wahrnehmen und beim Erkennen etwas als Mittler für etwas

---

akademischen Philosophie. Seine Nennung im Herausbergremium der Zeitschrift „Symposion“ bestätigt das.

<sup>363</sup> Heider, S. 330.

anderes auftreten“.<sup>364</sup> Andererseits diskutiert Heider das „Wellengeschehen“ und stellt fest, dass dort Geschehensidentität und Dingidentität „zusammenfallen“. Heider thematisiert nicht die Abhängigkeit des Medienbegriffs von erkenntnistheoretischen Prämissen. Die Medien, von denen er spricht, charakterisiert er nicht als konstruktive, sondern als - wenn auch selten wahrnehmbare - Entitäten, die weder Ding noch Relation sind. Doch führt der Aufsatz trotz seiner sprachlichen Unbeholfenheit<sup>365</sup> paradigmatisch ein zentrales Problem der Medienwissenschaft vor, dass Medien relational und nicht substantiell zu fassen sind. „medius“ bezeichnet eine Position dazwischen, die nicht durch dingliche Attribute adäquat erfasst werden können. Misst man das Mittlere an den Extremen, führt das zur tautologischen Feststellung, dass das Mittlere eben in der Mitte ist oder das es eben nicht in vollem Masse die Eigenschaften besitzt, die dem Extremen zukommen. Bei Heider besitzt das Ding eine eigene Einheitlichkeit und die einheitliche Wahrnehmung des Dinges wird durch die falsche Einheitlichkeit des Mediums übertragen. Im Wahrnehmungsapparat wird die Wahrnehmung der dinglichen Einheit wiederhergestellt.

Die in dieser Arbeit diskutierten Schriften von Cassirer und Weyl zeigen auf unterschiedliche Weise, dass die relationale Qualität von Medien synchron und diachron untersucht werden kann. Das gelingt nur, wenn man sich von den dinglichen Substraten des Begriffs befreit und Medien nicht auf die Funktion einer schlichten Vermittlung reduziert.

M.E. ist das Interesse Luhmanns an Heider vor dem Hintergrund der theoretischen Entwicklung erklärbar. Luhmann reflektiert das Wechselverhältnis von Form und Medien. Im Unterschied zu

---

<sup>364</sup> Krämer, S. 77.

<sup>365</sup> So Heider, S. 330f.: „Man kann einen Stein noch so lange anschreien, er bewegt sich nicht von der Stelle. Es ist ungewöhnlich, dass Mauern infolge von Trompetenstößen zusammenfallen, wie in Jericho“.

Heider geht Luhmann grundsätzlich davon aus, dass Medien Konstrukte sind; für Heider ist ein solcher Gedankengang fremd.<sup>366</sup>

### **Technisches Sein**

Technisch-ästhetisch ist die Fragestellung der experimentellen Epistemologie der Computerpioniere von Neumann, Shannon, Wiener und ihrem deutschen Rezipienten Bense. Sie kennen Weyl, da sie mit ihm gemeinsame Artikel publizieren oder an seiner Stelle Vorlesungen halten (von Neumann), mit ihm diskutieren (Wiener),<sup>367</sup> ihn bei der Frage, wie Gestaltwahrnehmung in einer elektrischen Anordnung dargestellt werden können (Rosenblueth)<sup>368</sup> oder beim Versuch, Universalien zu definieren (McCulloch), kontaktieren. Im Unterschied zu Weyl bauen die genannten Mathematiker Rechenmaschinen und setzen sie bei Versuchen ein. Weyl spricht in den zwanziger Jahren von Maschinen, wenn er ein Argument sucht, das die ideelle Natur des Kontinuums beweisen soll. Wenn das Kontinuum eine teilbare Substanz wäre, dann wäre es auch denkbar, dass eine Maschine das Kontinuum in immer feinere Strecken zerteilt. Aber da das Kontinuum ein Medium des freien Werdens ist, das der Verstand konstruktiv schafft, erübrigt sich für Weyl die Frage, wie fein Maschinen das Kontinuum zerstückeln können. Diese Frage erübrigt sich nur in der absoluten Betrachtung. Absolut gesehen wird keine Rechenmaschine jemals die Möglichkeiten des

---

<sup>366</sup> Zum Verhältnis von Luhmann und Cassirer siehe: Rill, Ingo: Symbolische Identität – Dynamik und Stabilität bei Ernst Cassirer und Niklas Luhmann. Würzburg 1995

<sup>367</sup> In den mir zugänglichen Briefen Hermann Weyls an Norbert Wiener verwendet sich Hermann Weyl für die Einstellung der Mathematiker Alexander Weinstein (July 17, 1940), Wolfgang Sternberg (May 5, 1942), Hans Samelson (August 11, 1942) und Henry M. Scherf (March 10, 1947). Aus dem Brief vom 11. August 1942 geht hervor, dass das Institut for Advanced Studies eine Anlaufstelle für vom Hitler-Deutschland verfolgte Mathematiker war. Weyl schreibt: „The only young mathematician left around here who is not yet placed is Hans Samelson. I hear that you need a man a M.I.T. and think Samelson would be a good choice. Ich danke Prof. Dr. Pesi Masani für die freundliche Übermittlung von Kopien der Briefe Weyls and Wiener.

<sup>368</sup> Siehe: Masani.

Kontinuums abarbeiten können. Relativ gesehen, können Rechenmaschinen jedoch schneller und feiner Teilstücke des Kontinuums bearbeiten, wie sich in den vierziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts zeigen wird.

Turing vergleicht die Tätigkeiten eines menschlichen Rechners mit der Tätigkeit einer formalen Maschine. Er gründet den Beweis von „On computable Numbers“ auf Übereinstimmungen zwischen maschinellen und menschlichen Operationen. Die Turing-Maschine operiert mit einem endlosen Band, sie ist frei von raum-zeitlichen Bedingungen. Das Ziel, Grenzen der Berechenbarkeit zu beweisen, führt zu einer Adäquation menschlicher und maschineller Operationen. Der Vergleich bewirkt asymmetrische Verschiebungen, sobald in den vierziger Jahren Maschinen gebaut werden, die zwar endlichen raum-zeitlichen Bedingungen unterliegen, aber schneller und genauer Zahlen als menschliche Rechner berechnen können. Die partielle maschinelle Überlegenheit bestimmt nun die Relation zwischen Mensch und Welt und verändert das Mittlere zwischen Bewusstsein und Wirklichkeit. Hier ist eine Grenze, hinter der Weyls und Cassirers Erkenntnistheorie zu suchen sind, während sie von Heidegger übersprungen werden kann. Doch Heideggers Verhältnis zur Mathematik ist so grobkörnig, dass ein Vergleich zwischen diesen drei Theoretikern unmöglich erscheint. Dennoch ist hier der Ort, um auf eine Lücke in der philosophischen Tradition aufmerksam zu machen. Heideggers Verständnis von Mathematik ist einer Auseinandersetzung mit Descartes geschuldet und nicht mit Leibniz. Deshalb versteht Heidegger unter Zahlen Medien der Messung und Unterwerfung.

Heidegger hat nach dem Abbruch seines Mathematikstudiums die Überzeugung gewonnen, dass die Mathematik eine Technik sei und dass ihre Erkenntnisse nur zur messenden Unterwerfung der Wirklichkeit beitragen und nicht zum wirklichen Seienden vordringen. In seiner Habilitationsschrift spricht er von

quantitativen Medien und in seinen späten Schriften setzt er mit Zahlen operierende Wissenschaft mit der technischen Bestellung der Welt gleich, die den Blick auf das Wahre verstelle. Das Medium der Zahlen verselbständigt sich hier zu einer technischen Sphäre. Das Misstrauen der Mathematik ist identisch mit dem Misstrauen gegenüber der Technik, und es ist ein Misstrauen gegenüber Erkenntnistheorien, die Zeichen als Synthesen zwischen Wirklichkeit und Subjekt verstehen. Es ist kennzeichnend für die Rezeption Weyls in der neueren Philosophiegeschichte, dass er für Vermittler zwischen den Natur- und Geisteswissenschaften, wie Ernst Cassirer und Oskar Becker, eine wichtige Quelle ist, aber von anderen Autoren nicht primär rezipiert wird. Oskar Becker referiert Weyls Thesen in Gesprächen mit Husserl<sup>369</sup> und ist auch eine Referenz für Heidegger. Beckers Beiträge zur phänomenologischen Begründung der Philosophie und ihrer physikalischen Anwendungen wird in einer Fussnote in Sein und Zeit erwähnt. Martin Heidegger hat nach dem Abbruch seiner Ordenslaufbahn zunächst ein Semester Mathematik<sup>370</sup> studiert und sich über den Grundlagenstreit und Fragen der mathematisch-physikalischen Erkenntnistheorie informiert. In seiner Habilitationsschrift nimmt er auf eine Frage des Grundlagenstreits Bezug, wenn er ein mögliches Primat der Logik gegenüber der Mathematik diskutiert. Hier weist er ausdrücklich auf Heinrich Rickert hin. Der von Heidegger zitierte und geschätzte Aufsatz von Heinrich Rickert versteht unter Zahl folgendes: Zahlen sind nicht

---

<sup>369</sup> Husserl erwähnt in einem Brief an Weyl, dass er sich von Becker über naturwissenschaftliche Fragen unterrichten lässt. Das Verhältnis zwischen Becker und Weyl wurde durch die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft getrübt. Sie wurde von Becker als „Hinneigung“ zu Hilberts Symbolismus gesehen und als Verunglimpfung des Intuitionismus aufgefasst. Siehe dazu: Oskar Becker: Brief an Hermann Weyl vom 16. August 1926. Archiv der ETH Zürich HS 91: 475.

<sup>370</sup> Das Verhältnis Heideggers zur Mathematik ist kaum erforscht. Die Biographie von Hugo Ott teilt mit, dass Heidegger im Wintersemester 1911/12 Mathematik studiert hat. Er soll die höhere Mathematik (Infinitesimal-, Integralrechnung und Gruppenordnungen) ganz beherrscht haben. Siehe: Ott, Hugo: Martin Heidegger - Unterwegs zu seiner Biographie. Frankfurt/M. 1988, S. 70 u. S. 82. Alain Badiou geht in: L'être et l'événement. Paris: Éditions du Seuil, 1988 davon aus, dass Heidegger sich nicht eigens der Mathematik gewidmet habe. Die Bibliographien von Sass und Nordquist nennen Titel von Bense, Becker und Leuer.

bloße Inhalte eines homogenen Mediums, sondern Gegenstände, „deren Inhalt die Besonderheit hat, quantitativ, und das heißt notwendig mehr als Inhalt zu sein. Deshalb ist die Zahl, auch abgesehen von der Stelle immer mehr als ein logisches Medium, kein rein logischer Gegenstand“.<sup>371</sup> Bemerkenswert ist, dass Rickert den quantitativen Charakter der Zahlen durch Erlebnisse plausibilisieren möchte: „Wer nicht ‚erlebt‘ [Hvbg. Rickert] hat, was ein Quantum ist, wird daher die Verschmelzung des einen und des anderen Quantums zu einem neuen, einheitlichen Quantum nie verstehen, so wenig wie jemand mit dem Worte Farbe eine Bedeutung verbindet, der Farbe nicht aus ‚Erfahrung kennt [Hervorhebung Rickert] kennt“.<sup>372</sup> Diese Zitate verdeutlichen, dass Rickert zur Abgrenzung der Zahlen sich auf eine Definition beruft, die Zahlen an das Mass bindet und mit einem Erleben verknüpft, das im Grundlagenstreit problematisch geworden ist und den Prinzipien modernen Mathematik - beruft sie sich auf die Intuition (Brouwer) oder Formalismus (Hilbert) - nicht gerecht wird, sondern im Rückgriff auf eine mathematische Tradition, von der sich die Mathematik im neunzehnten Jahrhundert gerade zu befreien suchte. Heidegger übernimmt<sup>373</sup> die Ansicht Rickerts in der Kategorien- und Bedeutungslehre des Duns Scotus.<sup>374</sup> Im Unterschied zur mathematischen Forschung seiner Zeit bezeichnen nach Rickert Zahlen Quanta. Diese Auffassung Rickerts hinterfragt der Habilitant nicht. Es kommt ihm nicht in den Sinn, die

---

<sup>371</sup> Rickert, a.a.O., S. 65.

<sup>372</sup> ibidem.

<sup>373</sup> Heidegger, Martin: Die Kategorien- und Bedeutungslehre des Duns Scotus. (EA Tübingen 1916) . In: Frühe Schriften Bd. 1. Frankfurt/M. 1978, S.179: „Es wird sich dabei zeigen, wie die eben aufgezeigten Wesensmomente des mathematischen Bereichs, die Quantität als ‚Medium‘ und der Unsinnlichkeitscharakter in ihre Rechte treten und sich als die *Bedingungen der Möglichkeit der den Zahlen eignenden Bestimmtheit ausweisen* [Hvbg. Heidegger]“. Zwar spricht Heidegger nicht vom Erlebnis des Quantums, sondern vom Unsinnlichkeitscharakter der Mathematik, doch betont er wie Rickert das Quantum als Bestimmung der Mathematik.

<sup>374</sup> Heidegger legt dieser Interpretation einen Text zu Grunde, der nicht von Duns Scotus stammt, „sondern von dem Scotisten Thomas von Erfurt“, nach Nolte, Ernst: Heidegger - Politik und Geschichte im Leben und Denken. Berlin 1992, S. 44.

Auseinandersetzung zu erwähnen, die Cassirer 1910 in Substanzbegriff und Funktionsbegriff geführt hat.

Dass Zahlen durch die Bezeichnung von Quanta definiert werden, wird Heidegger im Laufe seiner weiteren Entwicklung nicht mehr revidieren, auch wenn er sich in Sein und Zeit informiert zeigt: „Die scheinbar strengste und am festesten gefügte Wissenschaft, die Mathematik, ist in eine ‚Grundlagenkrisis‘ [Hvvh.Heidegger] geraten. Der Kampf zwischen Formalismus und Intuitionismus geht um die Gewinnung und Sicherung der primären Zugangsart zu dem, was Gegenstand dieser Wissenschaft sein soll“.<sup>375</sup> Mit der Bindung der Zahlen an die Funktion, Quantitäten auszudrücken, siedelt er diese Zeichen im „innerweltlichen Verweisungszusammenhang“ an. Heideggers Zeichenkonzept und nicht nur seine Definition der Zahl steht diametral Weyls Konzeption gegenüber. Der „Zeugcharakter“ der Zeichen liegt im Zeigen. Als Beispiel dient ein „roter, drehbarer Pfeil“, der „neuerdings“ an Kraftwagen angebracht ist. „Dieses Zeichen ist innerweltlich zuhanden im Ganzen des Zeugzusammenhangs von Verkehrsmitteln und Verkehrsregelungen. Als ein Zeug ist dieses Zeigzeug durch Verweisung konstituiert“.<sup>376</sup> In den Vorlesungen über Nietzsche und in den Beiträgen zur Philosophie reduziert Heidegger die Mathematik auf die Tätigkeit des Rechnens, die als solche die Physik als Wissenschaft des messenden Experiments ausmache: „Weil die neuzeitliche ‚Wissenschaft‘ (Physik) mathematisch (nicht empirisch) ist, deshalb ist sie notwendig experimentell im Sinne des messenden Experiments“.<sup>377</sup> Dass das Konzept der Messung eben in den modernen Naturwissenschaften problematisch wird, interessiert Heidegger nicht, der ein statisches

---

<sup>375</sup> Heidegger, Martin: Sein und Zeit. (17.Auflage) Tübingen 1993, S. 9.

<sup>376</sup> A.a.O., S. 78.

<sup>377</sup> Heidegger, Martin: Beiträge zur Philosophie (Vom Ereignis). Frankfurt/Main 1989, S. 163. Vergleich dazu Weyl, H.: Open world, S. 84: „*We reject the thesis of the categorical finiteness of man, both in the atheistic form of obdurate finiteness which is so alluringly represented today in Germany by the Freiburg philosopher Heidegger ... On the contrary, mind is freedom within the limitations of existence; it is open toward the infinite*“. Die späteren Äusserungen Weyls über den Wechsel vom Idealismus zum Existentialismus (siehe viertes Kaptitel) heben sich von diesem Zitat deutlich ab.

Bild der neuzeitlichen Naturwissenschaft behauptet, um die philosophische Tätigkeit profilieren zu können. Heidegger wettert gegen die „Bequemlichkeit“ der rechnenden „heutigen Wissenschaft“, die angeblich die Augen vor sich selbst schliesse mit der Ausrede, „man habe für solche Dinge keine Zeit“.<sup>378</sup> Das Wesen der modernen Technik „meldet“ sich in der neuzeitlichen Naturwissenschaft. Sie ist eine Wissenschaft der rechnenden Bestellung, deren Wesen nicht durch die moderne Kausalitätsdiskussion erschüttert wird: „Darum kann die Physik bei allem Rückzug aus dem bis vor kurzem allein massgebenden, nur den Gegenständen zugewandten Vorstellen auf eines niemals verzichten: dass sich die Natur in irgendeiner rechnerisch feststellbaren Weise meldet und als ein System von Informationen bestellbar bleibt“.<sup>379</sup> Die Mathematik wird bei Heidegger zur Ingenieurwissenschaft. Ihr philosophischer Anspruch wird geleugnet. Das Objekt der Mathematik ist nicht das „freie Werden“, sondern die Quantifizierung der Welt.

### **Experimentelle Epistemologie**

Der Unterschied der experimentellen Epistemologie zur klassischen besteht darin, dass experimentell Modelle von mentalen Vorgängen mit Hilfe von Computern getestet werden. Warren McCulloch verwendet in seiner experimentelle Epistemologie Weyls und Cardans Geometrien.<sup>380</sup> Diese Epistemologie ist bestrebt, erkenntnistheoretische Fragen nach der Art der menschlichen Erkenntnis so einzugrenzen, dass sie an Modellen überprüft werden können. Warren McCulloch fragt deshalb nicht nach einem Wesensgehalt der Universalien, sondern nach ihrer Funktion bei der Wahrnehmung von Objekten. Die Wahrnehmung eines

---

<sup>378</sup> Heidegger, Martin: Nietzsche. Pfullingen 1989, S. 363.

<sup>379</sup> Heidegger, Martin: Die Technik und die Kehre. Stuttgart 1996. (Zunächst Vorträge aus den Jahren 1949-1955), S. 22.

<sup>380</sup> McCulloch, Warren: Verkörperungen des Geistes. Wien 2000 (Cambridge/Mass. 1965), S. 48.

Objektes fasst er deshalb als Wahrnehmung von Gestalten, d.h. von Beziehungen auf. Weyl hat auf die Differenz zwischen der natürlichen Anschauung, die das Wesen eines Gegenstandes erfasst, und der mathematischen Darstellung von Beziehungen zwischen wahrgenommenen Objekten hingewiesen. Diese Differenz wird für die experimentierenden Epistemologen, die Weyls mathematische Publikationen zitieren und ihn persönlich konsultieren, zweitrangig. Norbert Wiener, Max Bense und auch McCulloch halten sie auch für überwunden.

Max Bense entdeckt Gemeinsamkeiten zwischen der Metatechnik der Kybernetik und der „Fundamentalontologie“ Heideggers. Die von der Sorge her gedeutete Zeit Heideggers ist so irrversibel wie die statistische Zeit der Kybernetik. Bense sieht im Computer eine Chance, die Erkenntnistheorien der exakten Wissenschaften zu beschleunigen und zu testen. Der Computer und der ihn programmierende Ingenieur tragen zur Entwicklung einer neuen technisch-rationalen Kultur bei, die Bense auch als Aufklärung neuen Typs begrüsst, die er gelegentlich in seinen künstlerischen Produktionen kritisiert und relativiert. Technik ist ein Mittel, das einen erkenntnistheoretischen Zweck erst dann erfüllen kann, wenn sie eine Wirklichkeit eigener Art geworden ist, also eine technische Sphäre neben der Welt der Natur und der Kultur. Im Unterschied zur mathematischen Konstruktion Weyls drängt die technische Sphäre nach tatsächlicher Umsetzung und Wirklichkeitsmacht. Die Technik wird zur Brücke zwischen Lebensphilosophie und rationaler Konstruktion. Dieser Gedanke wird schon von Norbert Wiener artikuliert. Norbert Wiener erwähnt Weyl in der Kybernetik am Rande.<sup>381</sup> Im Unterschied zu Weyl argumentiert Wiener, dass auch die Bergsonsche Zeit mathematisierbar ist. Die Kluft, die Weyl zwischen „lebendiger Anschauung“ und mathematischer

---

<sup>381</sup> Norbert Wiener und Johann von Neumann haben in Göttingen studiert und standen mit Hermann Weyl in Kontakt. Johann von Neumann leitete an der amerikanischen Wirkungsstätte Hermann Weyls, dem Institute for Advanced Studies, den Bau des IAS - Computers.

Konstruktion konstatiert, sei überbrückbar.<sup>382</sup> Die Statistik verweist die Idee einer nicht mathematisierbaren Bergsonschen Zeit in die „Rumpelkammer schlecht gestellter Fragen“. Die Zeit der „ultraschnellen Rechenmaschinen“ ist statistisch, da Wahrscheinlichkeitsverhältnisse bei der Transformation von Eingabedaten durch die Maschine aussagekräftiger sind als die einzelne Eingabe. Wahrscheinlichkeit sei aber verträglich mit mechanistischen Auffassungen: „So lebt der moderne Automat in der gleichen Bergsonschen Zeit wie der lebende Organismus, und daher gibt es keinen Grund in Bergsons Betrachtungen, warum das wesentliche Funktionieren des lebenden Organismus nicht das gleiche wie jenes des Automaten dieses Typs sein sollte. Der Vitalismus hat bis zu dem Ausmass gewonnen, dass sogar Mechanismen mit der Zeitstruktur des Vitalismus korrespondieren, aber wie wir gesagt haben, ist dieser Sieg eine vollkommene Niederlage, denn von jedem Standpunkt aus, der die entfernteste Beziehung zur Moral oder Religion hat, ist die neue Mechanik genauso vollkommen mechanistisch wie die alte“.<sup>383</sup> Wiener hat dabei das formalisierbare Verhalten, vor allem formalisierbare Aspekte der Kommunikation zwischen Lebewesen als Problem vor Augen. In Wieners Augen wären Fragen nach dem Erlebnis der Dauer schlecht gestellt.

Vor dem zweiten Weltkrieg hat Bense an der Universität Bonn bei Oskar Becker Schriften Weyls rezipiert und in seiner Dissertation zitiert. Nach dem zweiten Weltkrieg greift Max Bense begeistert Wieners Kybernetik auf.<sup>384</sup> Die Maschinenteknik sieht er als Möglichkeit an, das Missverhältnis zwischen Mensch und Natur aufzuheben. Die Natur kann der Mensch nicht vollständig erkennen, die Technik ist hingegen eine Umwelt, die der Mensch

---

<sup>382</sup> Diese Einschätzung teilt mit: Masani, Pesi.R.: Norbert Wiener 1894-1964. Basel 1990, S. 56.

<sup>383</sup> Wiener, Norbert: Kybernetik, S. 81.

<sup>384</sup> Bense, Max: „Kybernetik oder die Metatechnik einer Maschine“. In: Pias, Claus u.a.: Kursbuch Medienkultur. Stuttgart 1999, S. 476. Siehe auch . 481: „Jede Röhre [des ENIAC-Computers] repräsentierte technisch eine solche Einheit des Bewusstseins ...“.

im „Idealfalle“ lückenlos explizieren kann: „Durch die Technik schafft sich der Mensch eine Umwelt, die seiner Doppelrolle als naturhaftes und geistiges Wesen angemessen ist. Implizit setzt er voraus, dass vollständige Einsicht dem menschlichen Wesen gemäss ist. Bense konzipiert die technische Welt als Einheit, in der die von Weyl artikulierte Spannung zwischen Konstruktion und Erleben,<sup>385</sup> einem höheren Gesichtspunkt untergeordnet, und damit vernachlässigt werden kann. Dieser höhere Gesichtspunkt ist die Technik: „Technik liegt im Feld idealer, aber auch im Feld realer Seinsverhältnisse, und sie gehört ebenso der subjektiven wie der objektiven Sphäre des Seins an. Ontologisch gesprochen bedeutet das, dass die Technik weiter reicht als die Natur [Hvbg.en. Bense]: sie überstreicht ebenso sehr die Bereiche des idealen wie die Bereiche des realen Seins“.<sup>386</sup>

Diese Sphäre ist eine Zeichensphäre. Zeichen besitzen einen eigenen ontologischen Status, der im Grundlagenstreit nicht hinreichend bedacht worden ist. Der Streit ist nach Bense auflösbar, wenn man neben der materiellen Ebene der Zeichen und der immateriellen Ebene ihrer Bedeutung die Zeichenebene selbst bedenkt.

Der Computer<sup>387</sup> gestattet es Wiener und Bense einen Standpunkt zu gewinnen, der die Kluft zwischen lebendiger Anschauung und mathematischer Beschreibung relativiert, und damit implizit die Trennung zwischen Lebensphilosophie und exakter Naturwissenschaft aufzuheben. Die Computerwissenschaft übernimmt bei ihnen eine hegemoniale Funktion, der Computer ist ein Werkzeug, das eine technische Sphäre schafft, die weiter als die Gebiete der bisherigen Wissenschaften reicht. In dieser Sphäre ist die Differenz zwischen Natur und Kultur unbedeutend. Der

---

<sup>386</sup> Bense, Max, S. 474.

<sup>387</sup> Die Unterschiede zwischen Informatik, Kybernetik und deren Beziehung zur Kommunikationstheorie ist für den Duktus dieser Arbeit nicht wesentlich. Diesen Wissenschaften ist gemeinsamen Nenner, dass sie unmittelbar durch die Computerentwicklung geprägt sind.

russische Kybernetiker Petrov<sup>388</sup> verwendet den Begriff der konstruktiven Handlung, um den Begriff der Möglichkeit zu bestimmen. Er beschäftigt sich ebenfalls mit dem Verhältnis der mathematischen Zeitauffassung zur Bergsonschen vor dem Hintergrund der konstruktivistischen Erkenntnistheorie. Petrov hebt als eine Leistung der Schule von Brouwer und Weyl hervor, dass sie ein Verfahren angegeben haben, das die Unterscheidung zwischen Existenz und Möglichkeit präzisiert.<sup>389</sup> Kybernetisch möglich ist nur das, was einem algorithmischen Verfahren unterworfen werden kann. Er versteht darunter die vollständige Induktion und das schrittweise Fortschreiten in einer Zahlreihe. Zwischen Menschen und Maschinen sieht Petrov nur graduelle Unterschiede. Grundsätzlich hält er fest, dass Rechenprozesse, die Bewegungen abbilden wollen, idealisiert sind und nicht den Anspruch erheben können, eine Bewegung vollständig abzubilden, somit kann nicht erwartet werden, dass kybernetische Maschinen, die Grenzen der konstruktiven Erkenntnistheorie überschreiten werden. Das gilt für die fundamentale Differenz zwischen der Zeitauffassung von Bergson und der physikalisch-mathematischen. Petrov fordert deshalb eine Dialektik zwischen formaler Methode und der Empirie. Unter Empirie versteht er nicht allein die experimentelle Überprüfung, sondern Ergänzung und Einbeziehung der Seiten, „von denen die formale Beschreibung absieht“. Der

---

<sup>388</sup> Ich habe keinen Verweis auf den vollständigen Namen Petrovs in dem zitierten Werk Logische Probleme der Realisierbarkeits- und Unendlichkeitsbegriffe (Mit einem Nachwort von Horst Wessel). Berlin 1971 finden können. Ich danke Rudolf Kaehr und Georg Trogemann für den Hinweis auf Petrov.

<sup>389</sup> Die Namen Weyls und Brouwers werden auf der Seite 25 genannt, wesentlich ist folgendes Zitat, S. 35: „Die Ursache für diese Unverträglichkeit [zwischen klassischer Mathematik und konstruktiver Mathematik] besteht nicht nur darin, dass die konstruktive Mathematik die Abstraktion der potentiellen Realisierbarkeit verwendet, sondern auch darin, dass in der konstruktiven Mathematik die Realisierbarkeit in untrennbarem Zusammenhang mit der Möglichkeit eines algorithmischen Aufbaus der Objekte verstanden wird. Deshalb wird die Wahrheit in der klassischen Mathematik anders verstanden als in der konstruktiven Mathematik. Die Wahrheit der Urteile ist in der klassischen Mathematik nicht notwendigerweise mit dem Vorhandensein eines Algorithmus zur Überprüfung der Wahrheit der mathematischen Urteile verbunden. In der konstruktiven Mathematik hingegen ist die Wahrheit mathematischer Urteile notwendigerweise an das Vorhandensein eines derartigen Algorithmus gebunden“.

Gegenstand ist „dialektisch widersprüchlich“,<sup>390</sup> da er stets formalisierbare und nicht formalisierbare Aspekte besitze, die auch durch den Fortschritt formaler Methoden nicht ausgeräumt werden können. Von diesem Wandel ist die Grenze des Formalisierbaren betroffen, aber sie wird dadurch nicht aufgehoben. Petrov arbeitet die Widersprüche heraus, in die sich Russell begibt, wenn er die „Bergsonsche Zeitauffassung ... lächerlich“ macht. Russell verlagere die Differenz zwischen mathematischer und vitalistischer Zeitauffassung, anstatt sie zu lösen. Lösungen sind unwahrscheinlich, da jede Lösung eine neue Idealisierung ist, die die Abbildung der Bewegung nur relativ leistet. Petrov stellt die Schwierigkeiten nicht dar, die Weyl bei der Anwendung der intuitionistischen Mathematik in der Physik sah. Diese Schwierigkeit hat sich für ihn durch die Entwicklung der Rechenmaschinen erübrigt. Dass er dennoch eine Dialektik von Formalisierung und Empirie anmahnt, scheint auf den ersten Blick schlicht politisch motiviert und eine Geste der Anerkennung der materialistischen Dialekt zu sein. Seine detaillierte Diskussion u.a. der Thesen Russells zeigt, dass Petrovs das Postulat der Dialektik als Fortsetzung der konstruktivistischen Erkenntnistheorie in Anlehnung an Brouwer und Weyl verstanden wissen möchte.

---

<sup>390</sup> A.a.O., S.151 f.

## Differenzen und reine Mittel

*Der Blitz zum Beispiel unterscheidet sich vom schwarzen Himmel, kann ihn aber nicht loswerden, als ob er sich von dem unterschiede, was sich selbst nicht unterscheidet. Man könnte sagen, der Untergrund steige zur Oberfläche auf, bleibe aber weiterhin Untergrund. (Gilles Deleuze)*

Vor dem Hintergrund einer Kritik an der Hegelschen Vorstellung von Vermittlung<sup>391</sup>, die in Differenz und Wiederholung entwickelt wird, ist die Emphase zu verstehen, mit der Deleuze und Guattari in Tausend Plateaus zwischen nomadischer Wissenschaft und Königswissenschaft unterscheiden. Diese Unterscheidung ist über den Umweg von Albert Lautmann Deleuze zur ihrer Kenntnis gelangt.

Albert Lautmann leitet seinen „Essai sur l’unité des sciences mathématiques dans leur développement actuel“<sup>392</sup> mit Weyls Unterscheidung zwischen „den zwei Mathematiken ein, und zwar zwischen einer arabischen-indischen Mathematik, die mit reinen Zahlen operiert und einer griechischen Mathematik, die eine Referenz zwischen Zahlen und geometrischen Gebilden annimmt“<sup>393</sup>. Dieser Dualismus sei nach Weyl auch konstitutiv für die moderne Mathematik. Lautmann geht aber davon aus, dass es gemeinsame Prinzipien zwischen diesen Mathematiken gebe, die

---

<sup>391</sup> Nietzsche und Kierkegaard thematisieren die Wiederholung und bereichern in der Lesart Deleuze die Philosophie um „neue Ausdrucksmittel. Mit Blick auf sie spricht man gerne von einer Überschreitung der Philosophie. Was nun in ihrem gesamten Werk verhandelt wird, ist die Bewegung. Hegel werfen sie vor, bei der falschen Bewegung, bei der abstrakten logischen Bewegung, d.h. bei der ‚Vermittlung‘ stehen zu bleiben“. Deleuze, Gilles: Differenz und Wiederholung. München 1992 (EA Paris 1968), S. 24.

<sup>392</sup> Lautmann, Albert: „Essai sur l’unité des sciences mathématiques dans leur développement actuel“. In: Ders.: Essai ... et divers écrits. Paris: Union générale d’Éditions, 1977 (EA. Paris: 1939), S. 155: „En 1928, dans la préface de son livre célèbre: Gruppentheorie un Quantenmechanik, Hermann Weyl écrivait: ‘Si mes vues sont exactes il régné entre le développement des mathématiques et celui de la physique, à l’époque actuelle, un parallélisme aussi mystérieux qu’indiscutable’“.

<sup>393</sup> Weyl, Hermann: Gruppentheorie und Quantenmechanik. Leipzig 1928, Vorwort.

erlauben, eine Einheit der mathematischen Wissenschaften anzunehmen, die Weyl erahne, aber nicht artikuliert habe.<sup>394</sup> Der Zwiespältigkeit der zwei Mathematiken möchte Lautmann durch einen Nachweis der gedanklichen Einheit der beiden Mathematiken abhelfen. Die Kybernetikrezeption lieferte der französischen Philosophie der Nachkriegszeit die zentrale Metapher der Maschine, die eine Abkehr vom Existentialismus und eine Revision des sinnsetzenden und erfahrenden Subjekts markiert.<sup>395</sup> Deleuze und Guattari unterscheiden in den Tausend Plateaus eine Mathematik der Königswissenschaften von einer nomadischen Mathematik. Einstein, Brouwer, Riemann und Bergson werden in den Tausend Plateaus als nomadische Denker eingeführt, im Unterschied zu Hilbert, de Broglie, die als Wissenschaftler Ordnungspolitik betrieben haben sollen. Die nomadische Mathematik steht im Konflikt mit der Staatswissenschaft. Mit Michel Serres finden die Autoren in der Antike Fragmente der nomadischen Wissenschaft.<sup>396</sup> Von der nomadischen Wissenschaft kann es nach der Argumentationsweise des Buches keine geordnete Überlieferung geben, da Archivierung und Tradierung im Vermögen der Staatsapparaturen stehen. Sie speichern selektiv und können kein Interesse an der Überlieferung von nicht-konformen Wissen pflegen. Das entbindet die Autoren des Nachweises historischer Befunde. Die Autoren unterscheiden zählende Zahlen von gezählten Zahlen. Mit dieser Unterscheidung bemühen sie sich, nomadische Qualitäten der Arithmetik darzustellen. Zunächst stellen sie fest, dass „die Arithmetik und die Zahl im Staatsapparat immer eine entscheidende Rolle gespielt

---

<sup>394</sup> Lautmann, S. 160: ... la distinction des deux mathématiques de Weyl semble ainsi ne correspondre qu'aux conditions historiques du développement des mathématiques et laisser intacte l'unité des mathématiques et l'unité de l'intelligence”.

<sup>395</sup> Bartels, Klaus: „Kybernetik als Metapher- Der Beitrag des französischen Strukturalismus zu einer Philosophie der Information und der Massenmedien”. In: Bracker, Helmut/ Wefelmeyer: Kultur - Bestimmungen im 20. Jahrhundert. Frankfurt 1990. Zu einer abweichenden Einschätzung von Lacans Rezeption der Kybernetik vergleiche: Kitter, Friedrich: „Die Welt des Symbolischen- eine Welt der Maschine” (Stuttgart 1989). In: Ders.: Draculas Vermächtnis. Leipzig 1993.

<sup>396</sup> Tausend Plateaus, 494.

haben, schon in der imperialen Bürokratie mit den drei zusammenhängenden Massnahmen der Volkszählung, der Schätzung und der Wahl. Erst recht konnten die modernen Staatsformen sich nicht entwickeln, ohne alle möglichen Berechnungen zu benutzen, die an der Grenze von Mathematik und Sozialtechnologie aufkamen (eine gesellschaftliche Berechnung auf der Basis von politischer Ökonomie, Demographie, Arbeitsorganisation etc.). Dieses arithmetische Element des Staates hat seine besondere Stärke beim Umgang mit beliebigen Materien entfaltet: Rohstoffe, Abfallprodukte von bearbeiteten Gegenständen oder die letzte Materie, die durch die menschliche Bevölkerung gebildet wird. Die Zahl hat so immer dazu gedient, die Materie zu beherrschen und ihre Variationen und Bewegungen zu kontrollieren, das heisst, sie dem raum-zeitlichen Rahmen des Staats anzupassen". Anders geht die nomadische Wissenschaft vor, die eine Wissenschaft des Krieges ist: „An diesem anderen Pol fällt der Krieg durchaus mit dieser Maschine zusammen, aber als sein synthetisches und supplementäres Ziel, das sich dann gegen den Staat und gegen die weltweite Axiomatik, die von den Staaten ausgedrückt wird, richtet ... Kriegsmaschinen bilden sich gegen die Apparate, die sich die Maschine aneignen und den Krieg zu ihrer Angelegenheit und ihrem Ziel machen: angesichts der grossen Konjunktion von Vereinnahmungs- oder Beherrschungsapparaten bringen sie Konnexionen zur Geltung".<sup>397</sup> Zwischen den Nomaden und dem Staat bewegt sich die Kriegsmaschine. Deleuze und Guattari verstehen die rechnende Maschine des Computers nicht als Kriegsmaschine, sondern als Teil der Staatsapparatur, die sich Rechentechniken aneignet, um ihre Angehörigen zu unterwerfen.<sup>398</sup> Der Computer ist Teil des Herrschaftswissens: 1968 schreibt Deleuze in der Logik des Sinns: „Aus diesem Grund ist der Technokrat der natürliche Freund des Diktators, Computer und Diktatur, wohingegen der Revolutionär in jenem Abstand lebt, der

---

<sup>397</sup> Deleuze, Gilles/ Guattari, Felix: Tausend Plateaus. Berlin 1993 ( EA Paris 1980), 584f.

<sup>398</sup> Tausend Plateaus, 537.

den technischen Fortschritt und die gesellschaftliche Totalität trennt und in den er seinen Traum der permanenten Revolution einschreibt“.<sup>399</sup> Mit dieser Situierung des Computers formuliert Deleuze eine typische Haltung französischer Denker in den sechziger Jahren.<sup>400</sup> Es ist die Zeit der Grossrechenanlagen, die in Institutionen wie dem Militär, den Rechenzentren der Universitäten und in der Wirtschaft, bei Banken und Versicherungen eingesetzt werden. Computer stehen zu dieser Zeit nur Wenigen zur Verfügung, sie sind Bestandteile von Systemen, gegen die sich die Studentenrevolution zur Wehr setzt. 1980 erscheinen Tausend Plateaus, die eine unveränderte Vorstellung vom Computer artikulieren. Von Computern, „Massenmedien, Weltraumwaffen und Überwachungsapparaturen“<sup>401</sup> ist die Rede. Der Computer wird auch hier Ausdruck staatlicher Macht und Kontrolle: „Es ist nicht sicher, ob die Klangmoleküle der Popmusik nicht doch hier oder da, hier und heute, ein Volk neuer Art ausschwärmen lassen, dem Radiobefehle, Computerkontrollen und die atomare Bedrohung völlig gleichgültig sind?“<sup>402</sup>

Eine strikte Unterscheidung zwischen zwei Mathematiken ist historisch problematisch, weil sie durch die Rezeption der historisch früheren griechischen Mathematik auf die spätere arabische relativiert wird. Auch kann die arabische Mathematik nicht schlicht als nomadisch bezeichnet werden. Der Vorwurf, dass die Intuitionisten Brouwer und Weyl eine Verbotsdiktatur errichten wollen, spricht gegen eine Einordnung des Intuitionismus in die nomadologische Wissenschaft. Der Intuitionismus zeichnet sich durch Beschränkung der Gegenstände mathematischer Aussagen

---

<sup>399</sup> Deleuze, Gilles: Logik des Sinns. Frankfurt/M. 1993 (EA Paris 1969), 72: Der Grund liegt in zwei Irrtümern, „die in Wirklichkeit nur einer sind: Der Irrtum des Reformismus oder der Technokratie, die den teilweisen Ausbau der gesellschaftlichen Verhältnisse nach Massgabe der technischen Errungenschaften fördern oder durchsetzen wollen; und der Irrtum des Totalitarismus, der eine Totalisierung des Signifizierbaren und des Bekannten nach Massgabe der in einem bestimmten Augenblick vorhandenen gesellschaftlichen Totalität vornehmen will“.

<sup>400</sup> Siehe zum Beispiel: Lefebvre, Henri: Metaphilosophie - Prolegomena. Frankfurt/M. 1975 (Paris 1965). Kapitel V.

<sup>401</sup> Tausend Plateaus, 471.

<sup>402</sup> Tausend Plateaus, 472.

und nicht durch Erweiterung in das Offene aus. Walter von Stigt legt in seiner Biographie Brouwers dar, dass dieser ehrgeizige Ziele hegte, wie den Aufbau eines Forschungszentrums in Amsterdam, das der Durchsetzung des Intuitionismus mit staatlichen Mitteln anstrebte, aber auch eines „Signfic Movements“, das eine einheitliche Weltsprache durchsetzen wollte.<sup>403</sup> In der Sprache der Tausend Plateaus heisst dies, dass Brouwers Ziel die Errichtung eines Staatssystems war.<sup>404</sup> Dass der Computer intuitiven Mathematikern ein willkommenes Werkzeug sein könnte, bedenken die Autoren nicht. Der Computer ist eine Staatsapparatur. Die Staatswissenschaft steht im Konflikt mit der nomadischen Mathematik. Beide Mathematiken werden holzschnittartig dargestellt. Die Zeichenpraktiken werden in Begriffen der Vereinnahmung oder der Fluchtlinie gefasst. Eine Vermittlung findet nicht statt, sondern Machtwechsel. Für die Theorie medialer Artefakte bedeutet dies, dass diese nicht zur Verständigung zwischen Parteien beitragen, sondern Werkzeuge zur Austragung von Auseinandersetzungen sind. Sie sind Machtmittel, die zur Konstruktion und Dekonstruktion von Machtverhältnissen beitragen.

*Und das ganze ist eine Art fieberisches Denken, aber Denken in einem Material, das unmittelbarer, flüssiger, glühender ist als Worte. Es sind gleichfalls Wirbel, aber solche, die nicht wie die Wirbel der Sprache ins Bodenlose zu führen scheinen, sondern irgendwie in mich selber und in den tiefsten Schoss des Friedens.*  
(Hugo von Hofmannsthal)

Der Grundlagenstreit ist in Massimo Cacciari's Lesart ein Streit über die Zuständigkeit der Sprache. Der Intuitionismus Brouwers ist „chandosianisch“ in seiner Kritik an der natürlichen Sprache. Das ist zugleich eine Kritik an der Logik, die im Unterschied zur

---

<sup>403</sup> Siehe Van Stigt, op. cit.

Mathematik sich von den Gesetzen der Sprache nicht befreien kann. Cacciari nennt Brouwer und Weyl in einem Atemzug und diskutiert Parallelen zwischen dem Intuitionismus und den Kompositionen Mondrians. Dieses Verständnis steht diametral der Philosophie der symbolischen Formen gegenüber. Cassirer verfolgte dort die Entwicklung und Verfeinerung der sprachlichen Energie bis zum mathematisch-physikalischen Symbolismus. Doch gerade die Mathematik Brouwers und Weyls kann nach Cacciari nicht als „Anwachsen des Vermögens der gewöhnlichen Sprache und ihrer Logik gelten, sondern ist Produkt einer Entscheidung für die freie Vorstellung und Konstruktion möglicher Welten, die sich kristallinen Gleichgewichten öffnet. Die Konstruktion ist sinnlich nicht fassbar, nur „mental erschaubar“.<sup>405</sup> Cacciari unterscheidet die Ordnung der mathematischen Konstruktion von dem Gesetz der sprachlichen Logik. Intuitionismus ist deshalb Befreiung von den Gesetzen und der Verpflichtung zur Repräsentation. Besondere Bedeutung gilt der Selbstbezüglichkeit des konstruktiven Umgangs mit Zeichen. Konstruktiv erzeugte Zeichenfolgen erschliessen sich selbst ihre Bedeutung. Dies ist keine Bedeutung, die sich durch eine Abbildungsfunktion legitimiert, also durch eine Bedeutung aussermathematischer Objekte, sondern Zeichen und Bedeutung fallen im konstruktiven Akt zusammen: „Die Mathematik ist die höchste Kunst des Kombinierens, des Komponierens von idealen Beziehungen zwischen Idealitäten in vollkommener Stille, von Formen, die befreit von der sprachlichen Erbschaft und Logik ... Die Mathematik ist die höchste Kunst des Entspannens, die darauf vorbereitet, jenen Ruf zurück in das Selbst gastfreundschaftlich aufzunehmen“.<sup>406</sup> Die Konstruktion schafft nicht eine Menge möglicher Zahlen, um diese dann als Objekt zu analysieren, die Konstruktion ist also nicht ein Mittel, das der Erzeugung eines

---

<sup>404</sup> Klaus Mehrrens weist zudem auf die ideologische Funktion die Intuitionismus durch nationalsozialistische Wissenschaftler hin, siehe besonders: A.a.O., S. 313f.

<sup>405</sup> „sola-mente“ heisst es im Italienischen Original, Cacciari, S. 217. Diese folgende Formulierungen hat NR übersetzt.

<sup>406</sup> Cacciari, S. 222.

Produktes dient, sondern sie ist „reines Mittel“. Das bedeutet, dass sie als Konstruktion keinem anderem Zweck untergeordnet wird, als sich selbst zu erschaffen. Die Konstruktion ist rhythmisch, d.h. Wiederholung der Urintuition.<sup>407</sup> Sie besteht nicht in der wiederholten Setzung eines Elementes, sondern in ständigen Zweiteilungen. Dieser Rhythmus stellt nicht das Unendliche dar, sondern erzeugt es, so die Interpretation Cacciari's..

Wie aber ist das reine „Mittel“ diskursiv vermittelbar? In Cacciari's Ausführungen werden reine Mittel durch eine Abgrenzungsbewegung von dem Logizismus Hilberts und Russells definiert. Der Logizismus ist eminent dem Telos der Vermittlung und Sicherung axiomatischer Grundlagen verpflichtet, im Unterschied zum idealen Intuitionismus für den der Vollzug der Konstruktion Realität genug sei, die keiner Ableitungen und Zielvorgaben bedarf. Verständlich wird dieser Idealismus, (der nur das, was der Verstand vollzieht, als real akzeptiert), wenn man die mystische Inspiration Brouwers bedenkt. Er artikuliert in Leven, Kunst en Mystiek, wie das „An-sich-sein“ erfahrbar sein soll. Reines Mittel ist zu verstehen als Apotheose der mathematischen Zeichenpraxis, als Erhebung von der anderem dienenden Zeichenfunktion zum reinen Vollzugsorgan. Cacciari interpretiert dies als einen Aspekt der Krise der Repräsentation, die in weiteren Kapiteln in den Werken Hoffmannsthal's, Kafkas, Walsers und Mondrians, wie auch in den theoretischen Entwürfen Lukacz' und Brochs präsent ist. Sie äussern metaphysische Zweifel an einer die Widersprüche vermittelnde Einheit. In der „neuen“ mathematischen Grundlagenkrise widerstreiten unterschiedliche Vorstellungen von reiner Mathematik. Der Brouwersche Ausweg ist inspiriert durch die Vision reinen Erlebens, das in seiner Reinheit auf eine Konvergenz der „Passion“ reinen Empfangens und dem aktiven Vollzug der Konstruktion zielt.

---

<sup>407</sup> Sie beruht auf der Urintuition der Zwei-Einheitlichkeit, die im zweiten Kapitel dargestellt wurde.

Die Unerreichbarkeit dieser Konvergenz ist die Ursache des Zwiespalts Weyls. Neben der reinen Mathematik bedenkt Weyl auch ihre Anwendung in den exakten Wissenschaften. Die Nicht-Vermittelbarkeit der reinen Mathematik versteht er als Gefahr der mathematischen Physik, die ihm als Professor für Geometrie entscheidende aussermathematische Fragen gestellt hat. Brouwers Intuitionismus strebt eine Praxis reiner Mittel an. Weyl ist um einen Ausgleich zwischen reiner Mathematik und angewandter Mathematik bemüht. Deshalb stellt sich das Sinnproblem anders und aus diesem Grund ist er kein reiner Theoretiker reiner Mittel, sondern bewegt sich zwischen den beiden „Einheiten“ Mathematik und Physik als Zwiegespaltener.. Aufgrund seines Zwiespalts scheut er die Unreinheit, den Konflikt „reiner“ Gedanken und praktischen Fragen nicht. Die Tatsache, dass er auch an seinem Lebensende festhält, nicht „ins Reine“ mit den Spannungen zwischen idealistischen Begründungen der Mathematik (Brouwers Konstruktivismus) und der operationalen Begründung ihrer Verfahren gekommen zu sein, spricht für eine Einstellung, die ich „medientheoretisch“ nennen möchte. Sie behält im Blick, was verloren geht, also unwahrnehmbar wird, wenn sich eine Zeichenpraxis als absolut setzt.

Diese theoretische Disposition Weyls erschwert die Rezeption seiner Schriften. Er wird gelegentlich zitiert und verbleibt im Zwielficht zwischen den radikalen Positionen Hilberts und Brouwers. Zugleich führt ein Weg über Fussnoten zu Lesern Weyls wie Oskar Becker oder Albert Lautman und damit auch zu den Möglichkeiten gegenwärtiger Medientheorie. Dass Weyls Denken radikal medientheoretisch ist, lässt sich nur im Wechselverhältnis zu den „vordergründig“ bekannten Positionen erkennen; und dass sein medientheoretisches Denken radikal mit dem Konzept der Vermittlung bricht, lässt sich nur im Wechselverhältnis seiner Position und Cassirers erkennen. Das Nachdenken über das Wechselverhältnis von Spaltung und Synthese ist für eine

Medientheorie entscheidend, die sich nicht hegemonial über den Diskursen anderer Disziplinen konfiguriert, sondern den Bereich zwischen Disziplinen als bewegte Forschungsfelder versteht. Diese Felder können durch den Konflikt zwischen dem, was als allgemein vermittelbar gilt, und dem, was als unvermittelbar gilt, markiert werden.

### „Mediale Methode“

Weyls Erkenntnistheorie verbleibt im Schatten der Reflexionen seiner berühmteren Kollegen Hilbert, Einstein und Brouwer. Eine Diskussion exemplarischer Texte zur Medienwissenschaft zeigt, dass das Wechselverhältnis zwischen Weyls und Cassirers Fassungen des Medienbegriffs Fragen dieser neuen Disziplin betreffen. Die divergierenden Medienbegriffe des Mathematikers und des Historikers der Erkenntnistheorien ergänzen einander und gestatten, die Differenz zwischen zwei medialen Ordnungen wechselseitig und blitzartig zu beleuchten.<sup>408</sup> Die Relation zwischen Interface oder Schnittstelle und Medialität ist schon in einer frühen Okkurrenz des griechischen Synonyms zu finden. Herodot spricht vom Fluss Nil „als dem Ägypten mitten durchschneidenden“. Der Fluss trennt das Land in zwei gegenüberliegende Uferseiten, er gestattet jedoch auch den Schiffsverkehr zwischen den Bewohnern beider Ufer. In einer Vorlesung reflektiert Sybille Krämer 1995/96 (publiziert 1998) den Medienbegriff in Hinblick auf Differenzen zwischen Medien und der in den jeweiligen Medien artikulierten Botschaften. In Anlehnung an Zumthor nennt sie die menschliche Stimme ein Medium. Die Stimme handelt den Intentionen des Redenden zuweilen zuwider.<sup>409</sup> In Krämers Lesart bleibt das Medium "in der

---

<sup>408</sup> „Blitzartig“, da die wechselseitig bedingte Vorder- bzw. Hintergründigkeit ihres Denkens in dem Bild des Blitzes fassbar wird, dass Deleuze in Differenz und Wiederholung zeichnet.

<sup>409</sup> Krämer, Sybille: „Das Medium als Spur und als Apparat“. In: Dieselbe (Hrsg.) 1998, S. 79.

Perspektive konventioneller Zeichenverwendung verhüllt" im Unterschied zur wahrnehmbaren Botschaft. Medien sind blinde Flecken in medialen Prozessen, sie haften als bloße Spuren den Botschaften an. Krämer hat diesen Gedanken der Spur in einer Analyse des Verhältnisses von Schriftlichkeit und Mündlichkeit gewonnen, der von Derrida in der Grammatologie und Schrift und Differenz in den sechziger Jahren ausgearbeitet worden ist. Dieser Bezug zu Derrida bietet sich an, um den blinden Fleck als Indiz eines epistemischen Wandels zu verstehen. Die Erfindung der Schrift hat bewirkt, dass die mündliche Sprache unter dem Blickwinkel der Schrift gesehen und als blosses „Supplement“ bewertet wird. Die mündliche Sprache als Medium ist Inhalt des Mediums der Schrift geworden. Mündlichkeit an sich kann nicht frei von dieser Medialität wahrgenommen werden und auch nicht bezeichnet werden. Sie ist nur als Spur wahrnehmbar, die auf eine Differenz verweist. Spurenhaftigkeit bedeutet, dass Mündlichkeit an sich nicht erfasst werden kann, sondern nur in Abhängigkeit vom Medium der Schrift.<sup>410</sup> Medien zu erforschen heisst in dieser Lesart, Spuren zu verfolgen und Differenzen herauszuarbeiten. Anhand der Differenzen können vorgängige mediale Formen rekonstruiert werden, die nur als Spur in einer neueren medialen Form subsistieren. In diesem Sinne erhellt die Differenz das Botschaft-Werden eines Mediums in einem anderen. Der Unterscheidung zwischen dem synchronen Beispiel der Spur des Mediums Stimme und dem diachronen Beispiel des Wechsels von Mündlichkeit zur Schriftlichkeit möchte ich zum Anlass nehmen und den Wechsel der begrifflichen Bestimmungen des Wortes „Medium“ an ausgewählten Texten in einer diachronen Reihung diskutieren. Das führt zum Problem der Medialität der Philologie.

1964 hält Hermann Wein unter Verweis auf die Logischen Untersuchungen fest, dass keine Meta-Theorie zur Verfügung steht,

---

<sup>410</sup> Inwieweit heute Mündlichkeit in Hinblick auf die Ausdrucksprachen von Telefon, Radio und Fernsehen neu zu bewerten sind, kann hier nicht diskutiert werden

die es ermöglicht, einen Standpunkt ausserhalb von Sprachspielen einzunehmen und deren Heterogenität zu überblicken. Aus diesem Grund könne auch nicht beurteilt werden, ob ein Sprachspiel eine aussersprachliche Realität abbilde oder nicht. Beispielhaft für eine vorrelative Sprachauffassung sei die ästhetische Haltung des Schriftstellers Thomas Mann. Mann nehme noch einen Standpunkt ein, von dem aus er verschiedene sprachliche „Register“ aktivieren kann, die zur Abbildung einer Situation benutzt werden können. In Anlehnung an Giedion-Welcker unterscheidet Wein eine Dichtung, die dem Paradigma der Abbildung verpflichtet ist, von einer Dichtung der „sprachlichen Ströme“, die beispielhaft bei Joyce und Pound zu finden sei, die als Dichterphilosophen sich ihrer sprachlichen Bedingtheit und Befindlichkeit in Sprachspielen bewusst sind. Deshalb modulieren sie Sprachflüsse aus dem Inneren der Sprache heraus. Wein unterstreicht die „mediale Methode“ von Joyce. Diese Bezeichnung hat Hermann Broch im zitierten Aufsatz gewählt, und die Methode besteht darin, Darstellungsobjekt und Darstellungsmethode in eins fallen zu lassen: „In der Weise des Erzählens stellt das Objekt sich selbst dar“. An Weins Aufsatz ist bemerkenswert, dass er das Wort „medial“ trotz des Kontextes der Zeitschrift, die explizit die Bedingtheit der Sprache im technischen Zeitalter thematisiert, nicht mit elektronischen und bildbasierten Techniken der Übermittlung von Botschaften ( Fernsehen und Film) verknüpft, sondern sprachlich fasst.

Neben Broch erwähnt Wein Cassirer und apostrophiert ihn als Philosophen, der Mythos, Dichtung und Wissenschaft als unterschiedliche Sprachspiele betrachtet. In Weins Darstellung sind Medien sprachliche Darstellungsmittel, die mediale Methode bezieht nichts Aussersprachliches ein, sondern strebt eine sprachliche Konvergenz von Darstellungsobjekt und Mittel der Darstellung an.

Mindestens bis 1964 – in diesem Jahr erscheint *Understanding Media* – und vermutlich noch lange darüber hinaus, wird in einem Kontext der für Medienwissenschaft auch von institutioneller Bedeutung ist,<sup>411</sup> von Medien in einem Sinne gesprochen, der Aspekte der konstruktiven Naturwissenschaft und der Philosophie der symbolischen Formen präsent hält.

1978 ist eine deutliche Akzentverschiebung feststellbar. Friedrich Knilli diskutiert in dem Artikel „Medium“ in einem Sammelband zur Medienwissenschaft<sup>412</sup> unterschiedliche Begriffsbestimmungen, die Vermittlungen thematisieren. Vermittlung von Botschaften ist der gemeinsame Nenner der unterschiedlichen medienwissenschaftlichen Definitionsanstrengungen. Es divergieren je nach Schule die Glieder der Kommunikationskette, die eine Vermittlung von Botschaften ermöglichen. Knilli kritisiert eine Reduktion des Medienbegriffs auf die technischen Bedingungen der Vermittlung und mahnt eine vollständige Betrachtung der Kommunikationskette an, insbesondere das Senden und Empfangen. Die eingeforderte Vollständigkeit gewinnt im Kontext der älteren Begriffsbestimmung von Medium, die Knilli dem Aufsatz voranstellt, Relevanz: „In der Physik bezeichnet das Wort M. ein den Raum kontinuierlich erfüllendes Mittel, das Wirkungen überträgt“.<sup>413</sup> Der Aspekt der Vollständigkeit und Lückenlosigkeit zeigt eine Korrespondenz zwischen physikalischen und medienwissenschaftlichen „Medienbegriff“ an, dann dienen Medien auch zur gesellschaftlichen Artikulation von Differenzen zwischen Herrschern und Beherrschten. Die Mediengeschichte ist nach Knilli nicht eine Geschichte der Ausdifferenzierung von Natur- und Kulturwissenschaft, sondern eine Geschichte gesellschaftlicher Emanzipationsbewegungen, zunächst des Bürgertums, das sich mit

---

<sup>411</sup> Der Herausgeber der Zeitschrift Walther Höllerer gründete das medienwissenschaftliche Institut an der Technischen Universität Berlin.

<sup>412</sup> Knilli, Friedrich: „Medium“. In: Faulstich, Werner (Hrsg.): Kritische Stichwörter - Medienwissenschaft. München 1979.

<sup>413</sup> Knilli, S. 230.

Hilfe der Presse und des Buchdrucks emanzipiert, dann der Arbeiterbewegung, die sich mit Hilfe des Radios gesellschaftlich vom Bürgertum befreien will. In dieser geschichtlichen Perspektive sind Medien Möglichkeiten der gesellschaftlichen Differenzierung.

In den Achtziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts ist eine verstärkte Auseinandersetzung mit der Mediengeschichte bemerkbar. Neben der apokalyptischen Rhetorik Baudrillards, der zu dem Begriff Simulation ein semantisches Spektrum kombiniert, das barocke jesuitische Moralrhetorik, apokalyptische Visionen der kapitalistischen Gesellschaft und kybernetische Rudimente umfasst oder der zeitlichen Triade der Medienentwicklung, die Vilém Flusser von der Zwei-, Ein- und Null-Dimensionalität der Zeichen sprechen lässt, die mit der Vor-, der eigentlichen und der Nach- Geschichte der menschlichen Kultur jeweils zusammenfallen, ist eine Debatte über die Bedeutung der Technikgeschichte für die Medienwissenschaft zu verzeichnen. Als zentral für die Medientheorie Friedrich Kittlers nennt Dierk Spreen das technisch-mediale Apriori. Es besagt, dass „technische Vermittlungsverhältnisse gesellschaftlichen, kulturellen und epistemologischen Strukturen vorausgesetzt sind“.<sup>414</sup> Die Kategorie des Apriori ist eine erkenntniskritische. Sie bestimmt die Form, innerhalb derer über Medientechniken nachgedacht werden kann und definiert eine epistemische Grenze. Siegfried Zielinski betont dagegen handlungstheoretische Aspekte der Mediengeschichte; dass sind vor allem Möglichkeiten der „eingreifenden Medienproduktion“.<sup>415</sup> Im Vordergrund steht nicht die Frage, ob man unabhängig von technischen Bedingungen über die Interdependenz von Subjekt, Technik und Kultur nachdenken muss, sondern welche Handlungsmöglichkeiten innerhalb dieser Triade gegeben sind. Beiden Ansätzen ist gemeinsam, dass sie Medientechniken nicht als Möglichkeiten der Übermittlung von

---

<sup>414</sup> Spreen, S. 7.

Botschaften verstehen, sondern als Bestandteile oder Strukturen, die die kulturelle Verfassung einer Gesellschaft überhaupt formen.

Das „Medien-Werden“ eines technischen Artefakts erzeugt eine Verschiebung zwischen dem, was als wahrnehmbar und was als nicht wahrnehmbar gilt. Joseph Vogl verdeutlicht dies am Beispiel des Fernrohrs. Es sei bei Galilei nicht ein blosses Mittel, um Entferntes näher zu rücken, sondern es verdeutlicht die Begrenztheit des blossen Auges und es schlägt „jede Sichtbarkeit mit dem Stigma der Vorläufigkeit“.<sup>416</sup> Die Herausgeber halten im Vorwort zu dem Kursbuch Medien fest, dass es keine Medien im substantiellen und historisch stabilen Sinn gibt, sondern Medien an den Funktionen erkennbar sind, die sie ausüben. Wenn Medien kein historisch stabiler substantieller Sinn zugeordnet werden kann, besteht eine Alternative darin, Medien relativen Sinn zuzuschreiben. Aber die Frage ist, welches Bezugssystem einen Vergleich medientheoretischer Forschungen gestattet. Es ist in der Perspektive der Erkenntnistheorie undenkbar, dass ein aussermedialer Standpunkt gefunden werden kann. Die Differenz zwischen unterschiedlichen Medien ist die einzige Möglichkeit trotz der Relativität, Aussagen über Medienfunktionen treffen zu können. Die diachrone Reihung neuerer Medientheorien zeigt, dass auch in der jüngeren Vergangenheit der Umfang des Begriffs variiert und sich z.B. nicht einmal das Kriterium der Übermittlung als konsensfähig erhalten wird. Gehört denn nun jeder Text, der das Wort „Medium“ pointiert verwendet, zum Kanon?

Wenn alte Wortbedeutungen doch „etwas bringen“,<sup>417</sup> wie zeichnen sie sich dann aus? Die historische Beschäftigung mit Medien und ihrer technischen Genese relativiert die absolute Stellung der

---

<sup>415</sup> Zielinski, Siegfried, S. 287. Die „eingreifende Medienproduktion“ wird zuvor dargestellt in: Zielinski, Siegfried: Zur Geschichte des Videorecorders. Berlin 1986.

<sup>416</sup> Vogl, Joseph: „Medien und Medien-Werden“. Manuskript eines Diskussionsbeitrags, S. 8.

<sup>417</sup> Dass der Rekurs auf alte „Wortbedeutungen nichts bringe“ war 1974 Schanzes Überzeugung. Siehe: Schanze, Helmut op.cit.

Schriftkultur. Geisteswissenschaft wird in der Lesart McLuhans und Kittlers als Effekt technischer Bedingungen darstellbar, ihre Inhalte wären in Telephon-, Radio-, Fernseh- und Computerkulturen andere. McLuhan spricht deshalb von der aussterbenden Kultur der wissenschaftlichen Mandarine, die zur Fragmentierung und zum Spezialistentum neigen. Er behält Künstlern die Rolle vor, die Effekte und Möglichkeiten innerhalb neuer medialer Situationen vorherzusehen. Bedeutet die Entdeckung der Relativität der auf schriftlicher Überlieferung basierenden Kulturen, dass Cassirer und Weyl zu den Mandarinern gezählt werden müssen, die sich um die Rettung einer „ernsthaften Kulturangelegenheit“ bemühen, die nach McLuhan im elektronischen Zeitalter obsolet geworden ist? Cassirer vergleicht Kulturen anhand schriftlicher Dokumente. Er misst sie absichtlich in der Philosophie der symbolischen Formen in Hinblick auf den Erkenntnisfortschritt, erwähnt jedoch auch die relative Berechtigung jeder symbolischen Formen. Die Technikgeschichte im Anschluss an Giedion kritisiert gerade das Primat der schriftlichen Überlieferung und betont, dass nicht-schriftliche Formen der Vermittlung technischen Wissens im Konflikt zu den Prämissen der institutionalisierten Historiker stehen. Technikgeschichte ist eine Möglichkeit, das Primat der schriftlichen Überlieferung in der Medienwissenschaft zu überwinden. Die vorliegende Untersuchung argumentiert jedoch philologisch und nicht techno-logisch, scheinbar wider besseren Wissen. Sie verdeutlicht das Unbehagen eines Mathematikers, sich philosophischen Begriffen und einer philosophischen Synthese anzupassen. Die schriftliche philosophische *Écriture* entspricht nicht der Praxis der mathematischen Forschung. In diesem Sinne folgte die Arbeit zwar den Buchstaben, markiert jedoch die Grenzen der buchstabentreuen Philosophie gegenüber der Forschungstätigkeit in den „exakten“ Wissenschaften. Sie verdeutlicht mit den Mitteln der Philologie die Andersartigkeit des mathematischen Denkens.

War dies aber überhaupt notwendig? Hat nicht die Mathematik durch die gewaltige Umgestaltung der Gesellschaft im Zeichen der Kybernetisierung längst ihre Vormachtstellung gegenüber der Philosophie bewiesen? Weyl ist nach 1945 nur sporadisch in philosophischen Untersuchungen rezipiert worden. Kann es nun Sinn der Arbeit gewesen sein, eine Renaissance Weyls in der Medientheorie zu befördern?

Ausdrücklich ist hier das Wechselverhältnis zwischen Cassirer und Weyl diskutiert worden. Wenn dabei das Gewicht hervorgehoben worden ist, dass Cassirer „idealen Elementen“ und dem synthetisierenden Verstand beimisst, dann sollte das „philomediale“ Grenzen des Denkens Cassirers bezeichnen, die im Wechselverhältnis zu Weyl aufleuchten und ein grundsätzliches Problem der philosophischen Auseinandersetzung mit Medien bezeichnen, nämlich das Primat der Schriftlichkeit des medientheoretischen Diskurses. Zwar artikulieren Deleuze und Derrida eine Kritik an der abendländischen Metaphysik und nähren eine Skepsis gegenüber der Allgemeingültigkeit der schriftlich tradierten Begriffe, gleichwohl verbleibt die gelehrte Auseinandersetzung mit Medien im Medium der Schriftlichkeit. Andere Medien sind denkbar: Godard formuliert mit den Mitteln der Videotechnik eine Geschichte des Kinos, David Larher formuliert mit Mitteln der Videotechnik eine Anschauung des Vakuums. Doch auch ihre Formulierungen bedienen sich der mündlichen Rede und der verschriftlichen Sprache, eine monomediale Darstellung ist nicht denkbar, so wenig wie eine schriftliche Darstellung denkbar ist, die vollkommen auf mediale Bezüge ausserhalb ihrer eigenen Medialität verzichten kann, ob spurenhaf oder realistisch abbildhaft. Ausserschriftliches holt den schriftlichen Diskurs immer wieder heim und verdeutlicht erst seine Medialität. In diesem Sinne ist die Beschäftigung mit Weyls erkenntnistheoretischen Schriften immer auch eine Beschäftigung mit Zeichen gewesen, die auf etwas verweisen, was die

philologische Analyse so nicht erfassen kann, wohl aber im Wechselverhältnis zwischen den Diskursen herausarbeiten kann. Medientheoretisch möchte ich das Bild des Blitzes dahingehend modifizieren, dass eine Medientechnik blitzartig eine andere Medientechnik im Hintergrund erhellt. Die rekonstruierende Produktion solcher Erhellungen betrachte ich als eine genuin medientheoretische Aufgabe, die nur gelingen kann, wenn sie die Differenzen herausarbeitet, die zwischen unterschiedlichen Ausdruckspraxen bestehen. Die philologische Untersuchung gestattet es, Differenzen in der Begriffsverwendung herauszuarbeiten und durch den synchronen oder diachronen Vergleich Standpunkte zu wechseln, um so Argumentationsmöglichkeiten zu eröffnen. Die Philologie ist nur eine mögliche Praxis im Umgang mit Medien. Eine philomediale Praxis nutzt den Wechsel zwischen Medientechniken, um Unterschiede herauszuarbeiten und insbesondere Differenzen in der technischen Konfiguration von Raum und Zeit so zu verdeutlichen, dass Alternativen zur Standardisierung erfahrbar werden. Diese philomedialen Praxis möchte ich mit Segalens Worten eine „Ästhetik des Diversen“ nennen. Divers ist sie weil, sie den unterstellten Verlust einer auratisch besetzten unvermittelten Wirklichkeit nicht nachvollzieht, sondern die Diskrepanzen erarbeitet. Den Praktikern dieser Ästhetik an der Kunsthochschule für Medien Köln ist diese Arbeit gewidmet.

## Literaturverzeichnis

### Schriften von Hermann Weyl

#### Sammlungen

Weyl, Hermann: Gesammelte Abhandlungen, Bd 1-4. Hrsg. von Chandrasheharan, K. Berlin 1968. (GA)

Weyl, Hermann: Selecta. Hrsg. von ETH Zürich und dem Institute for Advanced Studies in Princeton 1956

Weyl, Hermann: Le Continu et autres écrits. Notes introductives et traduction par Jean Largealul. Paris 1994

Auszüge in: J. Kockelmans e.a. (eds.): Phenomenology and the natural sciences. Evanston (Ill.) 1970.

#### Einzelne Schriften

Weyl, Hermann: "Über die Definitionen der mathematischer Grundbegriffe". In: Mathematisch-naturwissenschaftliche Blätter 7, 93-95 und 109-113 (1910). ND in GA I

Weyl, Hermann: "Henri Poincaré". In: Mathematisch-naturwissenschaftliche Blätter 9, 161-163 (1912). ND in GA I

Weyl, Hermann: Das Kontinuum. Kritische Untersuchungen über die Grundlagen der Analysis. Leipzig 1918

Weyl, Hermann: Raum, Zeit, Materie - Vorlesungen über eine allgemeine Relativitätstheorie. Berlin 1918

Weyl, Hermann: "Das Verhältnis der kausalen zur statistischen Betrachtungsweise in der Physik". In: Schweizerische Medizinische Wochenschrift (1920). ND in GA II

Weyl, Hermann: "Über die neue Grundlagenkrise der Mathematik". In: Mathematische Zeitschrift 10, 1921. Ergänzt durch einen Nachtrag für den Neuabdruck in: Selecta. ND in GA II

Weyl, Hermann: Was ist Materie? – Zwei Aufsätze zur Naturphilosophie. Berlin 1924

Weyl, Hermann: "Die heutige Erkenntnislage in der Mathematik". In: Symposion - Philosophische Zeitschrift für Forschung und Aussprache. Bd.1. 1927. ND in GA II

Weyl, Hermann: Gruppentheorie und Quantenmechanik. Leipzig 1928

Weyl, Hermann: Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft. München 1966 (EA München 1926)

Weyl, Hermann: "Felix Kleins Stellung in der mathematischen Gegenwart". (EA 1930) GA III

Weyl, Hermann: The open world - Three lectures on the metaphysical implications of science. New Haven 1932.

Weyl, Hermann. Unveröffentlichtes Manuskript der Rede zur Bicentennial Conference an der Princeton University 1944. Das Manuskript wurde mir freundlicherweise von Skúli Sigurdsson zur Verfügung gestellt. Aus dem Archiv der ETH Zürich HS 91a 18

Weyl, Hermann: "Encomium (Wolfgang Paul)". In: Science 103, 216-218 (1946). ND in GA IV

Weyl, Hermann: "The philosophy of Bertrand Russell". In: The American Mathematical Monthly 53, 208-214 (1946). ND in GA IV

Weyl, Hermann: "Wissenschaft als symbolische Konstruktion des Menschen". In: Eranos-Jahrbuch 1948 (1949). ND in GA IV

Weyl, Hermann: "Über den Symbolismus der Mathematik und mathematischen Physik". In: Studium generale 6 (1953). ND in GA IV

Weyl, Hermann: "Erkenntnis und Besinnung - Ein Lebensrückblick". In: Studia Philosophica. Jahrbuch der Schweizerischen Philosophischen Gesellschaft (1954) ND in GA IV

Weyl, Hermann: "Rückblick auf Zürich aus dem Jahr 1930". In: Schweizerische Hochschulzeitung 28, 180-189 (1955). ND in GA IV

Weyl, Hermann: "Address on the Unity of Knowledge delivered at the Bicentennial Conference of Columbia University, 1954. In: GA IV

Weyl, Hermann: Symmetrie. Basel 1955. (EA Princeton 1951)

Des weiteren habe ich den Nachlass Weyls im Archiv der ETH Zürich (HS 91) eingesehen.

Prof. Dr. Pesi Masani stellte mir freundlicherweise Kopien von Briefen Weyls an Norbert Wiener zur Verfügung.

## Hermann Weyl als Herausgeber

Riemann, Bernhard: Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. Neu herausgegeben und erläutert von Hermann Weyl. Berlin 1919

Gemeinsam mit Hilbert und Speiser: Abhandlungen von Minkowski (1864-1909). Leipzig 1911

## Verwendete Forschungsliteratur zu Weyl

Bott, Raoul: "On induced representations". In: Wells, R.O. (ed.) Bouveresse, J.: "Weyl, Wittgenstein et le problème du continu". In: H. Sinaceur/ J. M. Salanski (eds.): Le continu mathématique. Berlin 1993

Breger, Herbert: "Leibnitz, Weyl und das Kontinuum". In: A. Heinekamp (Hrsg.): Beiträge zur Wirkungs- und Rezeptionsgeschichte von Leibnitz (Studia Leibnitiana Supplementa, Bd. 26) Stuttgart 1986

Breger, Herbert: "Möglichkeit, Konstruktion, Geschichte: Bemerkungen zur Erkenntnistheorie Hermann Weyls" In: Deppert u.a.

Chevalley, Catherine: "Hermann Weyl". In: Dictionnaire des philosophes. Paris 1984

Chevalley, Catherine/Weil, André: "Hermann Weyl". In: Extrait de L'Enseignement Mathématique, tom III, fasc. 3 (1957). ND in GA 4.

Deppert, Wolfgang/ Hübner, Kurt/ Oberschelp, Arnold/ Weidemann, Volker (Hrsg.): Exact sciences and their philosophical Foundations (Kongreß in Kiel 1985). Frankfurt/M. 1988

Deppert, Wolfgang: Hermann Weyl - Leben und Werk. Ausstellung im Elmshorner Rathaus am 8.12. 1985

Ehlers, Jürgen: "Vorwort". In: Weyl, Hermann: Raum-Zeit-Materie (8.Auflage). Berlin 1993

ETH Zürich (Hrsg.): Hermann Weyl - Centenary lectures by C.N. Yang, Roger Penrose und A. Borel. Berlin 1986

Frei, Günter und Stambach, Urs: Hermann Weyl und die Mathematik an der ETH Zürich 1913-1933. Basel/Berlin 1992

Freudenthal, Hans: "Hermann Weyl - Der Dolmetscher zwischen Mathematikern und Physikern um die moderne Interpretation von Raum, Zeit und Materie. In: Schwerte, Hans/Spengler, Wilhelm: Forscher und Wissenschaftler im heutigen Europa. Oldenburg 1955

Kerszberg, Pierre: "Sur la physique et la phénoménologie de Hermann Weyl". In: *Études phénoménologiques*, 3 (1986)

Majer, Ulrich: "Zu einer bemerkenswerten Differenz zwischen Brouwer und Weyl". In: Deppert u.a.

Penrose, R.: "Fundamental asymmetry in physical laws". In: Wells

Tonietti, T.: "Four letters of Edmund Husserl to Hermann Weyl and their context. In: W. Deppert e.a.

Sigurdson, Skúli: *Hermann Weyl, Mathematics and Physics, 1900-1927*. Ph.D. diss. Harvard University, 1991

Sigurdsson, Skúli: "Journeys in Spacetime". In: Scholz, Erhard (ed.)

Scholz, Erhard (ed.) *Hermann Weyls's Raum-Zeit-Materie and a General Introduction to His Scientific Work*. Basel 2001

Wells, R. O. Jr. (Editor): *The Mathematical Heritage of Hermann Weyl*. Proceedings of Symposia in Pure Mathematics, Vol. 48. American Mathematical Society Providence, Rhode Island. (Proceedings of the Symposium on the Mathematical Heritage of Hermann Weyl Held at Duke University Durham, North Carolina. May 12-16 1987)

### **Hand- und Wörterbücher**

A Greek-English Lexicon compiled by Henry George Liddel und Robert Scott: Oxford 1996

Deutsches Fremdwörterbuch. Begründet v. Hans Schulz, fortgeführt von Otto Basler, weitergeführt im Institut für deutsche Sprache, hier Band 3, Berlin 1942

Deutsches Wörterbuch von Jacob und Wilhelm Grimm. München 1984

Duden Rechnen und Mathematik. Mannheim 1994

Griechisches Etymologisches Wörterbuch Bd.1 von Hjalmar Frisk Heidelberg 1960

Griechisch-Deutsches Handwörterbuch von W. Pape. 2.Bd: Graz 1954

Handbuch der Semiotik von Winfried Nöth. 2.Auflage. Stuttgart: Metzler, 2000

Historisches Wörterbuch der Philosophie. Hrsg. von Joachim Ritter und Karlfried Gründer. Basel 1971-

Lateinisches Etymologisches Wörterbuch von Walde.

Neubearbeitet von J.B. Hofmann. Heidelberg 1954

Lateinisch-Deutsches Handwörterbuch in zwei Bänden von

Heinrich Georges. Achte Auflage. Darmstadt 1988

The Oxford English Dictionary Second Edition. Oxford 1989

Wörterbuch zur Erklärung und Verdeutschung der unserer Sprache aufgedrungenen fremden Ausdrücke von Joachim Heinrich Campe.

Braunschweig 1813

### **Literatur**

Aristoteles: Metaphysik. Übersetzt von Franz F. Schwarz. Stuttgart 1984

Bachelard, Gaston: Der neue wissenschaftliche Geist. Frankfurt 1988 (EA Paris 1934)

Balke, Friedrich: "Das Ethos der Epistemologie"- Nachwort zu: Bachelard, Gaston: Epistemologie. Ausgewählt von Dominique Lecourt. Frankfurt/M. 1993

Balka, Ellen: "Rethinking 'The Medium is the Message': Agency and Technology in McLuhan's Writings". In: Media International Australia, February 2000

Badiou, Alain: L'être et l'événement. Paris: Éditions du Seuil, 1988

Barck, Karlheinz: "Harold Adams Innis - Archäologe der Medienwissenschaft". In: Innis, H.A.

Bartels, Klaus: "Kybernetik als Metapher- Der Beitrag des französischen Strukturalismus zu einer Philosophie der Information und der Massenmedien". In: Bracker, Helmut /Wefelmeyer: Kultur - Bestimmungen im 20. Jahrhundert. Frankfurt/M.1990

Barthes, Roland: "Die strukturalistische Tätigkeit". In: Kursbuch 5 (Mai 1966)

Becker, Oskar: Grundlagen der Mathematik in geschichtlicher Entwicklung. München 1964 (2. erweiterte Auflage)

Benesh-Weiner, Marijana: "In Memory". In: Heider, Fritz: The Notebooks – Vol. 6. Units and Coinciding Units. München-Weinheim 1989

Bense, Max: "Kybernetik oder die Metatechnik einer Maschine". In: Pias, Claus u.a.: Kursbuch Medienkultur. Stuttgart 1999

Blumenberg, Hans: Das Lachen der Thrakerin, Frankfurt/M. 1987

Bohr, Niels: "Atomtheorie und Mechanik". In: Die Naturwissenschaften. Heft 1 1926

Braun, Hans-Jürgen/ Holzhey/Helmut/ Orth, Ernst Wolfgang (Hrsg.): Ernst Cassirers Philosophie der symbolischen Formen. Frankfurt/M. 1980

- Broch, Hermann: "Die sogenannten philosophischen Grundlagen einer empirischen Wissenschaft"(EA 1928). In: Ders.: Kommentierte Werkausgabe Bd. 10/1 – Philosophische Schriften 1. Frankfurt/Main 1986
- Broch, Hermann: "Gedanken zum Problem der Erkenntnis in der Musik" (Für Arnold Schönberg) (EA 1934). In Ders.: Kommentierte Werkausgabe 10/2 - Philosophische Schriften 2 – Theorie. Frankfurt/M. 1986
- Broch, Hermann: "Joyce und die Gegenwart". In Ders.: Kommentierte Werkausgabe 9/1 – Schriften zur Literatur. Frankfurt/Main 1986
- Brouwer, Luitzen E. J: *Leven, Kunst ein Mystiek*. Delft 1905
- Brouwer, Luitzen E. J.: *Collected Works I*. Edited by A. Heyting. Amsterdam 1975
- Cacciari, Massimo: *Icone della Legge*. Milano 1985
- Cacciari, Massimo: *Gewalt und Harmonie*. München 1995 (EA Milano 1994)
- Carson, Cathryn: "Who wants a Postmodern Physics?". In: *Science in Context* 8, 4 (1985)
- Cassirer, Ernst: *Substanzbegriff und Funktionsbegriff - Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik*. Darmstadt 1980 (EA Berlin 1910)
- Cassirer, Ernst: *Kants Leben und Lehre*. Darmstadt 1994 (EA Berlin 1918)
- Cassirer, Ernst: *Philosophie der symbolischen Formen*. Bd.I-III, Darmstadt 1994 (EA Berlin 1923-1929)
- Cassirer, Ernst: *Zur Einsteinschen Relativitätstheorie*. Berlin 1921
- Cassirer, Ernst: "Form der Technik" (EA Berlin 1930). In: Ders.: *Form, Technik, Sprache*. Hamburg 1985
- Cassirer, Ernst: „Formproblem und Kausalproblem“. In Ders.: *Zur Logik der Kulturwissenschaften*. Darmstadt 1961 (EA Göteborg 1942)
- Cassirer Ernst: *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*. Vierter Band. Darmstadt 1973 (EA New Haven 1950)
- Cassirer, Ernst: *Versuch über den Menschen – Einführung in eine Philosophie der Kultur*. Hamburg 1996 (EA New Haven 1944)
- Cassirer, Ernst: *Vom Mythos des Staates*. Zürich 1949 (EA Yale 1946)
- Casti, John L.: *Das Cambridge Quintett*. Berlin. 1998 (EA Reading 1998)
- Dawson, John W.: *Kurt Gödel: Leben und Werk*. Wien 1999 (EA Wellesley 1997)
- Deleuze, Gilles: *Logik des Sinns*. Frankfurt/M. 1993 (EA Paris 1969)
- Deleuze, Gilles: *Differenz und Wiederholung*. München 1992 (EA Paris 1968)

- Deleuze, Gilles/ Guattari, Felix: Tausend Plateaus. Berlin 1993 ( EA Paris 1980)
- Deleuze, Gilles/ Guattari, Felix: Was ist Philosophie? Frankfurt/M. 1996 (EA Paris 1991)
- Dertouzos, Michael: What Will Be - Die Zukunft des Informationszeitalters. Wien 1999 (EA New York 1997)
- Einstein, Albert: Collected Papers Vol.8. Part B: 1918. Edited by Schulmann, R. e.a., Princeton 1998
- Engell, Lorenz/ Vogl, Joseph: "Vorwort". In: Kursbuch Medienkultur - Die maßgeblichen Theorien von Brecht bis Baudrillard. Stuttgart 1999
- Ferber, Rafael: Zenons Paradoxien der Bewegung und die Struktur von Raum und Zeit. Stuttgart 1995 (2.Auflage)
- Fölsing, Albrecht: Albert Einstein - Eine Biographie. Frankfurt/M. 1995
- Graubard, Stephen R. (Hrsg.): Probleme der Künstlichen Intelligenz. Wien 1996 (EA Cambridge/ Mass. 1989)
- Guattari, Felix: Die drei Ökologien. Wien 1994 (EA Paris 1989)
- Gurwitsch, Aaron: Leibniz-Philosophie des Panlogismus. Berlin 1974
- Hegel, Georg W. F.: Phänomenologie des Geistes: Frankfurt/M. 1989 (Bamberg 1807)
- Heidegger, Martin: Die Kategorien- und Bedeutungslehre des Duns Scotus. (EA Tübingen 1916) ND in Frühe Schriften Bd. 1. Frankfurt/M. 1978
- Heidegger, Martin: Sein und Zeit. (17. Auflage) Tübingen 1993 (EA Jahrbuch für Philosophie und phänomenologische Forschung Frühjahr 1927)
- Heidegger, Martin: Beiträge zur Philosophie (Vom Ereignis). Frankfurt/Main 1989
- Heidegger, Martin: Nietzsche. Pfullingen 1989
- Heidegger, Martin: Die Technik und die Kehre. Stuttgart 1996
- Heider, Fritz: The Notebooks – Vol. 6. Units and Coinciding Units. München-Weinheim 1989
- Heintz, Bettina: Die Herrschaft der Regel: Zur Grundlagengeschichte des Computers. Frankfurt/M. 1993
- Heintz, Bettina: "Die Intransparenz der Zeichen - Mathematik, Kunst und Kommunikation. In: Huber, Jörg/ Heller, Martin (Hrsg.): Konturen des Unentschiedenen. Basel 1997
- Helmholtz, Hermann von: "Zählen und Messen erkenntnistheoretisch betrachtet". In: Ders.: Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. III. Leipzig 1895 (Zuerst erschienen: Philosophische Aufsätze, Eduard Zeller zu seinem fünfzigjährigen Doctorjubiläum gewidmet. Leipzig 1887
- Herken, Rolf (ed.) The universal Turing Machine. Berlin 1988
- Hiebel, Hans H.; Hiebler, Heinz; Kogler; Waltitsch, Herwig: Die Medien. München, 1998

- Hilbert, David: "Die Theorie der algebraischen Zahlkörper". In: Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung Bd. 4., (1897). ND In: Gesammelte Abhandlungen I, Berlin: Springer 1932
- Hilbert, David: Neubegründung der Mathematik. Erste Mitteilung. Abhandlungen aus dem Math. Seminar d. Hamb. Universität Bd.1. 1922. ND in: Gesammelte Abhandlungen I-III. Berlin 1932, Bd. III
- Hilbert, David: "Die logischen Grundlagen der Mathematik". In: Mathematische Annalen Bd. 88, 1923. ND In Gesammelte Abhandlungen I-III
- Hodges, Andrew: Alan Turing, Enigma. Berlin 1989 (EA London 1983)
- Hofmannsthal, Hugo: "Ein Brief" In: Sämtliche Werke XXXI. Frankfurt/M.: S. Fischer, 1991 (EA Der Tag Berlin 1902)
- Hübener, Wolfgang: "Die Ehe des Mercurius und der Philologie - Prolegomena zu einer Theorie der Philosophiegeschichte". In: Bolz, Norbert (Hrsg.): Wer hat Angst vor Philosophie? Paderborn 1982
- Husserl, Edmund: Gesammelte Schriften. Hrsg. v. Elisabeth Ströker. Hamburg 1992.
- Husserl Edmund: Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie. Tübingen: Max Niemeyer Verlag, 1993 (Nach der 2. Auflage 1922)
- Ihmig, Karl-Norbert: "Cassirers Rezeption des Erlanger Programms von Felix Klein". In: Plümacher, M. e.a. (Hrsg.): Einheit des Geistes. Frankfurt/M 1996
- Innis, Harold: Kreuzwege der Kommunikation - Ausgewählte Texte. Hrsg. von Karlheinz Barck. Wien 1997
- Kant, Immanuel: Werke. Hrsg. von Wilhelm Weischedel. Darmstadt 1983 (EA Darmstadt 1960)
- Kirchmann, Kay: Verdichtung, Weltverlust und Zeitdruck. Grundzüge einer Theorie der Interdependenzen von Medien, Zeit und Geschwindigkeit im neuzeitlichen Zivilisationsprozess. Leverkusen 1997
- Kittler, Friedrich: "Die Welt des Symbolischen- eine Welt der Maschine" (Stuttgart 1989). In: Ders.: Draculas Vermächtnis Leipzig 1993
- Ketelsen, Christel: Die Gödelschen Unvollständigkeitssätze. Stuttgart 1994
- Klein, Felix: Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert. Teil 1. Berlin 1926
- König, Wolfgang/Weber, Wolfhard: Netzwerke Stahl Strom - 1840 bis 1914. Propylän Technikgeschichte Bd. 4, Berlin 1997
- Knilli, Friedrich: "Medium". In: Faulstich, Werner (Hrsg.): Kritische Stichwörter - Medienwissenschaft. München 1979
- Knilli, Friedrich/ Reiss, Erwin/ Zielinski, Siegfried: "Hörfunk". In: Faulstich, Werner (Hrsg.)
- Krämer, Sybille: (Hrsg.): Medien Computer Realität - Wirklichkeitsvorstellungen und Neue Medien. Frankfurt/M 1998

Krämer, Sybille: "Zentralperspektive, Kalkül, Virtuelle Realität". In: Vattimo, Gianni, Welsch, Wolfgang (Hrsg.) Medien-Welten-Wirklichkeiten. München 1998

Lautmann, Albert: Essai sur l'unité des sciences mathématiques dans leur développement actuel. In: Ders.: Essai ... et divers écrits. Paris: Union générale d'Éditions, 1977 (EA. Paris: 1939)

Lefebvre, Henri: Metaphilosophie - Prolegomena. Frankfurt/M. 1975 (Paris 1965)

Leibniz, Gottfried Wilhelm -Deutsche Werke in vier Bänden in der Zusammenstellung von Ernst Cassirer. Hamburg 1996 (EA 1904-1915)

Leopold, Cornelia: "Semiotik und die Grundlagen der Mathematik". In: Zeitschrift für Semiotik. Bd. 13 (1991)

Leuer, Drew: "Modes of Totalization: Heidegger on Modern Technology and Science". Philosophy Today 29 (Fall 1985)

Lévinas, Emmanuel: Die Spur des Anderen - Untersuchungen zur Phänomenologie und Sozialphilosophie. Freiburg, 1992

Mansfeld, Jaap: Die Vorsokratiker I. Stuttgart 1983

Masani, Pesi R.: Norbert Wiener 1894-1964. Basel 1990

Mathieu, Marion: "Wittgenstein and Finitism". In: Synthese Vol 105 (1995)

Mehrtens, Herbert: Moderne, Sprache, Mathematik. Frankfurt/M. 1990

Meschkowski, Herbert: Mathematik verständlich dargestellt. Wiesbaden 1997

Miller, Arthur I.: "Visusalisation Lost and Regained: The Genesis of the Quantum Theory in the Period 1913-1927. In: Druckrey, Timothy (ed.): Electronic Culture - Technology and Visual Representation. New York 1996

McCulloch, Warren: Verkörperungen des Geistes. Wien 2000 (EA Cambridge/Mass. 1965)

McLuhan, Marshall: Understanding Media. Cambridge/Mass. 1994 (EA New York 1964)

McLuhan, Marshall: "Forword". In: Innis, Harold: Empire and Communications. Revised by Mary Q. Innis. Toronto 1972

Nolte, Ernst: Heidegger - Politik und Geschichte im Leben und Denken. Berlin 1992

Ortega y Gasset, José: Der Prinzipienbegriff bei Leibniz und die Entwicklung der Deduktionstheorie. München 1966

Ott, Hugo: Martin Heidegger - Unterwegs zu seiner Biographie. Frankfurt/M. 1988

Paetzold, Heinz: Ernst Cassirer – Von Marburg nach New York. Darmstadt 1995

- Penrose, Roger: "Interview with Jane Clark". In: *Journal of Consciousness*, 1, No.1. 1994
- Petrov, J.A.: *Logische Probleme der Realisierbarkeits- und Unendlichkeitsbegriffe* (Mit einem Nachwort von Horst Wessel). Berlin 1971
- Read, Herbert: *Philosophy of Modern Art*. London 1964
- Rill, Ingo: *Symbolische Identität – Dynamik und Stabilität bei Ernst Cassirer und Niklas Luhmann*. Würzburg 1995
- Rössler, Otto E.: *Das Flammenschwert*. Bern 1996
- Sandkühler, Hans Jörg: *Die Wirklichkeit des Wissens*. Frankfurt/M. 1991
- Saussure, Ferdinand de: *Grundlagen der Allgemeinen Sprachwissenschaft*. Berlin 1967 (EA Paris 1916)
- Schanze, Helmut: *Medienkunde für Literaturwissenschaftler. Einführung und Bibliographie*. München 1974
- Schneider, Norbert: *Erkenntnistheorie im 20. Jahrhundert - Klassische Positionen*. Stuttgart.1998
- Simon, Herbert A.: *Die Wissenschaften vom Künstlichen*. Berlin 1990 (EA Cambridge/Mass. 1981)
- Soutif, Daniel: *Le Temps, vite - Catalogue de l'exposition*. Paris - Centre Pompidou, 13 janvier au 17 avril 2000
- Spreen, Dierk: *Tausch, Technik, Krieg. Die Geburt der Gesellschaft im technisch-medialen Apriori*. Hamburg 1998
- Stigt, Walter P. van: *Brouwers Intuitionism*. North-Holland 1990
- Sykes, Geoffrey: "'Everyone's Deep Politics Began to Show': Bursting the Acoustic Space of Herbert M. McLuhan". In: *Media International Australia*, February 2000
- Thiel, Christian: *Philosophie und Mathematik – Eine Einführung in ihre Wechselwirkungen und in die Philosophie der Mathematik*. Darmstadt 1995
- Turing, Alan: "Rechenmaschinen und Intelligenz" (EA *Mind* 59, 1950). In: Ders.: *Intelligence Service*, Berlin 1987
- Turing, A.: *Intelligente Maschinen* (EA: 1969/Verfasst im Sommer 1948). In: Ders.: *Intelligence Service*
- Turing, Alan: "Über berechenbare Zahlen mit einer Anwendung auf das Entscheidungsproblem". In: Derselbe: *Intelligence Service* (EA 1937)
- Vogl, Joseph: "Für eine Poetologie des Wissens". In: Richter, Karl/Schönert, Jörg/Titzmann, Michael (Hrsg.): *Die Literatur und die Wissenschaften 1170-1930*. Stuttgart 1997
- Vogl, Joseph: "Medien und Medien-Werden". Manuskript eines Diskussionsbeitrag
- Weyl, Hermann: *Der Epileptiker - Erzählung*. Ems 1927

- Wien, Hermann: "Die Sprache in Philosophie und Dichtung - Prolegomena zur Relativitätstheorie der Sprache". In: Sprache im Technischen Zeitalter 1964/1965
- Wiener, Norbert: Kybernetik. Düsseldorf 1992 (EA Cambridge/Mass. 1948 und 1961)
- Wiener, Oswald: "Ziel der Erkenntnistheorie, Maschinen zu bauen, die Lügen können". ND in: Wiener, Oswald: Schriften zur Erkenntnistheorie. Wien 1996
- Winkler, Hartmut: "Über Computer-Medien und andere Schwierigkeiten". In: Ästhetik und Kommunikation 199
- Zeller, Eduard: "Über Bedeutung und Aufgabe der Erkenntnistheorie". In: Ders.: Vorträge und Aufsätze. 2. Sammlung. Leipzig 1877
- Zielinski, Siegfried: Audiovisionen - Kino und Fernsehen als Zwischenspiele in der Geschichte. Reinbek 1989
- Zielinski, Siegfried: Zur Geschichte des Videorecorders. Berlin 1986

### **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, Nils Röller, eidesstattlich, dass ich ausser den erwähnten Hilfsmitteln keine weiteren bei der Verfassung der Dissertation verwendet habe.

Nils Röller

Köln, den 11. Dezember 2000

### **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, Nils Röller, eidesstattlich, dass ich ausser den erwähnten Hilfsmitteln keine weiteren bei der Verfassung der vorliegenden Dissertation verwendet habe.

Nils Röller

Köln, den 11. Dezember 2000