Dieter Mersch

DIE GEBURT DER MATHEMATIK AUS DER STRUKTUR DER SCHRIFT

1. Mathematische Skripturen

Skripturen der Mathematik lassen sich vordergründig als Systeme unterschiedlicher Zeichen, Marken oder Grapheme verstehen, die unterschiedliche Aufgaben erfüllen: Buchstaben und Matrizen in der Algebra, Funktionalausdrücke und Graphen in der Analysis, Operatoren in der mathematischen Logik und Mengentheorie, komplexe Figuren oder nichteuklidische Räume in Geometrie und Differentialgeometrie oder auch so seltsame Gebilde wie topologische Knoten, Quaternionen, Verbände und Netze. Das „Buch der imaginären Wesen“, schrieb Jorge Louis Borges, würde neben Einhorn und Sphinx auch die Aufnahme „des Punktes, der Geraden, der Oberfläche, des Hyperraumes (...) rechtfertigen“.[1] Imaginäre Wesen aber sind Fiktionen. Sie besitzen keinen existierenden Referenten; sie fungieren vielmehr als Platzhalter für Möglichkeiten; sie haben den Status von Konstruktionen, von Modellen. Was, wäre entsprechend zu fragen, bezeichnen z. B. „x“, das Elementzeichen „$\in$“, ein Integrationssymbol „$\int$“ oder ein Funktionsterm wie „f“? Kommt ihnen außerhalb des Kalküls, ihres formalen Systems, worin sie ihre Definition erfahren, ein lesbarer Sinn zu? Ist ein logisches Symbol ein Element der Sprache oder lediglich ein abstrakter Operator?

Die folgenden Überlegungen sind solchen Fragen, insbesondere der Frage nach dem Format des mathematischen Zeichens gewidmet. Sie führt zur Frage nach der Struktur des Mathematischen und ihrem Verhältnis zur „Schrift“ zurück. Von Anbeginn an waren nämlich Arithmetik oder Numerik und Geometrie, aber auch die Zahlenmagie, die eng mit dem mathematischen Gebäude verbunden war, mit dem Arsenal der Schrift verquickt. Denn die Zahl als dessen Paradigma, die geometrische Figur oder Vektoren und Vektorräume existieren allein im Medium von Schriftlichkeit, die erlaubt, mit ihnen komplexe Rechnungen durchzuführen.[2] Überhaupt lässt sich das Mathematische als ein

1 Borges, Jorge Louis, *Einhorn, Sphinx und Salamander*, München, 1982, S. 7.

2 Die medientheoretische Verbindung von Schrift und Zahl ziehen schon McLuhan und Flusser. Vgl. McLuhan, Marshall, *Die magischen Kanäle*, Frankfurt/Main, Hamburg, 1970, S. 110 ff., Flusser, Vilém, *Die Schrift*, Göttingen, 2. Aufl., 1989, S. 26 ff. Desgleichen auch Kittler, Friedrich A., „Zahl und Ziffer“, in: Sybille Krämer, Horst Bredekamp (Hg.), *Bild – Schrift – Zahl*, München, 2003, S. 193-204. Es ist allerdings verwirrend, dass McLuhan ebenso wie Flusser die „Zahl“ wiederum mit Wahrnehmungsfunktionen in Verbindung zu bringen suchen, so McLuhan mit dem Tastsinn, Flusser mit dem Bild. Die Rückführung erliegt dem Versuch, die Medialität der Zahl als Erweiterungsfunktion einer anthropologischen Grundausstat-

formales Operieren im Schriftlichen charakterisieren, und es ist diesem Umstand geschuldet, dass beide, Zahl und Schrift, von Anfang an mythisch zusammengedacht wurden. Ägypter wie Griechen legten ihre Erfindung der Gottheit Theuth bzw. dem Halbgott Prometheus in die Hände, wobei Theuth bei Platon im Zusammenhang mit der Schrifterfindung genannt wird[3] und Aischylos in seiner Tragödie vom *Gefesselten Prometheus* in ihm den großen *Technikos* erkennt, der den Menschen ebenso den Gebrauch des Feuers, des Haus- und Schiffbaus wie der Heilkunst und des Sternenlaufs lehrte. Weiter heißt es: „Die höchste Weisheit lehrt ich sie, die Zahl, der Schrift Gefüge, der Bewahrerin, kunstreicher Mutter aller Wissenschaft".[4]

Dabei erscheint es müßig darüber zu spekulieren, was früher war, die Zahl oder die Schrift – vielmehr lautet die These, dass es Mathematik ausschließlich im Rahmen von Schriftkultur gibt. Nicht nur genügen dem Mathematiker für seine Berechnungen, nach der bekannten Karikatur, Papier und Bleistift, sondern Figuren, Graphen, algebraische Tabellen genauso wie Funktionsscharen, logische Symbolismen oder fraktale Mengen erweisen sich als genuine Schriftgebilde, die ihre Relevanz wiederum einzig im Kontext komplexer Skripturen besitzen, so dass – und dies ist im Grunde ebenso einzigartig wie trivial – die Mathematik als Praxis sich allein im Kontext von Schrift und Schriftlichkeit entwickelt hat und die Geschichte der Mathematik mit deren historischen Systemen allererst anhebt. Alle anderen Wissenschaften verwendeten zusätzlich andere Medien: Bilder, Experimente sowie Instrumente oder technische Dispositive – dagegen ist die Mathematik die einzige Wissenschaft, die allein im Repertoire von Schrift arbeitet, ja sie zeigt sich derart an die Schrift gekoppelt, dass kein mathematisches Wissen, keine Rechnung und kein Beweis sich nicht der Operationalität dieses spezifischen Mediums und seiner besonderen Struktur verdankte.

2. Der Begriff ‚Schrift'

„Schrift" bezeichnet indessen für Jacques Derrida kein Notat, das etwas anderes aufzeichnet, schon gar nicht die Sprache, sondern eine sich in jedem Zeichensystem manifestierende Strukturalität. Sie beruht auf einer Ordnung von Differenzen, deren Agens der Differenzierung den Charakter eines Ereignens besitzt. Das bedeutet: Die Struktur entfaltet sich als oppositionelles Schema aus lauter Gegensatzpaaren, wobei ihre Differentialität nicht selbst wieder ein Element innerhalb der Struktur darstellt, nicht einmal im Register der

---

tung zu verstehen; sie verkennt die wesentlich syntaktische Funktion der Zahl, wie sie am Adäquatesten strukturalistische Theorien ausdrücken.

3 Platon, *Phaidros*, 274c f.

4 Aischylos, *Der gefesselte Prometheus*, in: ders., *Gesamtausgabe der griechischen Tragödien*, Bd. II, übers. v. Ernst Buschor, Zürich, München, 1979, S. 105.

Schrift nennbar erscheint, weshalb ihr Name – *différance* – durch den unhörbaren Wechsel des Buchstabens, einer „Fehlschreibung", aus der Schrift heraus fällt.[5] Mithin ergibt sich in Bezug auf die Differentialität der Differenzen ein *Sprung* in eine Unbestimmtheit, die den Theoremen der Unentscheidbarkeit mathematischer Systeme nicht unähnlich ist.[6] Insgesamt beruht dabei die Schrifttheorie der *Grammatologie* auf drei fundamentalen Thesen: (i) *Erstens*, die Schrift besteht – qua „Marken" (*marque*) – aus Zeichen von Zeichen. Das bedeutet, Zeichen gewinnen ihre Identität nur als formale Stellen, als Positionen; sie fungieren als Signifikanten ohne „transzendentale(s) Signifikat()", d. h. die „Verweise verweisen auf Verweise", wie Derrida schreibt.[7] Damit ergibt sich eine relationale Struktur, die ihren Halt in keiner ontologisch determinierten Repräsentation findet, sondern in der Haltlosigkeit frei flottierender Zeichenketten. (ii) *Zweitens*, die Schriftmarken sind selbst konstituiert vermittels des Prinzips der *Iterabilität*, der „Wiederholbarkeit", denn jedes Zeichen muss, wie es in der Edmund Husserl gewidmeten Schrift *Die Stimme und das Phänomen* heißt, um zirkulieren zu können und damit lesbar zu sein, notwendig wiederhol*bar* sein: „Denn ein Signifikant (überhaupt) muss in seiner Form trotz aller ihn modifizierenden Unterschiedlichkeit seines empirischen Auftretens stets wiederzuerkennen sein. Er muss *derselbe* bleiben und als derselbe immer wiederholt werden können, trotz der Deformationen und durch sie hindurch, die das, was man empirisches Ereignis nennt, ihm notwendigerweise zufügt. Ein Phonem oder Graphem (...) kann (...) als Zeichen und als Sprache überhaupt nur insofern fungieren, als seine formale Identität es wiederzugebrauchen und wiederzuerkennen gestattet."[8] Denn es gibt kein Zeichen noch ein Wort, wie *Die Schrift und die Differenz* hinzusetzt, „das nicht durch die Möglichkeit seiner Wiederholung konstruiert ist. Ein Zeichen, das sich nicht wiederholt, das nicht schon durch die Wiederholung in seinem ‚ersten Mal' geteilt ist, ist kein Zeichen. (...) Der bedeutende Verweis muss deshalb, um jedes Mal auf dasselbe verweisen zu können, ideal sein – die Idealität aber ist nur das gesicherte Vermögen der Wiederholung."[9] Wiederhol*barkeit* gehört

---

5 Vgl. Derrida, Jacques, „Die Différance", in: ders., *Randgänge der Philosophie*, Wien, 2. Aufl., 1999, S. 31-56, hier besonders S. 31 f.

6 Kaum durchdacht ist bislang, wie sehr sich die Dekonstruktion Derridas Motiven verdankt, die ihren Ursprung in den Unvollständigkeits- und Unentscheidbarkeitstheoremen Kurt Gödels haben.

7 Derrida, Jacques, *Grammatologie*, Frankfurt/Main, 1974, S. 511; auch: S. 43, 86 ff.

8 Derrida, Jacques, *Die Stimme und das Phänomen*, Frankfurt/Main, 1979, S. 103. Der Ausschluss des „Einmal" deckt sich mit Wittgensteins Zurückweisung einer Privatsprache: „Ist, was wir ‚einer Regel folgen' nennen, etwas, was nur *ein* Mensch, nur *einmal* im Leben, tun könnte? (...) Es kann nicht ein einziges Mal nur ein Mensch einer Regel gefolgt sein. Es kann nicht ein einziges Mal nur eine Mitteilung gemacht, ein Befehl gegeben, oder verstanden worden sein etc." Wittgenstein, Ludwig, *Philosophische Untersuchungen*, Frankfurt/Main, 1971, § 199, S. 105.

9 Derrida, Jacques, „Das Theater der Grausamkeit und die Geschlossenheit der Repräsentation", in: *Die Schrift und die Differenz*, Frankfurt/Main, 1972, S. 351-379, hier: S. 373 u. 374 passim.

demnach, wie übrigens auch schon Charles Sander Peirce und Ferdinand de Saussure erkannten[10], zu den unabdingbaren Bedingungen des Zeichens *als* Zeichen. Sie sichert ihm gleichermaßen seine Identität wie seine Konstitution als Zeichen, dem auf diese Weise immer schon eine skripturale Verfasstheit, ein Charakter von Schriftlichkeit innewohnt. Eben deshalb ist jedes Zeichen primär „Marke", womit bereits dessen Wiederverwendbarkeit im Sinne seiner Vervielfältigung, seiner Zitation oder seiner „Aufpfropfung" auf einen anderen Kontext ebenso mitgedacht ist, wie gleichermaßen seine Funktion als Archiv, als Speicher oder Ort einer Aufzeichnung und Einschreibung. (iii) *Drittens* bedeutet „Iteration" für Derrida gleichzeitig immer schon „Alteration", weil sich das Ereignis der Singularität jedem faktischen Gebrauch eines Zeichens unterschiebt und es verändert.[11] Folglich schließt jede Wiederholung einer Marke als dessen Wieder-Holung in einem anderen Kontext im Sinne seiner gleichzeitigen Dekontextualisierung und Rekontextualisierung seine Verschiebung mit ein.

Dem Schluss ist aber offenbar der Übergang vom Logischen zum Grammatologischen bereits immanent. Denn logisch würde die Identität der Wiederholung vorausgehen, statt ihr nachzufolgen, wohingegen umgekehrt die Wiederholung die Identität konstituiert, wenn das Zeichen oder die Schriftmarke an den Anfang gestellt wird und sie artikuliert. Denn in dem Maße, wie die Logik der Darstellung durch Zeichen bedarf, bleiben auch ihre Prinzipien dem Diktum der Iterativität unterworfen, die aber nur erkennbar ist, wenn Identität unterstellt wird, so dass letztlich zwischen Identität und Differenz eine Unentscheidbarkeit entsteht. Entscheidend ist aber, dass Derrida dadurch in das Spiel der Zeichen die Möglichkeit des Bruchs und damit das Moment von Zeitlichkeit einträgt: Es gibt keinen Diskurs, kein Zeichensystem und keine Terminologie, die, indem sie zirkulieren, nicht zugleich einer Alternierung unterlägen und folglich unablässig von der Zeit – und zwar auf eine unvorhersehbar sich ereignende Weise – geschnitten und transformiert würden. Der Umstand impliziert für die Logik wie für die mathematische Skriptur eine wesentliche Instabilität, weil sie auf diese Weise ihrer Funktion beraubt würden. Denn die Gleichzeitigkeit von Identität und Differenz bzw. Iterabilität und Alterität bedeutet für beide die Formulierung von Inkonsistenzen, die ihren Diskurs ein für allemal zerstören würden, sofern schon im aussagenlogischen Kalkül die Möglichkeit eines einzigen Widerspruchs die Ableitbarkeit und damit die Gültigkeit jedes beliebigen Satzes zur Folge hätte.[12] „Schrift",

10 Vgl. Saussure, Ferdinand de, *Linguistik und Semiologie. Notizen aus dem Nachlass*, hg. v. Johannes Fehr, Frankfurt/Main, 1997, S. 417 ff. Peirce spricht hingegen von „Replika"; vgl. Peirce, Charles Sanders, „Neue Elemente", in: ders., *Naturordnung und Zeichenprozeß. Schriften über Semiotik und Naturphilosophie*, hg. v. Helmut Pape, Frankfurt/Main, 1991, S. 344.

11 Derrida, Jacques, „Signatur Ereignis Kontext", in: ders., *Randgänge der Philosophie*, a.a.O., S. 325-351, hier: S. 333.

12 $a \wedge \neg a \Rightarrow b$ ist für jeden beliebigen Satz b „wahr".

im Repertoire des Logischen bzw. Mathematischen, müsste also etwas ganz anderes heißen. Sie ließe sich nicht grammatologisch entwickeln, vielmehr setzen beide, Logik und Mathematik, eine *Entzeitlichung der Schrift* voraus. Ihr korrespondiert ihre vollständige Dekontextuierung. Hatte eine solche Entzeitlichung und Dekontextuierung, gemäß Martin Heidegger und auch Derrida, die antike und neuzeitliche Metaphysik absolut gesetzt, um daraus ein ebenso dauerhaftes wie unveränderliches „Sein" herzuleiten, dessen Gesetze sich gleichermaßen beschreiben wie technisch beherrschen ließen, gilt diese Absolutheit allein für die logischen und mathematischen Formalismen, die, um formulierbar zu sein, notwendig außerhalb der Zeit stehen – nicht jedoch für die Philosophie und die Wissenschaften.

Werden deshalb die drei genannten Prinzipien der Schriftlichkeit für mathematische oder logischen Skripturen reklamiert, ergeben sich eine Reihe unumgänglicher Modifikationen. Zwar haben wir es mit einer *Struktur* im Sinne eines diskreten Schemas aus differentiellen Stellen zu tun, die auf auffallende Weise sowohl mit dem Sprachbegriff (*langue*) Saussures als auch dem Schriftbegriff der *Grammatologie* koinzidiert, doch konstituiert dort die Fluktuation der Zeichen allererst die signifikativen Elemente, während sie umgekehrt durch Logik und Mathematik formal konstruiert werden müssen.[13] Das hat unter anderem die Konsequenz, dass die *différance* und damit auch das Spiel von Dekontextuierung und Rekontextuierung im Mathematischen kein Äquivalent besitzt. Vielmehr schließen Mathematik und Logik jegliche iterative Alteration aus. Es gibt im Mathematischen, streng genommen, keinen Kontext, der eine mathematische Operation einschränkte, sowenig wie umgekehrt die Anwendung einer Operation deren Kontext verschöbe. Der Umstand koinzidiert ebenso mit der Differenz von Schrift und Sprache wie mit der Kluft zwischen Syntax und Semantik, an der alle mathematischen Theorien des Geistes wie auch die Computermodelle neuronaler Netze scheitern.[14] Entsprechend erweist sich für die mathematische und logische „Schrift" die eineindeutige und widerspruchsfreie Definition als essentiell. Ihr Korrelat ist die unbedingte Geltung sowohl des „Satzes der Identität" als auch des *principiium contradictionis*, welche von der *différance* jederzeit gebrochen werden. Es existiert keine Logik und Mathematik ohne diese Prämissen, wohl aber ohne das in klassischer Logik und Mathematik gleichermaßen als unerlässlich angenommene

---

13 Zur Affinität zwischen Strukturalismus und Konstruktivismus vgl. das „Differenz-Kalkül" Spencer-Browns: Spencer-Brown, George, *Laws of Form/Gesetze der Form*, Lübeck, 1997; dazu auch: Baecker, Dirk (Hg.), *Kalkül der Form*, Frankfurt/Main, 1993. Allerdings beginnt Spencer-Brown mit der Souveränität des Aktes „draw a distinction", wobei der Strukturalismus von der „Differenziertheit" der Sprache bereits ausgeht.

14 Vgl. exemplarisch Dreyfus, Hubert L., E. Stuard, *Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition*, Reinbek bei Hamburg, 1987, Schachtner, Christel, *Geistmaschine*, Frankfurt/Main, 2. Aufl., 1993, Keil, Geert, „Was Roboter nicht können. Die Roboterantwort als knapp misslungene Verteidigung der starken KI-These", in: Peter Gold, Andreas K. Engel (Hg.), *Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaft*, Frankfurt/Main, 1998, S. 98-131.

tertium non datur. Wir haben mit beiden Gesetzlichkeiten die unersetzliche Minimalbedingung des Mathematischen. Was damit vor allem ausfällt, ist neben dem Kontext die *Zeit*, d. h. *jegliche nicht durch Regeln kontrollierte Transformation*. Vielmehr dulden Logik und Mathematik keine relativen und zeitlichen Modalitäten, weshalb sie u. a. auf besondere Weise zur Darstellung von Zeit geeignet erscheinen, denn jede Zeitmessung setzt ein selbst Unzeitliches als ihr genauso neutrales wie gleich bleibendes Kriterium voraus.[15]

Dem korrespondiert zugleich die Tatsache, dass sich die Mathematik in bezug auf ihre Theoreme und Resultate *achronisch* verhält. Ausschließlich werden wir mit *räumlichen Ordnungen* konfrontiert: *Identität, Widerspruchsfreiheit, Räumlichkeit und Achronizität* gehören zusammen. Das schließt keineswegs aus, dass es nicht zeitliche Begrenzungen wie endliche Rechenzeiten oder eingeschränkte Kapazitäten von Programmen gäbe. Sie sind jedoch technischer, nicht mathematischer Art. Soweit zudem Rechenvorgänge auf formalen Operationen beruhen, die dem Format der Rekursion und Sukzession gehorchen, bekommen wir es insoweit mit zeitlichen Verläufen zu tun – weshalb Immanuel Kant die Arithmetik der Zeit und lediglich die Geometrie dem Raume zuordnete[16] –, doch sind diese zuletzt für die Bestimmung des Mathematischen und seiner Schriftlichkeit kontingent. Maßgeblich ist nicht die Hintereinanderausführung von Schemen, sondern die Ausbreitung der Schrift im Raum, die die Mathematik prädestiniert, mit dem Ikonischen in Verbindung gebracht zu werden[17], das erst die Evidenz von Mustern, Symmetrien und dergleichen freigibt. Mathematik ist in diesem Sinne Strukturwissenschaft. Sie weist auf die *„Form einer Form"*[18], d. h. auf Ordnungen, nicht auf eine Praxis, die in Anwendungen verwurzelt ist.[19]

---

15 Vgl. zur Konstitution des Kalendariums Macho, Thomas, „Zeit und Zahl. Kalender und Zeitrechnung als Kulturtechniken", in: Sybille Krämer, Horst Bredekamp (Hg.), *Bild – Schrift – Zahl*, a.a.O., S. 179-192.

16 Vgl. Kant, Immanuel, *Kritik der reinen Vernunft*, Hamburg, 1956, A38, B55 ff.

17 Zu Schrift und Bild vgl. insbesondere Krämer, Sybille, „‚Schriftbildlichkeit' oder: Über eine (fast) vergessene Dimension der Schrift", in: dies, Horst Bredekamp (Hg.), *Bild – Schrift – Zahl*, a.a.O., S. 157-176.

18 Vgl. dazu auch meine Ausführungen in: Mersch, Dieter, *Kunst und Medium. Zwei Vorlesungen*, Kiel, 2002, S. 209 ff.

19 Nach Davis und Hersh lässt sich die Mathematik als eine Sammlung von Kenntnissen und Sätzen verstehen, die sich seit mehr als 4000 Jahren beharrlich erweitert; vgl. Davis, Philip, Reuben Hersh, *Erfahrung Mathematik*, Basel, Boston, Stuttgart, 1986, S. 2 ff. Sie verdankt sich im Wesentlichen praktischen Lösungen. Gegen diese Auffassung vertreten wir eine „abstrakte" und „strukturale" Philosophie des Mathematischen, deren Prozess sich weniger erratisch als vielmehr in Form eines *Archivs* vollzieht, worin Strukturen registriert und implementiert werden. Welche Strukturen sich wiederum als relevant oder „brauchbar" erweisen, darüber entscheidet allerdings die Zeit. Doch sind damit bestenfalls die Anwendungen der Mathematik tangiert, nicht deren theoretische Geltung. Vielmehr handelt es sich um einen idealen Bestand von Sätzen, worin alle Daten insoweit gleich-gültig existieren, als ihre Begründung nicht relativ ist und die Menge des Wissens sich folglich auch nicht verändert. Es gibt in der Mathematik – außer beim Nachweis falscher Beweise – keine Verwerfung, wohl aber Vergessen und Irrelevanz. Das ‚Mathematische' als eine *Form* oder *Struktur des*

3. Struktur des mathematischen ‚Zeichens'

Folglich wird Mathematik nicht primär durch den Widerschein einer Rationalität regiert, sondern durch einen Konstruktivismus der Schrift, der die Frage nach der „Natur" ihrer Elemente aufwirft. Die These ist, dass diese nicht als Zeichen, sondern als „Buchstaben" oder „Marken" figurieren, ohne selbst etwas zu bedeuten. Denn das Besondere des Mathematischen, das es sowohl vom geisteswissenschaftlichen als auch vom naturwissenschaftlichen Wissen unterscheidet, ist, dass es weder Kausalitäten noch Explanationen oder Interpretationen kennt, sondern allein das Prozessieren von Deduktionen und Operationen. Zwar bezeichnet die Grundlage des mathematischen Satzes der Beweis, doch stützt er sich nicht auf Argumentation und Diskurs, die letztlich fehlbar sind, sondern auf logische Gesetze oder syntaktische Regeln. Offenbar vollzieht sich die Mathematik als Wissenschaft rein formal. Ihr Fortschritt beruht auf der Anwendung dieser Regeln oder Gesetzmäßigkeiten, und zwar ohne Rücksicht darauf, was sie bedeuten oder welchen Zweck sie erfüllen. Nirgends kommt es auf deren „Referenz" an, sondern allein auf ihre „Syntax". Mengen, Zahlen, Relationsausdrücke oder Funktionsterme etc. besitzen keinen „Sinn", sondern ihre Stellung ergibt sich aus der Komplexität einer Struktur, die wiederum allein durch die *syntaktischen Operationen* definiert ist, in denen sie vorkommen, nicht durch Beziehungen außerhalb dieser. Dann ist, um innerhalb der Saussureschen Terminologie zu bleiben, das Signifikat eine Abstraktion. Statt dessen haben wir es mit einem Netz von Verweisungen oder Orten zu tun, die – in der Sprache Ludwig Wittgensteins – in dem Maße „sinnlos" erscheinen,[20] wie sie ausschließlich einen Platz inmitten eines Tableaus behaupten, worin sie als skripturale Marken Anwendung finden. Die Mathematik umfasst also kein Ensemble signifikativer Systeme mit empirischem Gehalt, sondern es handelt sich um Grammatiken, deren Fundamente aufeinander bezogene „Syntaxen" bilden.[21] Folglich bekommen wir es mit einer Dissoziierung zwischen Struktur und Bedeutung zu tun: Wo überhaupt von „Semantik" gesprochen werden kann, wird sie, wie bei Alfred Tarski, rein metasprachlich definiert[22], wobei unter Metasprache eine „Syntax zweiter Stufe" zu verstehen ist, die als Syntaxen über Syntaxen formale „Signifikan-

---

Wissens grenzt sich somit von anderen Wissensformen ab, was die Einzigartigkeit des mathematischen Abenteuers ausmacht.

20 Wittgenstein, Ludwig, *Tractatus logico-philosophicus*, Frankfurt/Main, 1971, 3.33 ff., 4.003, 4.461, bes. 6.2, 6.21.

21 Wir folgen damit der axiomatischen und formalistischen Auffassung der Mathematik als reiner Strukturwissenschaft; vgl. Bourbaki, Nicolas, „Die Architektur der Mathematik", in: Michael Otte (Hg.), *Mathematiker über die Mathematik*, Berlin, Heidelberg, New York, 1974, S. 140-159.

22 Tarski, Alfred, „Die semantische Konzeption der Wahrheit und die Grundlagen der Semantik" (1944), in: Gunnar Skirbekk (Hg.), *Wahrheitstheorien*, Frankfurt/Main, 1977, S. 140-188.

zen" erzeugen, nicht Bedeutungen in einem interpretierbaren Sinn.[23] Kurz: Das Semantische bildet im mathematischen Verständnis ein syntaktisches Konstrukt, weshalb Alfred Ramsey von Wittgenstein her eine *extensionale* Auslegung des Mathematischen bevorzugte, die er der intensionalen von Gottlob Frege und Bertrand Russell schroff entgegensetzte.[24]

Das lässt allerdings Zweifel an der Adäquatheit sowohl des semiotischen als auch semiologischen Zeichenbegriffs für die Mathematik aufkommen. Ersichtlich beinhaltet darum der vorterminologisch gebrauchte Ausdruck „mathematisches Zeichen" keine repräsentationale oder referentielle Relation, in der *etwas für etwas anderes steht* oder *auf etwas* Bezug nimmt, sondern um einen *leeren Signifikanten*, dessen Urbild vielleicht jene Variable „x" ist, wie sie die abstrakte Algebra verwendet.[25] Entsprechend gleicht die Mathematik nicht einer Sprache, sondern einer Menge von Strukturen, deren Elemente außerhalb von ihr keine Relevanz besitzen. Dies wird gleichermaßen durch die Etymologie der Ausdrücke „Kalkül" und „Ziffer" belegt, die sich als Paradigmen für die spezifische *Medialität des Mathematischen* lesen lassen. Denn verstand die Antike unter *calculi* Spiel- oder Rechensteine, die *als* solche einzig im Kontext des Spiels Verwendung fanden, durch dessen Regeln sie determiniert waren, kommt das Wort „Ziffer" wiederum aus dem arabischen *sifr* für „leer", das mit *cifra* und *zero*, dem Ausdruck der „Null", verwandt ist. Sie weist die Zahl – ebenso wie die *calculi* – als Leerstelle aus. Der Begriff der Menge, der algebraische Buchstabe, die geometrische Figur oder die Matrix als Tableau fungieren in diesem Sinne als Marken innerhalb eines Stellensystems. Keine von ihnen lassen sich, sowenig wie die Zahl, im strengen Sinne als Zeichen auffassen, vielmehr operieren sie ausschließlich *in Rechnungen*, weshalb Wittgenstein von der Struktur des Logischen – wie von der Mathematik – überhaupt als einer „Tautologie" sprechen konnte[26], soweit die Tautologie nicht eigentlich auf einer Wiederholung beruht, sondern auf einer Identität ohne Kontext.

---

23 Darauf fußt das ganze Missverständnis einer mathematischen Theorie des Geistes: „Mechanische Rationalität", heißt es bei McDowell, „ist nicht in der Lage, semantische Rationalität zu sichern; aber es ist die semantische Rationalität, die den Raum der Gründe sichert." Vgl. McDowell, John, „Moderne Auffassungen von Wissenschaft und die Philosophie des Geistes", in: Johannes Fried, Johannes Süßmann (Hg.), *Revolutionen des Wissens*, München, 2001, S. 116-135, hier: S. 132. Vgl. zum Verhältnis von mathematischen Strukturen und der Struktur des Geistes auch ebd. S. 125 ff. sowie Anm. 28, 33, 36.

24 Zu Frank R. Ramsey vgl. bes. die Diskussionen im Wiener Kreis, wie sie von Friedrich Waismann aufgezeichnet sind, in: Wittgenstein, Ludwig, *Wittgenstein und der Wiener Kreis*, in: ders., *Schriften 3*, Frankfurt/Main, 1967, sowie im Anhang die Thesen von Friedrich Waismann, S. 233 ff.

25 So empfand es Feynman als ausgesprochen seltsam, dass die Mathematik Rechnungen erlaubt – und damit von Prinzipien zu sprechen gestattet – die keinerlei visuelle Entsprechung besitzen, die keine Vorstellungen evozieren, denen keinerlei Repräsentation korrespondiert. Vgl. Feynman, Richard, *Vom Wesen physikalischer Gesetze*, München Zürich, 1993, S. 160.

26 Wittgenstein, Ludwig, *Tractatus logico-philosophicus*, a.a.O., 6.1, 6.11.

Die Position, die so Kontur gewinnt, korreliert mit dem Begriff der „Struktur“ der Gruppe Nikolas Bourbaki. Diese fasste unter einer mathematischen Struktur (i) *erstens* „Mengen von Elementen, deren Natur nicht festgelegt ist“, (ii) *zweitens* „eine oder mehrere Relationen zwischen diesen (nicht weiter definierten) Elementen, und (iii) *drittens* „gewisse Bedingungen“, die als „Axiome“ dieser Struktur fungieren. „Die axiomatische Theorie einer so gegeben Struktur aufstellen läuft dann hinaus auf die Deduktion der logischen Folgerungen aus den Axiomen dieser Struktur ohne Berücksichtigung irgendeiner weiteren Hypothese über die betrachteten Elemente oder die Natur dieser Elemente.“[27] Wenn diese Definition sich auch noch als vorläufig erweist, kommt sie ersichtlich ohne jede inhaltliche Konturierung aus; ja sie streift ausdrücklich jegliche Assoziation auf einen Sinn oder eine Semantik ab. Es ist kein Geheimnis, dass dieser Strukturbegriff insbesondere auf der linguistischen Theorie der strukturalen Semiologie Saussures basiert, wie umgekehrt wiederum der Strukturbegriff des Bourbakismus auf die poststrukturalistischen Theoriebildungen zurückgestrahlt hat, namentlich auf das Konzept des Intertextualismus bei Julia Kristeva und den Schriftbegriff Derridas.[28] Wie das Schriftmodell seine reinste Ausprägung im Mathematischen findet, sofern, wie Vincent Descombes treffend bemerkt hat, die „einzig akzeptable Definition“ von Struktur „tatsächlich die der Mathematiker“ ist,[29] verdankt sich gleichfalls die *Grammatologie* einer innigen Beziehung zwischen Schriftlichkeit und Mathematik, worauf im übrigen Derrida selbst in einem Gespräch mit Julia Kristeva bestanden hat.[30] In einem weiteren Gespräch nennt er zudem als Motiv für sein Interesse am späten Husserl die dort implizit thematisch werdende Beziehung zwischen Schrift und Mathematik. Denn die Struktur mathematischer Notation diene nicht als Hilfsmittel, sondern verhelfe zur Erscheinung, was anders nicht darstellbar sei.

Allerdings bekommen wir es auf diese Weise mit einer mehrfachen Ambiguität zu tun, die die Verhältnisse sowohl historisch als auch systematisch außerordentlich verwirren. Denn (i) einerseits bezieht die Formalisierung der mathematischen „Schrift“ ihre Begriffe aus der Sprache[31] und schleppt damit

27 Bourbaki, Nicolas, „Die Architektur der Mathematik“, a.a.O., S. 148 f.

28 Vgl. dazu Kristeva, Julia, „Zu einer Semiologie der Paragramme“, in: Helga Gallas (Hg.), *Strukturalismus als interpretatives Verfahren*, Darmstadt, Neuwied, 1972, S. 163-200.

29 Vgl. Descombes, Vincent, *Das Selbe und das Andere*, Frankfurt/Main, 1981, S. 102.

30 Vgl. Julia Kristeva im Gespräch mit Jacques Derrida: „Semiologie und Grammatologie“, in: Peter Engelmann (Hg.), *Postmoderne und Dekonstruktion*, Stuttgart, 1990, S. 140-164, besonders S. 159 f., ferner Derrida, Jacques, „Das Beinahe-Nichts des Undarstellbaren“, in: ders., *Auslassungspunkte. Gespräche*, hg. v. Peter Engelmann, Wien, 1998, S. 87-97, hier: S. 87 f.

31 Dies gilt umso mehr noch für den Begriff der „formalen Sprache“, der in Form von „Semi-Thue-Systemen“ eine der Präzisierungen des Algorithmus, d. h. der Operationalität des Mathematischen darstellt. Er findet, ganz analog dem hier beschriebenen Verfahren, wiederum seinen Rückschlag auf die Sprache durch die Chomskysche „Syntax-Theorie“. Vgl. dazu Brauer, Wilfried, Klaus Indermark, *Algorithmen, rekursive Funktionen und formale*

von Anfang an die schiefe Konnotation eines Zeichenbegriffs mit, der den Verführungen der Semantik schwer entkommt – statt, wie bei Derrida, die „Schriftmarke“ vom „Zeichen“ zu unterscheiden und die mathematische Skriptur ausschließlich aus lauter asemantischen „Buchstaben“ aufzubauen, die sich der internen Relationalität zwischen Elementen fügen. (ii) Zum zweiten leitet eine solche Schriftkonzeption *historisch* die Derridasche *Grammatologie* an, die daraus ihre exklusive Abstraktion bezieht, die sie jedoch der Sprache von Anbeginn an entfremdet. „Älter“ als die Sprache nennt Derrida die Schrift[32], um auf diese Weise nicht nur die genuine Differentialität sowohl des Diskurses als auch aller Erfahrung auszuweisen[33], sondern auch jene Idealität des Mathematischen auf alle Bereiche des Denkens und des Wissens fortzuschreiben, wie sie seit je die Ontologie und Metaphysik des Abendlandes geprägt hat. (iii) Drittens aber bricht Derrida im selben Maße mit ihr, indem er deren Prinzipien der Identität und der Widerspruchsfreiheit durch die *différance* zerteilt und damit die „Schrift“ für die Konstitution mathematischer Strukturen unbrauchbar macht. Diese Ambiguität bewirkt u. a., dass die *Grammatologie* einerseits die Kategorie des Sinns ausstreichen muss[34], um ihn als figuralen Effekt einer Strukturalität zu rekonstruieren, andererseits jedoch das Ereignis des Bruchs, der Differenz nicht hinreichend zu begründen vermag – denn ein Bruch, der allein formal funktioniert, der in eine Reihe von Buchstaben oder Marken Zäsuren und Metonymien einträgt, wäre keiner, dem man das Attribut eines „Bruchs“ zuschreiben würde, sondern bestenfalls eine Kontingenz, ein *Zufall*. Es ist im Übrigen kein Zufall, dass Brüche oder auch kreative Sprünge mathematisch einzig durch Zufallsreihen simulierbar sind: Die Kreativität des Bruchs ist mathematisch nicht darstellbar; er verlangt Übergänge, die Sinn voraussetzen.

4. Das System (**A, R, O**)

Kein mathematischer Ausdruck steht somit für „etwas“, wenn „Etwas“ ein Ding, eine Entität oder ein Ereignis meint; weder kann er im Sinne einer „Bezeichnung“ noch einer „Bedeutung“ verstanden werden, vielmehr weist er als „Marke“ auf andere „Marken“, mit denen er eine formale Relation unterhält. Das wird besonders deutlich anhand der Bestimmung der Zahl. Signiert diese über die Trivialität des intuitiven Zählens hinaus nichts, erweist sie sich ebenso wenig durch die Ziffer bestimmt, die sie notiert, sondern ausschließlich durch jene Struktur, die ihre Operationalität erst ermöglicht. Als Variable oder

Sprachen, Mannheim 1968, ferner Chomsky, Noam, *Aspekte der Syntax-Theorie*, Frankfurt/Main, 1971.

32 Derrida, Jacques, *Grammatologie*, a.a.O., S. 49 ff.

33 Derrida, Jacques, „Signatur Ereignis Kontext“, a.a.O., S. 335.

34 Dies gilt im übrigen generell für den Poststrukturalismus, vgl. etwa Deleuze, Gilles, *Logik des Sinns*, Frankfurt/Main, 1993, S. 96 ff.

Operationsmarke, gleichgültig ob kardinal oder ordinal verwendet, gehört sie in den Kontext einer Reihung, einer Zuordnung oder einer Gruppe (bzw. eines algebraischen Zahlenkörpers), so dass ihre Definition nicht über das Zählen, das sie schon voraussetzt, sondern über eine Anzahl von Axiomen erfolgt, wie sie für die Menge der Natürlichen Zahlen Guiseppe Peano systematisiert hat. Zu unterscheiden wäre dann zwischen Zählen als Handlung, die den Begriff der Zahl nicht voraussetzen muss, und seiner mathematischen Fundierung *als* Zahl, die wiederum ohne jede ontologische, realistische oder semantische Voraussetzung auskommt. D. h., das Format der Zahl ist konstruktiver Natur; sie markiert eine „Stelle", einen Ort innerhalb einer Ordnung aus diskreten Schnitten, die sie operational vorentscheiden. Die Null, die dabei lediglich eine Stelle unter anderen markiert, spielt weder, wie Brian Rotman unterstellt, eine privilegierte Rolle bei der Definition der Zahlenreihe oder, als Nullpunkt des Koordinatensystems, bei der Organisation des Raumes, noch kann sie als ein „Metazeichen" im Sinne eines Zeichens für die Abwesenheit von Zeichen bestimmt werden – letzteres behält ihre semantische Erklärung bei[35]; vielmehr bildet sie einen Operator, der innerhalb seines Definitionsbereichs an Operationen nichts verändert, d. h. weder etwas hinzufügt noch wegnimmt. Man kann ihn in Anlehnung der „leeren Menge" als „leeren Operator" R_0 bezeichnen, der mit $R_0(R_n) = R_n$ oder $R_i \otimes R_0 = R_i$. eine rein syntaktische Definition erlaubt, ohne, wie Rotman, auf eine „Leere" oder „Absenz" zurückzugreifen.[36]

Die Überlegungen gestatten unter Rückgriff auf die Bourbakische Bestimmung der „Struktur" einen formalen Aufbau mathematischer „Schriften". Drei minimale Bedingungen, die allesamt als notwendig, nicht jedoch als hinreichend zu verstehen sind, sind dazu erforderlich: (i) die Definition diskreter Elemente (ii) die Definition von Anfangsbedingungen sowie (iii) die Definition von Regeln oder Operationen. Nelson Goodman hat sich in seiner „Notationstheorie", die an mathematischen Skripturen anschließt und so erneut das Verhältnis von Mathematik und allgemeiner Notationalität belegt, vor allem dem Problem der *Konstruierbarkeit der Elemente* zugewendet. Es wirft im Besonderen die Frage nach deren Diskretierung auf. Goodman führt sie auf diejenige Grundoperation zurück, die sie als Typen des gleichen Schemas wiedererkennbar machen.[37] Zwar bildet sein Paradigma die Partitur von Musik, doch orientiert sich Goodman analytisch an Äquivalenzklassensystemen, welche

---

35 Vgl. Rotman, Brian, *Die Null und das Nichts. Eine Semiotik des Nullpunkts*, Berlin, 2000, S. 23 ff., 39 f., 64, 93 ff., 97.

36 In der vorliegenden Definition markiert die „Null" lediglich einen Index; sie kommt ohne eine Umschreibung des „Nichts" aus. Der Index funktioniert in der „Schrift" wiederum allein als Markierung, nicht als inhaltliche Bestimmung. Die Erwähnung der Marke wird notwendig, wo im notationellen Schema „gerechnet" wird. D. h. ihr geht die Definition der Operation, markiert etwa durch die Klammerung oder das Operationszeichen ⊗ voraus. Dabei kann passieren, dass die inverse Operation unmöglich wird – etwa bei Division durch O –, weil diese der Definitionsbereich der Operation ausschließt.

37 Vgl. Goodman, Nelson, *Sprachen der Kunst*, Frankfurt/Main, 1995, S. 129 f.

eine Zerlegung ungeordneter Mengen in lauter disjunkte Bereiche erlauben, um auf diese Weise einander ausschließende notierbare Einheiten zu erhalten.[38] Zwar wird von der Zerlegung, die definitorisch als Schnitt verfährt, gesagt, sie stelle einen „eigensinnigen, wenn auch notwendigen Gewaltakt" dar[39], doch verfährt dabei die Lösung streng konstruktivistisch. Ihr Auswahlmuster bilden Relationen, die ihr Modell etwa in Teilbarkeitsrelationen finden, die eine Menge von Zahlen in Teilmengen gleicher Teiler einteilt. Goodmans Antwort bildet also einen konstruktiven Begriff von Relation, der eine Struktur hervorbringt, welche die Einheiten *als* distinkte Elemente erst konstituiert. Schrift meint dann jene diskrete Ordnung wohlunterschiedener Elemente, die sich als *Alphabet* **A** einer mathematischen „Schrift" entdecken lassen.

Dagegen folgen Punkt (ii) und (iii) Spielanleitungen. Wie jedes Spiel auf gewissen Ausgangspositionen der Spielfiguren und einem Set von Regeln beruht, fußen mathematische „Schriften" auf im Prinzip willkürlichen, aber widerspruchsfrei gesetzten Grundstellungen, die auf der Grundlage eindeutiger und wohldefinierter Operationen prozessiert werden. Der Umstand rührt an die Affinität zwischen Mathematik und Spiel. Im Regelbegriff finden sie ihren Konnex. Er garantiert die Striktheit der Operationen, weil jede Abweichung von einer Regel, wie schon Wittgenstein hervorgehoben hat, bedeutet, ein anderes Spiel zu spielen.[40] Jede Regel besitzt darin ihre „Unerbittlichkeit", deren technisches Korrelat die Apparatur, der Computer ist. Ist zudem mit der Diskretheit bzw. Wohlunterschiedenheit der Elemente ein differentielles Alphabet gegeben, trägt der Begriff der Regel die eigentliche Praxis des Mathematischen aus – genauer: die Tatsache, dass Buchstaben nach einer bestimmten Sorte von Regeln **R** *transformiert* und Lösungen, „Sätze" etc. mittels weiterer Regeln **O** *erzeugt* werden müssen. Die mathematische Tätigkeit ist durch diese vollständig determiniert. Sie erweist sich als abhängig von Regeln und nur von Regeln. Insgesamt lässt sich das Alphabet **A** in Verbindung mit **R** und **O** als mathematisches „Modell" bezeichnen, wobei es sich sowohl um logische als auch syntaktische Transformations- oder Erzeugungsregeln handelt, die neben der Identität und der Widerspruchsfreiheit zur Hauptsache aus „Rekursionen" bestehen. Letztere gewährleisten vor allem die Iterativität von Regeln, ihre – im Prinzip – infinite Reihung und damit die Konstruktion komplexer Systeme.

Die Mathematik bildet eine lose Sammlung aus solchen Systemen. Sie ist als Sammlung unabgeschlossen. Wäre sie geschlossen, gäbe es eine Mathematik der Mathematik im Sinne eines singulären Kalküls. Er wäre in sich selbst

38 Vgl. ebd., S. 125 ff.
39 Ebd., S. 130, 131.
40 Wittgenstein, Ludwig, *Philosophische Untersuchungen*, a.a.O., § 81 ff., 100 ff. Ferner Keller, Rudi, „Zum Begriff Regel", in: Hans Jürgen Heringer (Hg.), *Seminar: Der Regelbegriff in der praktischen Semantik*, Frankfurt/Main, 1974, S. 10-24.

widersprüchlich.[41] Die Modelle folgen dabei ausschließlich einer korrekten (regulären) Prozessierung von Operationen, die formal dem Begriff des Algorithmus korrespondieren. Es handelt sich lediglich um eine andere Beschreibungsweise, wobei Algorithmen Rechenverfahren im Sinne syntaktischer Programme bezeichnen, die dem Begriff der „Regel" entsprechen. Wir haben so neben der strukturalen eine algorithmische Lektüre der Mathematik, die ihr gleicht und die den mathematischen Ausdrücken jegliches Sein oder jede Realität und jeden Sinn absprechen. Insbesondere gehorcht der Begriff des Algorithmus einer anderen Ordnung als der der klassischen Logik oder Linguistik und Semiotik, wie die weitreichenden Grundlagenauseinandersetzungen zwischen *Logizismus*, *Formalismus* und *Intuitionismus* an der Schwelle vom 19. zum 20. Jahrhundert dokumentieren. Vielmehr wären beide, Logik und Mathematik, ebenso sorgsam zu trennen wie Syntax und Logik jeweils ihren eigenen, unverzichtbaren Platz behaupten, wobei die Regel die *perfectio* von Transformationen und Rekursionen gewährleistet, während das Prinzip der Identität die Eineindeutigkeit der Elemente und das der Widerspruchsfreiheit ihre mathematische „Existenz" sichern.

Hatte außerdem Russell die konsequente Logifizierung des Mathematischen durch eine Typentheorie mit Stufengrammatik vorgeschlagen, die zuletzt an den Gödelschen Unvollständigkeitstheoremen scheiterte, bedeutete die Boolesche Algebra umgekehrt die Mathematisierung der Logik, die, wie Wittgensteins *Tractatus* demonstriert hat, ihre Gesetzmäßigkeiten in Wahrheitstafeln streng berechenbar macht.[42] Dasselbe gilt für die seit der Antike geteilten Gebiete der Geometrie und Arithmetik, deren Vereinheitlichung bis heute zwar aussteht, auch wenn inzwischen Differentialgeometrie und Zahlentheorie gewichtige Parallelen enthüllten. Überhaupt lässt sich seit Mitte des 19. Jahrhunderts ein genereller Sieg der Algebraisierung über die Anschauung erkennen, seit Bernhard Riemann und David Hilbert „nichteuklidische" Geometrien denkbar und damit alternative Räume konstruierbar gemacht haben, die weder *vorstellbar* noch *darstellbar* sind, wohl aber *berechenbar*.[43] Sie entschälen das Mathematische der Mathematik und postulieren als dessen formale Basis das Rechenschema, das aus der Mathematik eine Serie von mehr oder weniger mit einander verknüpfter algorithmischer Strukturen macht, die erneut ihre Formalisierung als konstruktive Syntax erlauben, wie sie das Tripel (**A**, **R**, **O**) exemplarisch repräsentiert.

---

41 Dies ist im Grunde der Inhalt der Gödelschen Unvollständigkeitstheoreme: vgl. Gödel, Kurt, „Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme", in: *Math. Physik*, 38/1931, S. 173-198.

42 Wittgenstein, Ludwig, *Tractatus logico philosophicus*, a.a.O., 4.3 ff., 5., 5.101.

43 Vgl. Baldus, R., Löbell, F., *Nichteuklidische Geometrie*, Berlin, 1964. Ferner Meschkowski, Herbert (Hg.), *Moderne Mathematik*, München, Zürich, 1991, S. 56 ff. Zur Beziehung zwischen Nichteuklidischer Geometrie und Kunst vgl. meinen Aufsatz: Mersch, Dieter, „Abbild und Zerrbild. Zur Konstruktion von Rationalität und Irrationalität in frühneuzeitlichen Darstellungsweisen", im Erscheinen, voraussichtl. 2005.

Gleichwohl birgt es als Präzisierung dessen, was „Berechenbarkeit“ heißt, die Aporie, die Syntaktisierung eines zunächst noch intuitiven, d. h. vormathematischen Begriffs zu sein, dessen Semantik sich einer exakten Formalisierung systematisch verschließt.[44] Bestenfalls wird deren Gerüst oder Skelett rekonstruiert, so dass schließlich die Mathematisierung der Mathematik auf der Ebene formaler Repräsentation verbleibt, die aus dem Rechenprozess eine *Poiesis* macht, welche ihre Verwirklichung in einer *Technē* findet, keine *Praxis*, die ihren Ort in der Klugheit (*Phronesis*) besitzt.[45]

5. Technologie und Syntax

Damit ist zugleich ein Grundlagenproblem berührt, das zu Beginn des 20. Jahrhunderts ebenso in die Krise des Mathematischen wie zu seiner Neubestimmung führte. Ihr Kern bildete die metamathematische Klärung des mathematischen Vokabulars durch drei unabhängig voneinander formulierte Vorschläge, die sich gleichzeitig als untereinander äquivalent erwiesen: (i) *Erstens* das Konzept der formalen Sprachen im Sinne von Semi-Thue-Systemen, die dem Tripel (**A, R, O**) nicht unähnlich sind, (ii) *zweitens* der Begriff der rekursiven Funktion, wie ihn Kurt Gödel einführte, sowie (iii) *drittens* die Turingmaschine als Endlosband eines virtuellen Computers durch Alan Turing. Sie machten deutlich, dass sich das Mathematische als Syntax, bestehend aus Marken und Prozessregeln, jederzeit sowohl in operationale Folgen übersetzen lässt als auch in die Ziffernfolge eines digitalen Codes. Vor allem die Turingmaschine, die Friedrich Kittler zu Unrecht als UDM, als „Universelle Dis-

44 Vgl. Hermes, Hans, *Aufzählbarkeit, Entscheidbarkeit, Berechenbarkeit*, Berlin, Heidelberg, New York, S. 1 ff., 33 ff, 59 ff. sowie Mertens, Herbert, *Moderne, Sprache, Mathematik*, Frankfurt/Main, 1990, vor allem S. 405 ff.

45 Eine ähnliche Problematik ergibt sich bereits für die Grundlegung des Mengenbegriffs wie des Zahlbegriffs. In der Tat erweist sich ein intuitiver Zählbegriff, wie Leopold Kronecker herausgestellt hat, für den Aufbau der Mathematik als ebenso unverzichtbar wie ein intuitiver Mengenbegriff. Rekonstruiert man allerdings den mathematischen Gehalt der Intuition und übersetzt sie in ein formalisiertes Schema, d. h. versucht man das Mathematische der Intuition durch eine Syntax zu decken, ergibt sich gleichermaßen ein Übergang zum funktionalen Zahlbegriff wie zu einer axiomatisierten Mengentheorie. Sie macht aus ihnen ein Anderes. Intuition erweist sich darum im Mathematischen als untilgbar, wie umgekehrt das Mathematische der Mathematik allererst durch die Formalisierung der Intuition zum Vorschein kommt. Intuitives Rechnen ist noch kein mathematisches Rechnen, sowenig wie das Zählen, Messen als experimentelle Praxis zur Mathematik gehört, sondern *protomathematisch* operiert. Sie werden erst zu Mathematik durch ihre formale Präzisierung. Das bedeutet auch: Die Mathematik behauptet gegenüber der Empirie eine eigene, von ihr schroff getrennte Sphäre. Dem entspricht auch die Churchsche These, wonach die untereinander äquivalenten Formalisierungen von „Berechenbarkeit“ Präzisierungen mathematischer Operationalität schlechthin darstellten – eine These, die These bleibt, weil sie unbewiesen bleiben muss, insofern sie auf der Ebene der Semantik behauptet, was allein syntaktisch deduzierbar wäre. Nicht nur Mathematik und Empirie, sondern gleichermaßen Syntax und Semantik bleiben Gegensätze, die durch keinen formalen Operator überbrückt werden können.

krete Maschine" bezeichnete und worin er das Prinzip unseres Zeitalters überhaupt erblickt[46], verweist auf die Omnipräsenz des digitalen Codes, der nicht nur die Medien, sondern gleichermaßen auch die Theorien des Geistes erobert. So konvergiert das Phantasma des Technischen einem Phantasma des Mathematischen. Ihm entspricht ein Bild von Mathematik, das sie an das Regime der Maschine knüpft. „Dass Sprache technisch wird und die Technik sprachlich", dass beide mithin dem gleichen Schema folgen, ist gesagt worden[47]; gleichwohl handelt es sich in der Hauptsache um Befehlsreihen, die aus Grundpositionen andere Positionen errechnen und eine „Numeralisation" voraussetzen, die mit Sprache nicht das geringste gemein hat. Dennoch manifestieren sich in der Auseinanderfaltung der drei metamathematischen Präzisierungsvorschläge disparate Philosophien des Mathematischen, insofern (i) die *formale Syntax* die Mathematik unter das Prinzip eines abstrakten Regelsystems stellt und damit als Spiel konstituiert, (ii) die *rekursive Funktion* ihr Wesentliches in der Generierung iterativer Operationen sieht und damit Identität und Reflexivität privilegiert, und (iii) die *Turingmaschine* Regel und Operationalität gleichermaßen als formalen Mechanismus darstellt. Sie macht aus der mathematischen Schrift eine Apparatur[48] – und scheint damit verspätetet jenem Spott Georg Christoph Lichtenbergs Recht zu geben, wonach der Mathematiker „oft den Henker nicht (taugt)"; zwar verlange er „für einen der tiefen Denker gehalten zu werden, ob es gleich darunter die größten Plunderköpfe gibt, untauglich zu irgendeinem Geschäft, das Nachdenken erfordert, wenn es nicht unmittelbar durch jene leichte Verbindung von Zeichen geschehen kann, die mehr das Werk der Routine als des Denkens sind."[49]

Doch hält sich zwischen der „formalen Sprache", der „rekursiven Funktion" und der „Turingmaschine" eine Zweideutigkeit, die tief ins Innere der gegenwärtigen Kultur reicht. An ihr entzündet sich eine komplexe philosophische Auseinandersetzung, die nicht nur die Grundlagen der Mathematik betrifft, sondern auch für das Selbstverständnis des Technischen und der technischen Kultur insgesamt relevant erscheint, soweit ihre generelle Metapher die Digi-

---

46 Die *Universale Diskrete Maschine* vermag nach Kittler die klassischen Medien in sich zu „verrechnen" und sie damit zugleich dem digitalen Schema zu unterwerfen. Vgl. Kittler, Friedrich A., „Fiktion und Simulation", in: Karlheinz Barck, Peter Gente u. a. (Hg.), *Aisthesis, Wahrnehmung heute oder Perspektiven einer anderen Ästhetik*, Leipzig, 6. Aufl. 1998, S. 196-213, hier: S. 204; auch: Vorwort zu Turing, Alan, *Intelligence Service*, hg. v. Bernhard Dotzler u. Friedrich A. Kittler, Berlin, 1987, S. 5.

47 Tholen, Christoph, „Platzverweis. Unmögliche Zwischenspiele von Mensch und Maschine", in: Norbert Bolz, Friedrich A. Kittler, Christoph Tholen (Hg.), *Computer als Medium*, München, 1994, S. 111-138, hier: S. 123.

48 Sybille Krämer hat sie in einem geschichtlichen Abriss als „Symbolische Maschinen" charakterisiert, vgl. dies., *Symbolische Maschinen*, Darmstadt, 1988. Als „semiotische Maschine" bezeichnet sie hingegen Santaella, Lucia, „Der Computer als semiotisches Medium", in: Winfried Nöth, Karin Wenz (Hg.), *Medientheorie und die digitalen Medien*, Kassel, 1998, S. 121-158, und verwirrt damit Schrift und Semiosis.

49 Lichtenberg, Georg Christoph, *Sudelbücher*, Heft K, 185, in: ders., *Schriften und Briefe II*, München, Wien, 1971, S. 433.

talität darstellt.[50] Durchweg changiert dabei das Verständnis des Mathematischen zwischen der *mathematischen Syntax* einerseits und einer *mathematischen Technologie* andererseits, wofür exemplarisch die beiden Kulturen der Gruppe *Bourbaki* und des Computers einstehen. Deshalb lässt sich sagen, dass sich in der „Grundlagenkrise" der Mathematik ein ähnlicher Konflikt ausfechtet wie in den gegenwärtigen Kulturwissenschaften, freilich durchgespielt auf dem Terrain des Formalen: die Auseinandersetzung nämlich um den Vorrang des Strukturellen gegenüber einem Vorrang von Technizität.

Freilich ist Technik sowenig nur mathematisch, wie die Mathematik nur technisch. Denn indem die Turingmaschine aus der Mathematik eine Technik macht, *verbirgt* sie ihrerseits, worin diese wurzelt: in der Struktur, der Form der Rekursivität und ihrer Syntax. Das zeigt ein weiterer Schritt. Zwar lassen sich in die Turingmaschine prinzipiell alle anderen mathematischen Systeme implementieren, doch behält sowohl die Universalität ihrer Programme als auch die Universalität des Syntaktischen eine „Unvollständigkeit" ein, wie sie sowohl aus dem Turingschen Halteproblem als auch den Gödelschen Unentscheidbarkeitstheoremen folgt, die sich gleichfalls als äquivalent erwiesen haben. Sie implizieren das Scheitern nicht nur des Logizismus, wovon die Gödelschen Beweise ihren Ausgang nahmen, sondern überhaupt jeder Formalisierung des Mathematischen im Sinne einer *Mathematik über Mathematik*. Sie zeichnen damit in die Strukturen des Mathematischen eine unwiderrufliche Grenze ein. Denn das angezeigte Halteproblem, das mit der Unendlichkeit der Selbstberechnung einer Maschine konform geht, wie auch die Unvollständigkeit oder Unentscheidbarkeit formaler Systeme, die der Erzeugung von Paradoxa korrespondiert, impliziert letztlich die Unmöglichkeit einer vollständigen Mathematisierung der Mathematik auf der Basis irgendeines formalen Kalküls unter Einschluss der Logik. Das Mathematische fügt sich keiner Mathematisierung; stets bleibt vielmehr ein grundlegender Rest, ein *Entzug* oder eine *Unabgeschlossenheit*. Das lässt sich auch so ausdrücken: Versteht man die Mathematik aus dem Format von *Schrift*, dann bekommen wir es mit einer Serie von Syntaxen zu tun, die deshalb die Möglichkeit einer Metasyntax ausschließt, als diese mit ihrer eigenen zusammenfallen müsste – andernfalls gäbe es eine weitere Syntax, nämlich der Syntax ihrer Beschreibung als Metasyntax, d. h. die Syntax einer Syntax einer Syntax usw. Als ihre eigene Selbstbeschreibung aber wäre sie gleichzeitig ihre Identität und ihre Differenz, das heißt ihr eigener Selbstwiderspruch.[51]

Aus dieser Unmöglichkeit ergibt sich als Konsequenz für das Medium des Mathematischen – und sie erweist sich als ebenso grundlegend für die Medialität jedes Mediums – ihr chronisches Ungenügen. Das ist zumal unter den

50 Vgl. auch Mersch, Dieter, „Digitalität und nichtdiskursives Denken", in: ders., Christoph Nyíri (Hg.), *Computer, Kultur, Geschichte*, Wien, 1991, S. 109-126.

51 Systemtheoretisch entspräche ihr die Identität von Beobachtung und Beobachtung der Beobachtung – ein Umstand, der Paradoxa impliziert.

Konditionen eines scheinbar uneingeschränkten Triumphes des Mathematischen in Form umfassender Digitalisierung und Computerisierung der Wirklichkeit von besonderem Belang. Denn der Mangel deutet ihren Reduktionismus an. Dessen andere Seite und Entsprechung ist ein offener und damit systematisch unabschließbarer Pluralismus. Die Mathematik entspricht einem solchen Pluralismus: Als Prozessierung von Strukturen, deren Konstruierbarkeit keiner einheitlichen Syntax und damit auch keiner verbindlichen Technik genügt, gründet sie in Freiheit – ein Ergebnis, das im Grunde wenig überrascht, bedenkt man die Fallen der Reflexion, ihre Aporien und Frakturen sowie ihre kreativen Sprünge und die Permanenz ihrer Fortschreibung. Gleichbedeutend ist damit die *Undarstellbarkeit von Kreativität*. Die Gödelschen Unvollständigkeitssätze entsprechen ihr. Sie ziehen der Mathematisierung der *inventio* eine Grenze, die die Kreativität erneut ins Rätsel stellt. Das bedeutet nicht, dass diese prinzipiell dem Schema des Mathematischen widerspricht – wohl aber, dass sie sich ihm nicht unterziehen lässt. Denn von ihr kann es sowenig eine Syntax geben wie ein Modell: Sie „gibt“, aber keine Maschine ist der „Geber“ ihres Ereignens. Kann das Mathematische als Prozessieren im Schriftlichen charakterisiert werden, genügt daher die Mathematik umgekehrt keiner vollständigen Verschriftlichung. Ihre Praxis weist über sie hinaus. Damit etabliert sich im Herzen des Mediums ein konstitutioneller Chiasmus. Denn das Medium strukturiert; es formt das Offene; aber der offene Raum bleibt ein Sichentziehendes; er verweigert sich seiner medialen Konstruktion ebenso wie diese den Lücken oder Brüchen im System entspringen. Deshalb beruht auch das Mathematische, wie jedes Schema, auf dem Ereignis. Anders gewendet: Die Mathematik ist so sehr Ereignis wie das Symbolische, das Ästhetische oder die Sprache. *Sie ist überhaupt weniger eine Wissenschaft als vielmehr eine Kunst*.[52]

52 Als Kunst obliegt sie freilich anderen als mathematischen Gesetzmäßigkeiten. Sie genügt keiner Berechenbarkeit, vielmehr verläuft hier eine Grenze zwischen Mathematik und Denken, wie sie von den Kognitionswissenschaften ignoriert wird. Zugleich ist damit die Frage nach der „Erfindung“ von Strukturen gestellt. Sie bildet im hohen Maße ein Effekt von *Medienumbrüchen*. Sie stellen die *Möglichkeit von Kreativität* bereit, nicht schon deren Gelingen. Gemeint ist die Konstruktion von Widersprüchen oder Paradoxa, die auf andere Wege führt, oder die Nichtanwendbarkeit eines Schemas in einem anderen. Sie markieren Grenzen, die da produktiv werden, wo sie zu neuen Ansätzen nötigen – etwa zur Lösung vormals ungelöster Probleme wie der „Fermatschen Vermutung“ oder dem Nachweis prinzipieller Unlösbarkeit wie beim „Kontinuumsproblem“. Häufig genügen schon Analogien oder Übergänge in andere Formate – etwa der Wechsel von einem formalen System zum anderen, um durch Verschiebungen der Syntax oder „quer“ zu ihr neue Muster zu „entdecken“, die im ursprünglichen Format nicht erkennbar waren. Beispiele bieten die Chaosmathematik, die nicht das Chaos berechenbar macht, sondern in chaotischen Verläufen noch Ordnungen dechiffriert, oder Matrizenrechnungen in endlichen Gruppen, die wiederum nur im Zusammenhang ihrer Tabellierung „Kommutativität“ oder „Nichtkommutativität“ enthüllen.

6. Auslöschung der Existenz

Als ausschließlich syntaktische Kunst bleibt die Mathematik jedoch der Welt entgegengesetzt. Diese verwehrt ihr den Spiegel. Die Mathematik steht für sich selbst, nicht für ein Anderes, womit in Sonderheit die Frage nach der Anwendbarkeit mathematischer Theoreme auf empirische Gegenstände aufgeworfen ist. Sie kennzeichnet ihr schwieriges Verhältnis zur Natur. Es erweist sich in dem Maße als fiktional wie die Mathematik als konstruktive Schrift ohne Referenz ohne irgendeinen Bezug auf ein Reales auszukommen scheint. Der Befund scheint indessen jeder Erfahrung zu widersprechen. Doch „(v)om axiomatischen Standpunkt aus“, wie bereits der Strukturalismus Bourbakis gegen das hartnäckige Phantom des Platonismus einwendet, erscheint „die Mathematik als eine Schatzkammer von abstrakten Formen (...); und es trifft sich so – ohne dass wir wissen warum –, dass gewisse Aspekte der empirischen Wirklichkeit in diese Formen passen, als wären sie ihnen ursprünglich angepasst worden“.[53] Radikaler formuliert folgt die mathematische Skriptur weder einer Pragmatik von Aufgaben, deren Lösung sie verspricht, noch berührt sie die Wirklichkeit, sondern *erzeugt* diese allererst aufgrund ihrer Struktur. Das Reale ist folglich so sehr eine mathematische Konstruktion, wie diese auf es anwendbar scheint. Anders gewendet: Das mathematische Skript ist die Aufpfropfung einer Schrift, die dem Begriff der Wirklichkeit vorausgeht, ihn modelliert und entzeitlicht und damit jeder diskursiven Semantik entzieht. Die Mathematisierung der Natur setzt dann deren primäre Verschriftlichung voraus, denn nichts erscheint an sich schon mathematisch – sowenig wie ihr Schriftzug der Handschrift Gottes gleicht, um einen geläufigen Topos der Zeit Galileo Galileis aufzunehmen, dessen Spur die Physik als Wissenschaft auf mehr oder weniger exakte Weise zu entschlüsseln und nachzuschreiben sucht; vielmehr wird Natur kraft ihrer Skriptualisierung allererst als mathematisch beschreibbare hervorgebracht, um aus dieser jene Strukturen *nachträglich* herauszulesen, die ihr scheinbar innewohnen.

D. h. die Mathematik entspringt der Schrift, nicht jedoch die Schrift der Mathematik, vielmehr legt diese über die Semiotisierung der Dinge ihr eigenes „numerales“ Skript und unterwirft sie ihren syntaktischen Transformationen. Der Erfolg des Mathematischen seit dem 16. Jahrhundert entspringt diesem Projekt gelungener Verschriftlichung – wie umgekehrt ihr Triumph seit Mitte des 20. Jahrhunderts ein Produkt der vollkommenen Digitalisierung der Datenwelt und ihrer computergesteuerten Prozessierung ist, die selbst schon eine Funktion ihrer Skripturalisierung darstellt. Die primäre Reduktion von Wissen auf Information und die sekundäre Reduktion von Information auf das „Datum“ als Protokoll, das eine empirische Einheit registriert, bis zur ternären Reduktion der Daten auf lediglich noch abtastbare und messbare Differenzen, die sich dem digitalen Muster fügen und nur das lesbar machen, was auf diese

53 Bourbaki, Nicolas, „Die Architektur der Mathematik“, a.a.O., S. 158.

Weise digitalisierbar ist, geht damit konform. Daran nährt sich ein Konstruktivismus, der nur mehr Texturen, Oberflächen und Syntaxen kennt, die sich beliebig umschreiben und neu ordnen lassen.

Dies lässt sich exemplarisch anhand von Genetik und Biotechnologie nachweisen. Sie inszenieren eine beispiellose Verschriftlichung des Lebens, um deren Code ebenso sehr zu setzen wie zu reformulieren. Auf den genetischen Text, die biologische Skriptur reduziert, wird sie in ihre Bestandteile zerlegt und künstlich prozessiert. Dazu gehört der schrittweise Übergang von den klassischen Mendelschen Gesetzen, die noch der *contemplatio* langmütiger Naturbeobachtung gehorchten, über die Definition des „Gens“ als kleinste Vererbungseinheit und deren Zuordnung zu einem Merkmal bis zur Ein-Gen-ein-Protein-Hypothese und deren informationeller Modellierung als Abfolge von Basenpaaren auf der DNA, deren Lektüre allein dem Computer überantwortet wird. Den Übergängen korrespondiert die Beschleunigung der Vererbungsgeschwindigkeit von Erbsen und deren jährliche Auslese über die *Drosophila* zu Pilzen, Bakterien und jenen Modelllebewesen, die erlauben, das Verhalten des Erbcodes gleichsam im Zeitraffer zu studieren. Setzt letztere die Computerisierung der Analyse und entsprechend die Mathematisierung der „Lebensskripte“ voraus, geht dieser historisch wiederum die Codierung der Vererbung, die Semiotik des Gens und schließlich die Diskretierung der DNA nach dechiffrierbaren Einheiten voran. Die systematische Zerlegung und Reduktion privilegiert dabei überall jene Sequenzen, die sich „sinnvoll“ in Aminosäuren „übersetzen“ lassen, d. h. deren mehrstufige Reaktionsreihen bekannt sind und einer Logik der Passung genügen[54], wohingegen alles andere ohne Belang scheint, bestenfalls ein verkürzbarer „Leercode“, den der genetische Zynismus bezeichnenderweise als „genetischen Müll“ oder „Junk-DNA“ bezeichnet hat.[55] Doch könnte gerade dieses Bestimmungslose, wie der Schriftsteller Adolf Muschg treffend bemerkt hat, den Umkehrschluss zulassen, „dass ‚das Leben‘, der Organismus anders ist als das digital erarbeitete System seiner Erfassung; dass er eine Sprache spricht, die für den Computer eine Fremdsprache bleibt, weil er bestimmte ihrer Qualitäten aufgrund seiner eigenen Prämissen nicht simulieren kann. (...) In den Gen-Sequenzen registriert (der Computer) Redundanz und Spielerei, begegnet einem weißen Rauschen, vor dem die wissenschaftlichen Leser ratlos stehen; und wenn sie sagen, sie können das noch nicht lesen, so wäre ja auch der unbequeme Schluss möglich: Es lasse sich *so* nicht lesen; der Stoffwechsel des Organismus im Medium der Zeit, seine bewegliche Ordnung, verhindere die kausale Anpfählung definierter Eigenschaften an definite Loci. (...) Die Forscher könnten an

54 Vgl. Weber, Thomas A., *Genforschung*, Köln, 2002, S. 118 ff.
55 Vgl. Wade, Nicolas, *Das Genom-Projekt und die neue Medizin*, Berlin, 2001, S. 79.

ein Objekt geraten sein, das sich digitaler Auflösung entzieht."[56] Dann entspräche die Verschriftlichung des Lebens wie die Mathematisierung ihres Codes paradigmatisch für alle Mathematisierung der Natur der Mahnung des Erdgeistes aus Goethes *Faust*: „Du gleichst dem Geist, den du begreifst, nicht mir!"[57]

Daran wären nicht nur die Grenzen der Mathematisierung, das Tautologische des Verfahrens auszubuchstabieren, sondern gleichermaßen auch dessen interne Problematik, soweit sie aufs Reale selber zurückschlägt. Denn offenbar haben wir es bei der Analyse des genetischen Codes mit syntaktischen Modellierungen im Sinne eines abstrakten Konstruktivismus zu tun, dem es nicht nur um Wissen oder Kennung von Mustern und Strukturen geht, sondern um die Hervorbringung programmierbarer und in ihrer Codierung weiterschreibbarer Schriftmarken, die jeden Bezug zu Zeit und Sinn eingebüßt haben – die darum auch im Sinne operativer Bricolage performativ als *calculi*, als Spielsteine ins Spiel der Geschichte des Lebens geworfen und – buchstäblich – in dessen weitere Evolution „entlassen" werden. Ihr Prekäres liegt dabei nicht nur im gleichermaßen technischen wie artifiziellen Verhältnis zur Kreatur, sondern vor allem in der *Negation von Existenz* selbst. Ihr entspricht der Gebrauch der Kategorie in den Regimen des Mathematischen wie im Diskurs der europäischen Philosophie. Gilt sie philosophisch als „Nichts", weil sie im Begrifflichen keine Bestimmung findet, meint sie mathematisch kein „Dass", *quod*, das allem Was, *quid*, und damit auch allem Denken, wie Friedrich Wilhelm Josef Schelling sich ausdrückte, noch „zuvorkommen" muss[58], sondern allein eine *Fiktionalisierung*, die sprachlich im Modus des „Es sei ..." steht. Als Konjunktiv aber verweist sie auf eine Möglichkeit, die einzig unter dem Vorbehalt von Widerspruchsfreiheit steht. Er impliziert auf seine Weise, dass *nichts wirklich* gesetzt ist, dass wir vielmehr nur experimentieren. Die Mathematisierung der *episteme*, die sich durch die Jahrhunderte der Wissenschaften zieht, enthüllt diesen experimentellen Umgang mit der Wirklichkeit. Er ist ins Schriftpara-

56 Muschg, Adolf, „Der Schriftsteller und die Gene", in: Frank Schirrmacher (Hg.), *Die Darwin AG. Wie Nanotechnologie, Biotechnologie und Computer den neuen Menschen träumen*, Köln, 2001, S. 271-280, hier: S. 277.

57 Goethe, Johann Wolfgang, *Faust. Der Tragödie erster Teil*, in: ders., *Werke*, Bd. 3, München, 1986, S. 24.

58 „Was der Anfang alles Denken ist, ist noch nicht das Denken (...)", heißt es in der *Philosophie der Offenbarung*; vielmehr bleibt es ein bestimmungslos „unvordenkliches Sein". Der entscheidende Grundgedanke ist, dass das „Dass" (quod) im Sinne von *Ereignis der Existenz* im „Was" (quid) seiner Bestimmung stets mitzudenken und mitvorauszusetzen ist: Die Positivität eines „notwendig(), blind Existierende(n)" als zugleich *Unbestimmtes* lässt sich durch kein Denken abweisen: „Die positive Philosophie (...) geht so wenig von dem bloß im Denken Seienden als von einem in der Erfahrung Vorkommenden aus. (...) Ihr Prinzip kommt nicht aus der Erfahrung, noch im reinen Denken vor. Sie kann also nur vom Absolut-Transzendenten ausgehen, was ebenso über aller Erfahrung, als über allem Denken ist, dem Denken wie der Erfahrung zuvorkommt." Vgl. Schelling, Friedrich Wilhelm Josef, *Philosophie der Offenbarung* (Paulus-Nachschrift) (1841/42), hg. v. Manfred Frank, Frankfurt/Main, 1977, S. 160, 161 und 146.

digma selbst eingelassen. Die Mathematik bedeutet daher die unablässige Produktion von skripturalen Strukturen, über deren Bestand zur Empirie nichts eigentlich gesagt werden kann – ja vom Standpunkt verschriftlichter *episteme* aus erscheint das Reale gleich einem Spiel, in das wir jederzeit einzugreifen vermögen, das wir fortsetzen, unterbrechen, verändern oder umerfinden können, ohne es je richtig verantworten zu müssen.

Literatur

Aischylos, *Der gefesselte Prometheus*, in: der., *Gesamtausgabe der griechischen Tragödien*, Bd. II, übers. v. Ernst Buschor, Zürich, München, 1979.
Baecker, Dirk (Hg.), *Kalkül der Form*, Frankfurt/Main, 1993.
Baldus, R., F. Löbell, *Nichteuklidische Geometrie*, Berlin, 1964.
Borges, Jorge Louis, *Einhorn, Sphinx und Salamander*, München, 1982.
Bourbaki, Nicolas, „Die Architektur der Mathematik“, in: Michael Otte (Hg.), *Mathematiker über die Mathematik*, Berlin, Heidelberg, New York, 1974, S. 140-159.
Brauer, Wilfried, Klaus Indermark, *Algorithmen, rekursive Funktionen und formale Sprachen*, Mannheim, 1968.
Chomsky, Noam, *Aspekte der Syntax-Theorie*, Frankfurt/Main, 1971.
Davis, Philip, Reuben Hersh, *Erfahrung Mathematik*, Basel, Boston, Stuttgart, 1986.
Deleuze, Gilles, *Logik des Sinns*, Frankfurt/Main, 1993.
Derrida, Jacques, „Die Différance“, in: ders., *Randgänge der Philosophie*, 2. Aufl., Wien, 1999, S. 31-56.
– *Grammatologie*, Frankfurt/Main, 1974.
– *Die Stimme und das Phänomen*, Frankfurt/Main, 1979
– „Das Theater der Grausamkeit und die Geschlossenheit der Repräsentation“, in: *Die Schrift und die Differenz*, Frankfurt/Main, 1972, S. 351-379.
– „Signatur Ereignis Kontext“, in: ders., *Randgänge der Philosophie*, 2. Aufl., Wien, 1999, S. 325-351.
– „Das Beinahe-Nichts des Undarstellbaren“, in: ders., *Auslassungspunkte. Gespräche*, hg. v. Peter Engelmann, Wien, 1998, S. 87-97, hier: S. 87.
Descombes, Vincent, *Das Selbe und das Andere*, Frankfurt/Main, 1981.
Dreyfus, Hubert L., E. Stuard, *Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition*, Reinbek bei Hamburg, 1987.
Feynman, Richard, *Vom Wesen physikalischer Gesetze*, München, Zürich, 1993.
Flusser, Vilém, *Die Schrift*, 2. Aufl., Göttingen, 1989.
Gödel, Kurt, „Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme“, in: *Math. Physik*, 38/1931, S. 173-198.
Goethe, Johann Wolfgang, *Faust. Der Tragödie erster Teil*, in: ders., *Werke*, Bd. 3, München, 1986.
Goodman, Nelson, *Sprachen der Kunst*, Frankfurt/Main, 1995.
Hermes, Hans, *Aufzählbarkeit, Entscheidbarkeit, Berechenbarkeit*, 2. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York, 1971.
Kant, Immanuel, *Kritik der reinen Vernunft*, Hamburg, 1956.
Keil, Geert, „Was Roboter nicht können. Die Roboterantwort als knapp misslungene Verteidigung der starken KI-These“, in: Peter Gold, Andreas K. Engel (Hg.), *Der*

Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaft, Frankfurt/Main, 1998, S. 98-131.

Keller, Rudi, „Zum Begriff Regel“, in: *Seminar: Der Regelbegriff in der praktischen Semantik*, hg. v. Hans Jürgen Heringer, Frankfurt/Main, 1974, S. 10-24.

Kittler, Friedrich A., „Zahl und Ziffer“, in: Sybille Krämer, Horst Bredekamp (Hg.), *Bild – Schrift – Zahl*, München, 2003, S. 193-204.

– „Fiktion und Simulation“, in: Karlheinz Barck, Peter Gente u. a. (Hg.), *Aisthesis, Wahrnehmung heute oder Perspektiven einer anderen Ästhetik*, 6. Aufl., Leipzig, 1998, S. 196-213.

– Vorwort zu Turing, Alan, *Intelligence Service*, hg. v. Bernhard Dotzler u. Friedrich A. Kittler, Berlin, 1987.

Krämer, Sybille, „‚Schriftbildlichkeit‘ oder: Über eine (fast) vergessene Dimension der Schrift“, in: dies, Horst Bredekamp (Hg.), *Bild – Schrift – Zahl*, München, 2003, S. 157-176.

– *Symbolische Maschinen*, Darmstadt, 1988.

Kristeva, Julia, „Zu einer Semiologie der Paragramme“, in: Helga Gallas (Hg.), *Strukturalismus als interpretatives Verfahren*, Darmstadt, Neuwied, 1972, S. 163-200.

– im Gespräch mit Jacques Derrida: „Semiologie und Grammatologie“, in: Peter Engelmann (Hg.), *Postmoderne und Dekonstruktion*, Stuttgart, 1990, S. 140-164.

Lichtenberg, Georg Christoph, *Sudelbücher*, Heft K, 185, in: *Schriften und Briefe II*, München, Wien, 1971.

McLuhan, Marshall, *Die magischen Kanäle*, Frankfurt/Main, Hamburg, 1970.

Macho, Thomas, „Zeit und Zahl. Kalender und Zeitrechnung als Kulturtechniken“, in: Sybille Krämer, Horst Bredekamp (Hg.), *Bild – Schrift – Zahl*, München, 2003, S. 179-192.

McDowell, John, „Moderne Auffassungen von Wissenschaft und die Philosophie des Geistes“, in: Johannes Fried, Johannes Süßmann, (Hg.), *Revolutionen des Wissens*, München, 2001, S. 116-135.

Mersch, Dieter, „Digitalität und nichtdiskursives Denken“, in: ders., Christoph Nyíri (Hg), *Computer, Kultur, Geschichte*, Wien, 1991, S. 109-126.

– *Kunst und Medium. Zwei Vorlesungen*, Kiel, 2002.

– „Abbild und Zerrbild. Zur Konstruktion von Rationalität und Irrationalität in frühneuzeitlichen Darstellungsweisen“, im Erscheinen, voraussichtl. 2005.

Mertens, Herbert, *Moderne, Sprache, Mathematik*, Frankfurt/Main, 1990.

Meschkowski, Herbert (Hg.), *Moderne Mathematik*, München Zürich, 1991.

Muschg, Adolf, „Der Schriftsteller und die Gene“, in: Frank Schirrmacher (Hg.), *Die Darwin AG. Wie Nanotechnologie, Biotechnologie und Computer den neuen Menschen träumen*, Köln, 2001, S. 271-280.

Platon, *Phaidros*, in: ders., *Sämtliche Dialoge*, Bd. 2, Hamburg, 1998.

Peirce, Charles Sanders, „Neue Elemente“, in: ders., *Naturordnung und Zeichenprozeß. Schriften über Semiotik und Naturphilosophie*, hg. v. Helmut Pape, Frankfurt/Main, 1991.

Rotman, Brian, *Die Null und das Nichts. Eine Semiotik des Nullpunkts*, Berlin, 2000.

Santaella, Lucia, „Der Computer als semiotisches Medium“, in: Winfried Nöth, Karin Wenz (Hg.), *Medientheorie und die digitalen Medien*, Kassel, 1998, S. 121-158.

Saussure, Ferdinand de, *Linguistik und Semiologie. Notizen aus dem Nachlass*, hg. v. Johannes Fehr, Frankfurt/Main, 1997.

Schachtner, Christel, *Geistmaschine*, Frankfurt/Main, 2. Aufl., 1993.

Schelling, Friedrich Wilhelm Josef, *Philosophie der Offenbarung* (Paulus-Nachschrift) (1841/42), hg. v. Manfred Frank, Frankfurt/Main, 1977.

Spencer-Brown, George, *Laws of Form/Gesetze der Form*, Lübeck, 1997.

Tarski, Alfred, „Die semantische Konzeption der Wahrheit und die Grundlagen der Semantik“ (1944), in: Gunnar Skirbekk (Hg.), *Wahrheitstheorien*, Frankfurt/Main, 1977, S. 140-188.

Tholen, Christoph, „Platzverweis. Unmögliche Zwischenspiele von Mensch und Maschine“, in: Norbert Bolz, Friedrich A. Kittler, Christoph Tholen (Hg.), *Computer als Medium*, München, 1994, S. 111-138.

Wade, Nicolas, *Das Genom-Projekt und die neue Medizin*, Berlin, 2001.

Weber, Thomas A., *Genforschung*, Köln, 2002.

Wittgenstein, Ludwig, *Philosophische Untersuchungen*, Frankfurt/Main, 1971.

– *Tractatus logico-philosophicus*, Frankfurt/Main, 1971.

– *Wittgenstein und der Wiener Kreis*, in: ders., *Schriften 3*, Frankfurt/Main, 1967.