

Michael Otte, Thomas Mies, Michael Hoffmann

Die Symmetrie von Subjektbezug und
Objektivität wissenschaftlicher
Verallgemeinerung

Untersuchungen zur Begründung wissenschaftlicher
Rationalität im Anschluß an die mathematische
Philosophie von Charles S. Peirce

Occasional Paper 162

Februar 1997

BERICHT für die Deutsche Forschungsgemeinschaft

über den Fortgang des Projektes *Die Philosophie der Mathematik bei Charles S. Peirce im Kontext seines „evolutionären Realismus“*. Zum Peirceschen Kontinuitätsprinzip (bewilligt am 22.12.94 unter Az.: Ot 98/7-1)

und zugleich

BEGRÜNDUNG DES ANTRAGS AUF WEITERFÜHRUNG DES PROJEKTES

zum Thema *Die Symmetrie von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Verallgemeinerung – Untersuchungen zur Begründung wissenschaftlicher Rationalität im Anschluß an die mathematische Philosophie von Charles S. Peirce*

Bielefeld, den 24. Januar 1997

Inhalt:

1. Allgemeine Angaben	4
2. Problemorientierter Bericht	5
2.1 Die Interdependenz von Ontologie und Epistemologie im evolutionären Prozeß	5
2.2 Das Verhältnis von Analyse und Synthese und das Kontinuum	11
2.3 Probleme des Reduktionismus und das Problem der Realität des Kontinuums	15
2.4 Relationalität und Kontinuum	19
3. Fortsetzungsantrag: Die Symmetrie von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Verallgemeinerung – Untersuchungen zur Begründung wissenschaftlicher Rationalität im Anschluß an die mathematische Philosophie von Charles S. Peirce	22
3.1 Der Zusammenhang von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Verallgemeinerung – die Symmetriethese	22
3.2 Wissenschaftsgeschichtliche und erkenntnistheoretische Voraussetzungen der Symmetriethese	24
3.3 Subjekt und Handlung im amerikanischen Pragmatismus	31
3.4 Arbeitsplan	38
3.4.1 Das Problem des Raumbegriffes im Kontext der Symmetriethese	39
3.4.2 Subjektbezug und Objektivität am Beispiel der Gleichheit	40
3.4.3 Pragmatische Maxime und reine Mathematik	41
3.4.4 Handlung, Zeichen, Intersubjektivität	43
3.4.5 Abduktion und Logik der Verallgemeinerung	45
3.4.6 Implizites Wissen	46
3.4.7 Kontextualisierung der wissenschaftlichen Rationalität	48
3.5 Quellenforschung: Bericht und Begründung der Notwendigkeit für eine Fortsetzung	50
4. Kurzdarstellung der aus dem bisherigen Projekt hervorgegangenen Publikationen	52
5. Literaturverzeichnis	56

1. Allgemeine Angaben

1.1 Antrag auf Gewährung einer Sachbeihilfe:

Bericht und Fortsetzungsantrag zum Projekt *Die Philosophie der Mathematik bei Charles S. Peirce im Kontext seines „evolutionären Realismus“*. Zum Peirceschen *Kontinuitätsprinzip* (bewilligt am 22.12.94 unter Az.: Ot 98/7-1)

1.2 Bewilligungsempfänger:

Universität Bielefeld, Institut für Didaktik der Mathematik

1.3 Thema:

Die Symmetrie von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Verallgemeinerung – Untersuchungen zur Begründung wissenschaftlicher Rationalität im Anschluß an die mathematische Philosophie von Charles S. Peirce

1.4 Fachgebiet:

Mathematik / Geschichte der Philosophie

1.5 Voraussichtliche Gesamtdauer:

4 Jahre

1.6 Antragszeitraum:

1.11.1997 bis 31.10.1999

1.7 Einleitung:

Wichtigstes Ergebnis der bisherigen Projektarbeit ist die Einsicht in die fundamentale Rolle des Kontinuumsbegriffes, der neben dem Zeichenbegriff für die Peircesche Philosophie konstitutiv ist und von dem her eine Reihe von Grundproblemen der Epistemologie und Wissenschaftsphilosophie neu beleuchtet werden können. Für vier solche Grundprobleme soll die Bedeutung des Kontinuumsbegriffes im folgenden Berichtsteil exemplarisch verdeutlicht werden.

Die Bedeutung des Peirceschen Denkens liegt in dem Versuch, die zentralen in der Philosophiegeschichte wie auch im Bemühen um ein Verständnis mathematischen Denkens entwickelten Dualismen im Konzept einer kontinuierlichen, als Zeichenprozeß beschreibbaren Evolution aufzulösen. Die bisherige Projektarbeit hat jedoch auch gezeigt, daß der Zusammenhang von Verallgemeinerung und Handlung bei Peirce unzureichend entwickelt ist, daß es ihm insbesondere nicht gelingt, die semiotische Wende mit einer in der Pragmatischen Maxime vorausgesetzten Handlungstheorie zu integrieren. Es mangelt daher bei ihm an einer adäquaten Begründung für die Symmetrie von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Erkenntnis, auf die Peirces evolutionärer Realismus in kritischer Aneignung der kantischen Philosophie abzielt.

Für die Begründung und Ausarbeitung dieses Symmetriekonzepts muß das Peircesche Denken in den Gesamtzusammenhang der Denkbewegung des Pragmatismus gestellt werden.

Die Relevanz dieses Konzepts ist weiterhin im kritischem Vergleich mit anderen zeitlich parallelen Versuchen einer Neubegründung wissenschaftlicher Rationalität wie der neukantianisch geprägten Philosophie der symbolischen Formen von Ernst Cassirer und der Phänomenologie von Edmund Husserl zu überprüfen. Es bedarf schließlich der exemplarischen Entwicklung dieses Konzepts an zentralen Problemfeldern der Mathematik und ihrer Geschichte.

In der Arbeit an diesem Konzept sehen wir das wichtigste Desiderat unserer bisherigen Forschungsarbeit, das den Schwerpunkt einer Fortsetzung des Projekts bilden soll. Dafür bitten wir wiederum die DFG um eine finanzielle Förderung.

Zum Abschluß des vorliegenden Textes wird eine annotierte Bibliographie über die bisherigen Arbeitsergebnisse informieren.

2. *Problemorientierter Bericht*

2.1 **Die Interdependenz von Ontologie und Epistemologie im evolutionären Prozeß**

In bezug auf die in der Philosophie diskutierten Gegensatzpaare „Ontologie – Epistemologie“, „Begriff – Gegenstand“, „Allgemeines – Besonderes“, „Subjekt – Objekt“, „Leib – Seele“, „Körper – Geist“ und „Individuum – Gesellschaft“ hat sich die Peircesche Philosophie als eine besondere Form einer *monistischen* Position erwiesen. Man könnte hier von einem „evolutionären“ oder „dialektischen Monismus“ sprechen. Um das Spezifikum dieser Position zu skizzieren, sei sie zunächst ausgehend von der Frage nach dem Verhältnis von Ontologie und Epistemologie in ihrem philosophiegeschichtlichen Kontext verortet. Das Verhältnis von Epistemologie und Ontologie kann bis zu einem gewissen Grad als grundlegend für die Klärung der Beziehungen in den anderen oben genannten Gegensatzpaaren behandelt werden.

Das Problembewußtsein für die Frage nach dem Verhältnis von Ontologie und Epistemologie läßt sich bis zu Parmenides zurückverfolgen, für den Denken und Sein „dasselbe sind“ (τὸ γὰρ αὐτὸ νοεῖν τὸ εἶναι, DK 28 B 3). Vor dem Hintergrund der bekannten „Bewegungsparadoxien“ des Parmenides-Schülers Zenon scheint dies auf ein Verhältnis von Ontologie und Erkenntnistheorie hinauszulaufen, das durch Eineindeutigkeit im Cantorschen Sinne gekennzeichnet ist: Was Erkenntnisinhalt ist, läßt sich eindeutig auf das erkannte Seiende abbilden, bzw. ist dessen Ergebnis – bis in die Neuzeit hinein wird Erkenntnis als Wesenserkenntnis *von etwas* gefaßt. Die Möglichkeit der eineindeutigen Abbildbarkeit setzt die Diskretheit, Selbstidentität oder eindeutige Identifizierbarkeit der Relata voraus. Das heißt: Das Prädikat „Sein“ kann nur demjenigen zugesprochen werden, das in der Einheit eines Urteils als distinkt erfaßbar ist; alles andere gilt als nicht-existent (vgl. Parm. DK 28 B 8).

Es handelt sich hier insofern um eine *monistische* Position, als der Eleatismus die Identität von Sein und Erkennen behauptet. Wenn nun auf der einen Seite Aristoteles gegenüber Zenon die Möglichkeit von Bewegung durch die Unterscheidung von „aktuell“ und „potentiell“ Unendlichem zu beweisen sucht und damit die Möglichkeit der unendlichen Teilbarkeit des Seienden von der Erkenntnis der Elemente unendlicher Mengen „je für sich“ abkoppelt und wenn auf der anderen Seite Platon gegenüber der parmenideischen absoluten Disjunktion von erkennbarem Sein und unerkennbarem Nicht-Sein die Notwendigkeit einer „Verbindung“ von Sein und Nicht-Sein im Urteilen und in der Erkenntnis herausarbeitet, so wird der eleatische Monismus aufgelöst und das *Verhältnis* von Ontologie und Epistemologie wird zu einem Problem. Wie die Lösungen dieses Problems im einzelnen auch aussehen, gemeinsames Merkmal antiker Positionen bleibt, daß sich das Erkennen immer an dem als gegeben vorausgesetzten Seiendem orientiert. Die antike Epistemologie ist somit immer abhängig von einer Ontologie, und das gilt schließlich bis hin zu Descartes und Leibniz (vgl. Gajdenko 1981).

Genau dieses Verhältnis dreht sich mit Kant um. Ausgehend von der Einsicht in die Bedeutung der *Aktivität* des erkennenden Subjektes, wie sie sich z.B. aus dem *experimentellen* Umgang mit der Welt ergibt, wird Kant in der „*transzendentalphilosophischen* Wende der Metaphysik“ klar, daß eine Ontologie nicht ohne die Analyse der Bedingungen der Erkenntnismöglichkeit von Gegenständen einer solchen Ontologie betrieben werden kann. So schreibt Hans Jörg Sandkühler:

„Die transzendente Frage nach der Erkenntnisart von Gegenstandserkenntnis (KrV B 25) hat das Bedürfnis nach einer Theorie des Wissens als Voraussetzung jeglicher Objekttheorie unabweisbar gemacht; mit anderen Worten: Seit Kant kann es nicht mehr als rational gelten, ontologische Aussagen ohne vorgängige transzendente Reflexion machen zu wollen“ (Sandkühler 1991: 65).

Mit der Wende auf das Subjekt wird jedoch die Frage nach der Möglichkeit von Objektivität zu einem zentralen Problem. Kant versucht diese Möglichkeit mit der Apriorität der Anschauungs- und Verstandesformen zu begründen. Diese Konzeption hat nun aber Konsequenzen, die in der Nachfolge Kants Gegenstand vieler Diskussionen waren: Vor allem führt die Annahme Kants, daß jeder Erkenntnisgegenstand zwar in der Anschauung „gegeben“ sein muß, aber als solcher allein durch die Verstandesaktivität konstituiert wird, zu einem letztlich unüberbrückbaren Dualismus zwischen dem an sich unerkennbaren, aber als Grund der Erscheinungen zu postulierenden „Ding an sich“ und dem erkennenden Subjekt.

Schelling hat eine dem entsprechende Kritik in einer Rezension unter dem Titel *Über die Konstruktion in der Philosophie* ausgearbeitet, in der er Kant vorwirft, an der Mathematik „doch eigentlich nur die *empirische* Seite, die Beziehung auf das Sinnliche, geschätzt“ und im Gegensatz dazu die Philosophie „auf bloße reine Begriffe ohne alle Anschauung“ beschränkt zu haben (Schelling 1802/1803: 204, vgl. auch 205 ff.). Der Grund für die Kantische Unterscheidung von Philosophie und Mathematik sei „die absolute Entgegensetzung des Allgemeinen und Besonderen, die Kant zwar in der mathematischen Konstruktion als aufgehoben anerkennen muß, in der Philosophie aber durchaus stehenläßt“ (ebd. 205 f.; vgl. Kant KrV, B

742). Dagegen weist Schelling darauf hin, daß die von Kant behauptete Entgegensetzung von Philosophie und Mathematik in die Mathematik selbst falle, insofern „die Arithmetik ein Besondres (Verhältnis von einzelnen Größen) im Allgemeinen, die Geometrie ein Allgemeines (den Begriff einer Figur) im Besondern ausdrückt“ (ebd. 206). Da auf der anderen Seite die synthetischen Begriffe Kants nur dann legitimiert wären, wenn er sie *konstruiert* hätte (ebd. 209), verschwindet der Gegensatz von Philosophie und Mathematik: „die Konstruktion als solche ist in der Mathematik und Philosophie immer absolute und *reale* Gleichsetzung des Allgemeinen und Besondern“. So ist das Besondere an einem geometrischen Dreieck immer schon „*das im Allgemeinen dargestellte Besondere*“ (ebd. 207). Weil aber die Begründung der synthetischen Begriffe durch Konstruktion in einen infiniten Regreß führt, kann der

„... Rückgang im Konstruieren oder, weil dies nicht zugegeben ist, im Denken überhaupt (...) nicht eher als bei dem Punkt aufhören, wo das Konstruierende und Konstruierte – Denkende und Gedachte – schlechthin in eins zusammenfällt. Nur dieser Punkt kann *Prinzip* der Konstruktion heißen“ (ebd. 209).

Diese Forderung haben Teile der Mathematik des 19. Jahrhunderts umgesetzt, indem sie die Mathematik zur Formenlehre erklärt haben (z.B. Grassmann und Whitehead; vgl. auch die diesbezügl. Ausführungen bei Cassirer 1910). Eine Form in diesem Sinne repräsentiert ein Relationsgefüge, in dem die einzelnen Positionen in einer evidenten Weise aufeinander beziehbar sind, ohne daß externe Relationen oder Begründungen vonnöten wären. Auf diese Weise wird der Grundgedanke der Schellingschen „Identitätsphilosophie“ plausibel, in der Epistemologie und Ontologie, Denken und Gedachtes als „ursprünglich identisch“ konzipiert werden (Schelling 1800/1856 ff.: I 3, 348). Ganz ähnlich argumentiert auch Hegel, der aber statt des kantischen „Verweilens“ in den Gegensätzen von „Geist und Welt“, „Seele und Leib“, „Ich und Natur“ usw. das „absolute Aufgehobensein des Gegensatzes“ im dialektischen *Prozeß* postuliert (Hegel 1802, 310, 302).

Fragt man heute im Kontext der modernen Wissenschaftstheorie nach dem Verhältnis von Ontologie und Epistemologie, dann drängt sich der Eindruck auf, daß es sich hier um ein Scheinproblem handelt. Die Begriffe „Subjekt“ und „Objekt“ sind aus den Debatten verschwunden, es bleiben allein Begriffe wie der der „Theoriendynamik“. Den Grund für diese Tendenz bringt C. U. Moulines auf den Punkt, wenn er sagt, daß jede „Rede vom Sein“, also jede „Ontologie“, nur als Teil eines „Theorie-Holon“ sinnvoll sein kann. Allein die Theorie „bestimmt, was es gibt“, und der Pluralismus der in verschiedenen Kontexten vertretenen Theorien muß so zu einem „ontologischen Pluralismus“ führen (Moulines 1994). Das ist auch das Theorienverständnis von Thomas S. Kuhn, das sich in folgenden zwei Sätzen fassen läßt: (1.) Die Theorie als ganze, etwa als System miteinander verbundener Postulate, bestimmt die Intension ihrer Begriffe, und (2.) die Intensionen bestimmen die Extensionen der Begriffe; Gegenstände sind niemals unvermittelt, sondern ausschließlich über Begriffsbedeutungen gegeben (so Otte 1996: 215). Auf diese Weise kann man nicht mehr von einer Eigenständigkeit der Gegenstände ausgehen. Die Gegenstände wie auch das erkennende Subjekt verlieren ihren konstitutiven Charakter.

Demgegenüber hat allerdings schon K.-O. Apel gezeigt, daß die „Logic of Science“ ohne eine „pragmatische“ Dimension, ohne eine „*Verständigung* der wissenschaftlichen Experten“ über die Geltung von „Basissätzen“ und von Theoriesprachen nicht auskommen kann (Apel 1973b: 159 f.). Dem stimmt auch Moulines zu (Moulines 1994: 184, 187 f.), doch Apel zieht daraus den Schluß, daß damit der Begriff des *Subjektes* als unabdingbar erwiesen sei, wenn auch nicht der transzendentalphilosophische Kants, demgemäß der „höchste Punkt“ der Erkenntnis die transzendente Apperzeption ist. Genau dies habe, so Apel, schon Peirce gesehen, und in „einer semiotischen Transformation der Transzendentalphilosophie“ realisiert. Während Kant die Möglichkeit objektiver Erkenntnis durch die Annahme *apriorischer* Anschauungs- und Verstandesformen und vor allem durch das Apriori der transzendentalen Apperzeption begründet, habe Peirce die Möglichkeit einer „intersubjektiv einheitlichen Welt-*Interpretation*“ durch das „quasi-transzendente Subjekt“ einer unbegrenzten „*Interpretationsgemeinschaft*“ fundiert (Apel 1973b: 173). Das Apriori der Transzendentalphilosophie wird zum „Apriori der Kommunikationsgemeinschaft“.

Was bei Apel jedoch fehlt ist eine ausreichende Analyse der Konstitutionsbedingungen derartiger Kommunikationsgemeinschaften. Im Rahmen der Fortführung unseres Projektes soll die These entwickelt werden, daß als eine fundamentale Konstitutionsbedingung von Kommunikation die Objektgliederungen anzusehen sind, die den unhinterfragten Hintergrund der gemeinsamen Aktivitäten von *scientific communities* bilden. Zu deren Analyse kann die Beschäftigung mit allein sprachlicher Kommunikation nicht ausreichen. So erfordert die Verständigung über „Basissätze“, z.B. Beobachtungssätze, und die Verständigung über Theoriesprachen nicht nur kommunizierende Subjekte, sondern sie erfordert auch die Existenz einer gemeinsamen Welt von gegenstandsbezogenen Handlungen und Gegenständen, die durch solche Handlungen – wie vermittelt auch immer – zugänglich sind. Denn andernfalls würde jeder Versuch der Verständigung sofort in einen infiniten Regreß führen. In praktischer Kommunikation bricht die Begründung der Begründung der Begründung etc. immer genau dann ab, wenn die in Frage stehenden oder die zur Begründung herangezogenen „Gegenstände“ als intersubjektiv *evident* erfahren werden. Auf diese Weise wird klar, daß für die pragmatische Dimension wissenschaftlicher Theorienbildung Subjektbegriff und Gegenstands begriff *voneinander abhängig* sind. So ließe sich folgern: Wenn im Kontext der Frage nach der *Genese* von Wissen – im *context of discovery*, nicht im *context of justification* – die pragmatische Dimension von Verständigung als zentral anerkannt wird, dann erfordert dies eine Konzeption des Verhältnisses von Epistemologie und Ontologie, in der die Begriffe Subjekt und Objekt eine konstitutive Rolle spielen. Und: Die Einheit von Ontologie und Epistemologie, von der schon Schelling und Hegel ausgegangen sind, macht nur in einer evolutionären Perspektive Sinn, die Subjekt und Objekt umgreift.

Damit ist der historische Ort der Peirceschen Philosophie bezeichnet. Wie sieht nun dessen Lösung des seit Parmenides virulenten Problems aus? Peirce stellt sich auf der einen Seite explizit in die Tradition Schellings, wenn er hinsichtlich des *mind-body*-Dualismus die Posi-

tion vertritt: „The one intelligible theory of the universe is that of objective idealism, that matter is effete mind, inveterate habits becoming physical laws“ (Peirce CP 6.25; vgl. 6.605 und Peirce CCL 261). Auf der anderen Seite hebt er in der Tradition Hegels den Gegensatz von Ontologie und Epistemologie in dem von ihm entwickelten philosophischen Konzept der „Evolution“ auf: Evolutionär entwickelt sich zum einen das „Seiende“, zum anderen die Erkenntnis, wobei die *monistische* Position Peirces darin zum Ausdruck kommt, daß diese beiden Evolutionsprozesse vollkommen analog als Prozesse der Verallgemeinerung gefaßt werden. Dies herauszuarbeiten sei eine zentrale Aufgabe seiner Philosophie; sie

„... must give birth to an evolutionary cosmology, in which all the regularities of nature and of mind are regarded as products of growth, and to a Schelling-fashioned idealism which holds matter to be mere specialized and partially deadened mind“ (Peirce CP 6.102, vgl. 6.21).

Im Gegensatz zu Schelling und Hegel glaubt Peirce allerdings nicht an die Möglichkeit eines „absoluten Wissens“, wohl aber an die Möglichkeit „objektiven“ Wissens. Jedes Wissen ist für ihn immer zugleich etwas Allgemeines *und* etwas Besonderes, insofern es nicht unabhängig von wissenden Subjekten oder anderen es repräsentierenden Zeichensystemen denkbar ist. Ein solcher Zusammenhang von Allgemeinem und Besonderem ist aber nur in einer evolutionären Perspektive wirklich zu konzipieren, d.h. wenn man davon ausgeht, daß die Allgemeinheit des Wissens in nichts anderem als einer potentiell unendlichen und unendlich vielfältigen Folge von besonderen Repräsentationen dieses Wissens besteht. Wissen ist also nie „absolut“, d.h. „getrennt“ von seinen Repräsentationen, sondern es *entwickelt* sich im Kontinuum des Zeichenprozesses, der „Semiose“, und es entwickelt sich im Sinne einer „Verallgemeinerung“. Für Peirce ist jede Evolution als semiotischer Prozeß beschreibbar und jeder semiotische Prozeß als Evolution, und insofern Evolution sich aus dem Zusammenspiel von Determination und Zufall ergibt, kann er die Semiose als objektiv *und* kontingent fassen.

Für Peirce sind Gegenstände und deren „Widerständigkeit“ ebenso notwendig für die Entwicklung von Erkenntnis wie Zeichen und das, was er als „Interpretanten“ bezeichnet. Erkenntnistheoretisch betrachtet ist der „Interpretant“ eine von einem Objekt determinierte und durch ein Zeichen vermittelte Erkenntnis, oder allgemeiner: ein – wenn auch vorläufiges und auf eine Folge von weiteren „Interpretanten“ bezogenes – *Resultat* der Semiose (vgl. Parmentier 1994, 25). Problematisch und unausgearbeitet bleibt bei Peirce allerdings, wie sich die hier verwendeten Begriffe „Interpretant“ und „Subjekt“ zueinander verhalten: Peirce faßt den Begriff des Interpretanten soweit, daß sowohl die Sonnenblume, die aufgrund des Lichteinfalls ihren Kopf der Sonne zuwendet, wie auch die Konklusion in einer Deduktion als solche bezeichnet werden (vgl. z.B. Peirce MS 478, nach Peirce PHÄN 95). In beiden Fällen spielt aber das erkennende Subjekt zunächst keine Rolle, und wie seine Bedeutung im erkenntnistheoretisch gefaßten Zeichenprozeß genau zu bestimmen wäre, bleibt fragwürdig. Hier besteht weiterer Klärungsbedarf.

Die Peircesche Epistemologie findet also ihr Zentrum in der Behauptung, daß sich Allgemeines und Besonderes in einem Prozeß wechselseitiger Bestimmung entwickeln und daß sich dieser Prozeß als Verallgemeinerungsprozeß vollzieht. Wichtig ist hier die Einsicht, daß dieser Verallgemeinerungsprozeß auch die vermittelnden Zeichen oder die Peircesche „Drittheit“ erfaßt, und damit auch die Bedingungen der Möglichkeit von Erkenntnis.

Für Peirce existieren „all beliefs and general propositions“, also auch alle Bedeutungen, „in the mind in the form of a habit“ (Peirce CP 8.67). Verhaltensgewohnheiten stellen hinsichtlich ihrer allgemeinen Seite eine Art Gesetzmäßigkeit dar, was plausibel ist, wenn man einerseits Gesetz und Verhaltensgewohnheit durch die Weise bestimmt versteht, wie sie unser Handeln beeinflussen, und andererseits *habits* oder Gewohnheiten nicht mit einer Menge einzelner Handlungen identifiziert. „Um die Bedeutung eines Gedankens zu entwickeln, muß man einfach die Gewohnheiten, die ihn erzeugen, bestimmen“ (Peirce CP 5.18); das ist der Kerngedanke der Peirceschen „Pragmatischen Maxime“. Aber der so bestimmte Bedeutungsbegriff zeigt eine paradox erscheinende Struktur: Einerseits verknüpft die Pragmatische Maxime Bedeutung und Anwendung, andererseits ist die Bedeutung – einer Theorie beispielsweise – sicherlich von jeder einzelnen Anwendung oder Interpretation derselben zu unterscheiden. Die Bedeutung ist gewissermaßen die Gesamtheit aller *möglichen* Anwendungen. Aber diese Gesamtheit ist keine Menge (Peirce CP 5.526), da Bedeutungen allgemein sind im Sinne einer nicht bestimmbareren Gesamtheit möglicher Anwendungen oder Interpretationen:

„Kurz, die Idee eines Allgemeinen schließt die Idee möglicher Variationen ein, die keine Menge existierender Dinge je ausschöpfen könnte, sondern die zwischen je zwei von ihnen nicht bloß *viele* Möglichkeiten offenläßt, sondern Möglichkeiten, die absolut über jede Menge hinausgehen“ (Peirce CP 5.103).

Dies impliziert, daß im Kontrast zu anderen phänomenologischen Ansätzen, etwa im Gegensatz zu Husserl, das Kontinuitätsprinzip auf allen Stufen von Verallgemeinerung zum Tragen kommt. Das Kontinuitätsprinzip reguliert die unendliche Stufung wissenschaftlicher Verallgemeinerung, und Allgemeines und Besonderes sind – wiederum im Gegensatz zu Husserl – nur bezogen auf diesen Prozeß, d.h. nur *relativ* bestimmt.

Prozesse der Verallgemeinerung setzen das voraus, was Peirce „Abduktion“ genannt hat, d.h. die Bildung einer Hypothese: In der Konfrontation mit einem problematischen Gegenstand oder einer problematischen Situation ist ein Erkenntnissubjekt gezwungen, eine Hypothese zu bilden, um das Problem zu erklären oder damit umgehen zu können. Die Abduktion ist für Peirce jedoch weniger ein empirisches oder psychologisches Phänomen, sondern sie ist ein *logischer Schluß*, weil die Bildung einer Hypothese nicht allein durch den Zufall erklärt werden kann. Die Logizität der Abduktion basiert unseres Erachtens auf der Voraussetzung, daß, so wie jede Erkenntnis durch etwas Allgemeines vermittelt ist, auch der Prozeß der Hypothesenbildung der Vermittlung durch allgemeine Elemente bedarf. Auf der einen Seite begrenzen diese allgemeinen Elemente den Bereich möglicher Hypothesen; es wird nicht alles bezweifelt und in Frage gestellt, sondern bestimmte Bedeutungen bleiben fixiert. Auf der anderen Seite werden diese allgemeinen Elemente, die dem abduktiven

Schluß zugrunde liegen, aber auch nicht reifiziert, sondern sie werden wiederum als bestimmt von einem Bereich allgemeiner Elemente höherer Stufe verstanden (man denke nur an die Stufung „Symmetrieprinzipien – Naturgesetze – Phänomene“ in der Physik; vgl. auch Peirce NATUR, 123). Die unendliche Stufung und der damit verbundene infinite Regreß begründet ein Objektivitätskonzept, welches Objektivität der wissenschaftlichen Erkenntnis als einerseits gegeben und andererseits relativ auffaßt.

Dieses Zusammenspiel illustriert Peirce sehr häufig durch Verweis auf den Prozeß der visuellen Wahrnehmung, den er als einen Grenzfall abduktiven Schließens faßt:

„Wenn wir diesen unbewußten Prozeß einer logischen Analyse unterwerfen würden, so würden wir finden, daß er in dem endet, was jene Analyse als einen abduktiven Schluß repräsentieren würde, der auf dem Resultat eines ähnlichen Prozesses aufbaut, den eine logische Analyse als durch einen ähnlichen abduktiven Schluß beendet repräsentieren würde und so weiter *ad infinitum*. Diese Analyse wäre genau der analog, die der Sophismus von Achill und der Schildkröte anwendet, und sie würde aus demselben Grunde darin scheitern, den realen Prozeß zu repräsentieren. Nämlich genauso, wie Achill nicht eine Reihe voneinander getrennter Anstrengungen zu machen hätte, so vollzieht dieser Prozeß des Formens von Wahrnehmungsurteilen, weil er unbewußt ist und so der logischen Kritik nicht zugänglich, keine getrennten Akte des Schließens, sondern sein Ablauf vollzieht sich in einem kontinuierlichen Prozeß“ (Peirce CP 5.181, zit. nach Peirce PRAG 404 f.).

Die Möglichkeit der Abduktion beruht auf dem Kontinuitätsprinzip, und gleiches gilt dann auch für Verallgemeinerungsprozesse. So sagt Peirce in bezug auf evolutionäre Prozesse im allgemeinen: „A habit of acquiring habits began to be established, and a habit of strengthening the habit of acquiring habits, and a habit of strengthening that habit, and so on *ad infinitum*. The acquiring [of] a habit is nothing but an objective generalization taking place in time.“ (Peirce NEM IV, 140; vgl. auch Peirce CP 6.13, 21-26 und Peirce W 4, 547 ff.).

2.2 Das Verhältnis von Analyse und Synthese und das Kontinuum

Vor mehr als 40 Jahren bereits hat Quine in seiner Arbeit „Zwei Dogmen des Empirismus“ (Quine 1979 [1951]) das Problem der Unterscheidung von Analyse und Synthese, von analytischer und synthetischer Erkenntnis, das so fundamental für die Epistemologie und Philosophie der Mathematik seit Kant gewesen ist, als Pseudoproblem verabschiedet. Nichtsdestoweniger ist das Problem heute so virulent wie eh und je.

Wenn jemand die These vertritt, daß es die Mathematik im wesentlichen mit dem Schlußfolgern aus hypothetischen Annahmen zu tun hat, dann wird er leicht für einen Formalisten oder möglicherweise für einen Platoniker gehalten, und die Mathematik, die so beschrieben wird, gilt als eine analytische Wissenschaft.

Wenn jemand von einer empirischen Wahrnehmung berichtet, etwa davon, daß er eine Katze gesehen habe, dann geht man in der Regel davon aus, daß er ein empirisches Objekt wahrgenommen hat, dem jede Allgemeinheit fehlt. Derartigen Urteilen liegt eine Vorstellung zugrunde, die Allgemeines und Besonderes ebenso vollkommen trennt wie Denken und Wahrnehmen oder Erfahrung.

Beispielsweise schreibt Hans Hahn, prominenter Vertreter des Wiener Kreises:

„Die Grundthese des Empirismus ist diese: die einzige Quelle, die uns ein Wissen über die Welt, ein Wissen über Tatsachen, ein Wissen, dem Inhalt zukommt, liefern kann, ist die Erfahrung; alles derartige Wissen entstammt dem unmittelbar Erlebten. Die Stellung der Mathematik hat seit jeher diesem Standpunkt große Schwierigkeit bereitet; denn die Erfahrung kann uns kein *allgemeines* Wissen verschaffen, die Mathematik aber scheint allgemeines Wissen zu sein; jedes der Erfahrung entstammende Wissen bleibt mit einem Koeffizienten der *Unsicherheit* behaftet, an der Mathematik bemerken wir keinerlei Unsicherheit“ (Hahn 1988, 55).

Hahn beantwortet die Frage, wie der Empirismus in dem angegebenen Sinn mit dem Bestehen der Mathematik verträglich sei, mit der These, daß die Mathematik ein Teil der Logik ist und wie dieselbe keineswegs von Gegenständen handelt, sondern „sie handelt nur von der Art, wie wir über die Gegenstände sprechen; die Logik entsteht erst durch die Sprache“ (a.a.O., 150). Mathematische Erkenntnisse sind somit analytisch, handeln aber nicht von der faktischen Welt, und empirische Erkenntnisse sind synthetisch. Peirce würde nun sagen, daß einerseits die Mathematik, obwohl sie nicht von der Welt handelt, auch wesentlich synthetisch ist und andererseits die empirische Erkenntnis, insofern jede Wahrnehmung bereits allgemeine Elemente voraussetzt, auch analytisch sein muß.

Die erkenntnistheoretische Haltung des Empirismus oder Positivismus des 20. Jahrhunderts hat Quine in dem bereits erwähnten Aufsatz durch zwei Thesen charakterisiert, die er zwei Dogmen des Empirismus nennt:

„Das eine ist der Glaube an eine grundlegende Kluft zwischen einerseits *analytischen* Wahrheiten, die auf Bedeutungen beruhen und unabhängig von Tatsachen sind, und *synthetischen*, auf Tatsachen beruhenden Wahrheiten andererseits. Das andere Dogma ist der *Reduktionismus*: der Glaube, daß jede sinnvolle Aussage äquivalent einem logischen Konstrukt aus Termen sei, die auf unmittelbare Erfahrung referieren“ (Quine 1979 [1951], 27).

Quine hat auch darauf hingewiesen, daß die Kluft zwischen empirischen und theoretischen Kenntnissen verschwindet, wenn wir Ausdrücke wie „Katze“, „Röte“ u.ä. als Sätze auffassen, nach dem Muster „x ist vom Typus A“. Er schreibt: „Mit Sätzen den Anfang zu machen bringt den Vorteil mit sich, daß die Definition eines Beobachtungssatzes nunmehr vollkommen unabhängig wird von der Dichotomie des Theoriefreien und des mit Theorie Befrachteten“ (Quine 1995, 11). Es gibt gewissermaßen nichts Theoriefreies im strikten Sinne. Dies impliziert, daß eine Beobachtung oder Wahrnehmung stets etwas Allgemeines voraussetzt bzw. enthält, welches bei Quine sprachlich gefaßt wird, nämlich als Begriff oder Satz-Subjekt. Für Quines Widerlegung der beiden genannten Dogmen des Empirismus ist also die Konzentration auf die Sprache und auf das Problem der Bedeutung zentral. Quine schreibt: „Für Aristoteles hatten die Dinge ein Wesen, doch nur sprachliche Formen haben Bedeutungen. Bedeutung ist das wozu das Wesen wird, wenn es vom Referenzobjekt losgemacht und dem Wort verbunden wird“ (Quine 1979, 29). Eine Aussage ist nun analytisch, „wenn sie aufgrund von Bedeutungen und unabhängig von Tatsachen wahr ist“ (ebd. 27).

Die entscheidende Frage, die sich also stellt, ist die der Synonymie oder Bedeutungsgleichheit. Zur Beantwortung dieser Frage brauchen wir nicht zu wissen, was Bedeutungen genau sind, sondern es genügt zu wissen, wie Bedeutungsgleichheit festgestellt wird. Eine Methode dafür bietet die sogenannte Verifikationstheorie, die Quine (nicht ganz berechtigt) auch Peirce zuschreibt (Quine 1979, 42).

Die Verifikationstheorie im naiv verstandenen Sinn, d.h. in dem Sinn, der die Sprache als ein direktes Abbild der Realität sieht, ist, wie Quine schreibt, radikaler Reduktionismus. Dieser Reduktionismus beeinflusst bis heute das Denken der Empiristen. Demgegenüber betont er, daß Theorien nur als ganze verifiziert bzw. falsifiziert werden können. „Die Einheit empirischer Signifikanz ist die Wissenschaft als gesamte.“ Viele Begriffsbildungen, etwa die Theorie der irrationalen Zahlen, sind empirisch völlig unterdeterminiert,

„... doch sie ist eleganter und bequemer zu handhaben und schließt die Algebra der rationalen Zahlen als ein zerstückeltes und zeretztes Gebiet ein. Die Gesamtwissenschaft, Mathematik, Natur- und Humanwissenschaften, ist auf ähnliche doch extremere Weise von der Erfahrung her unterdeterminiert. Der Rand des Systems muß mit der Erfahrung in Einklang gehalten werden; der Rest mit all seinen hochstilisierten Mythen und Fiktionen ist auf die Einfachheit der Gesetze gerichtet“ (a.a.O., 49).

Entweder ist nun diese wohlbekannte Unterbestimmtheit der Theorie dasselbe wie Quines „indeterminacy of translation“, die dem Problem der Synonymie zugrunde liegt, dann ist die Frage des Verhältnisses von Analyse und Synthese äquivalent zum Problem der Beziehung von Theorie und Empirie und ist keineswegs ein Pseudoproblem. Oder aber das „Übersetzungs“-Problem hat absoluten Charakter, wie Quine zu glauben scheint, dann dokumentiert sich darin ein zweifelhafter Sprach-Apriorismus (vgl. Chomskys Kritik an Quine in: Chomsky 1976, 182-203).

Für Quine kann sich das Subjekt nicht aus dem sprachlichen Rahmen befreien und zu einer objektiven Welt selbst vorstoßen. Bedeutungsunterschiede und Gegenstandskonzepte lassen sich immer nur relativ zu einem sprachlichen System thematisieren. Peirce dagegen behauptet immer und immer wieder, daß insbesondere mathematisches Denken nicht rein sprachliches Denken sei, sondern direkt auf das raum-zeitliche Kontinuum Bezug nimmt. Er würde mit Quine übereinstimmen, daß sich empirische, auf Wahrnehmung beruhende Theorien und mathematische Theorien nicht absolut in ihrem Wesen voneinander trennen lassen, da auch das mathematisch-logische Schlußfolgern der Wahrnehmung bedarf. Er würde aber andererseits betonen, daß wir in der Wahrnehmung stets auch Allgemeines erfassen und daß wir schon vor der Aneignung der Sprache die Objekte der Außenwelt unterscheiden können. Das Subjekt ist durch seine Aktivität in der Welt und durch diejenigen Veränderungen charakterisiert, die es selbst und die Welt insgesamt dadurch erleidet.

Die oben behauptete Äquivalenz legt es nahe, sich anzusehen, wie in der Wissenschaft mit der Beziehung von Theorie und Empirie bzw. mit dem Bedeutungsproblem umgegangen wird. Man stellt dann fest, daß Objektgliederung der Welt und Bedeutungsfestlegung nicht durch Sprache und Theorie allein bewerkstelligt werden, sondern daß die Wissenschaftler über andere Objektzugänge verfügen als diejenigen, welche die Theorie explizit vermittelt (vgl. Otte 1996, 215 f.; Hacking 1996).

Auch Kommunikation ist überhaupt nur dann möglich, wenn wir letztendlich in ein und derselben Welt beheimatet sind, so unterschiedlich unsere Vorstellungen im einzelnen sein mögen. Natürlich ist die Erfahrung jedes Subjekts einmalig und von den Erfahrungen anderer Subjekte verschieden. Gleichzeitig schließt die Existenz meiner Erfahrung die Möglichkeit

ein, die Äußerungen anderer Menschen zu verstehen, wie immer diese Möglichkeit im einzelnen begründet und ausgestaltet sein mag, denn unsere verschiedenen Erfahrungen beziehen sich nicht nur objektiv auf ein und dieselbe Welt, sondern in ihnen ist auch ein und dieselbe Welt der Objekte subjektiv repräsentiert. Jene Gegenstände, die in die Erfahrung eines anderen Subjekts einfließen, können, so muß ich annehmen, auch in meine Erfahrung eingeschlossen werden. Mit anderen Worten, unsere verschiedenen Erfahrungen müssen prinzipiell vergleichbar sein. Diese Vergleichbarkeit setzt aber voraus, daß wir mit der Welt nicht nur über die Gemeinsamkeit der Sprache, sondern auch über die reale und mögliche Gemeinsamkeit im Handeln verbunden sind. Wissenschaftliche Erkenntnis wie gesellschaftliche Organisation setzen voraus, daß die Individuen in der Lage sind, die eigene Perspektive zu der Perspektive von anderen in Beziehung zu setzen und die individuelle Perspektive zur Perspektive der Gemeinschaft denkender Menschen zu verallgemeinern. Dafür gibt es in der Wissenschaft verschiedene Verfahren, Logik, experimentelle Methode, theoretische Konstruktion usw. Die Schwierigkeit des Problems der Unterscheidung von analytischen und synthetischen Wahrheiten zeigt uns also nur, daß wir diese Verfahren und ihre Grundlagen in einem möglichst umfassenden Sinne zu verstehen haben. Peirce benutzt hierfür die Metapher des Kontinuums.

Wir gehen davon aus, daß grundsätzlich unsere – konkrete und kognitive – Tätigkeit das Wesen der Subjekt-Objekt-Beziehung ausmacht und daß eine Äquivalenz zwischen dem Problem der Synonymie, also der Bedeutungsfestlegung, und dem Problem der Aufstellung objektiver Theorien besteht. Dieses Problem ist eben darin zu sehen, daß Bedeutungen nicht ein für allemal und in einem absoluten Sinne fixiert sind und jede Problembearbeitung damit beginnt, die Grenzen zwischen vorausgesetzten und fraglichen Bedeutungen neu zu ziehen. Weder ist alles in Frage zu stellen, noch ist die Wissensentwicklung rein kumulativ. Dies bedeutet aber, daß die Unterscheidung von Analyse und Synthese selbst einerseits nicht endgültig getroffen werden kann, daß sie aber andererseits jeweils kontextbezogen getroffen wird und nicht als Pseudoproblem verabschiedet werden kann. Die Unterscheidung ist weder eine bloß konventionelle Sprachregelung, noch ist sie metaphysisch begründet. Peirce hat immer wieder betont, daß wir, um das Problem von Analyse und Synthese verstehen zu können, das logische Urteil von den Zufälligkeiten seiner sprachlichen Subjekt-Prädikat-Form befreien müssen.

Die Entwicklung der mathematischen Erkenntnis hat uns gelehrt, daß die Mathematik nicht auf Definitionen und daraus gezogenen logischen Schlüssen beruht. Stets ist eine konstruktive Tätigkeit involviert, die Beziehungen zutage fördert, welche in den Prämissen eines zu lösenden Problems oder eines zu beweisenden Theorems nicht explizit auftreten. Bekanntlich hat Kant aus diesem Grunde die Mathematik eine synthetische Wissenschaft genannt. Aber Kants Apriorismus hat dann doch dazu geführt, die Unterscheidung von analytischen und synthetischen Wahrheiten in einer absoluten, metaphysisch begründeten Weise zu verstehen. Es ist in der Mathematik nicht so, daß die Gegenstände feste Bedeutungen haben und

eindeutigen Wissenskontexten zuzuordnen sind. Gerade hier zeigt sich, daß die Interpretation eines A als eines B , also die Festlegung einer „Synonymie“: $A = B$, weitgehend nur *functional* in dem Verweis auf ihre Zweckmäßigkeit für die Erkenntnisdynamik begründet werden kann. Es handelt sich dabei ebenso um ein in die Zukunft gerichtetes Versprechen, wie der Entwurf einer Theorie oder die Wahl eines Paradigmas weitgehend durch die Erwartung eines zukünftigen Erfolges begründet ist (vgl. Kuhn 1962, 1970).

Analytische Wahrheiten werden oft als solche beschrieben, die in allen möglichen Welten gültig sind, und damit hängt dann die Vorstellung zusammen, die Mathematik als eine Wissenschaft des Möglichen oder der „Bedingungen der Möglichkeit der Dinge“ zu definieren, um einen Ausdruck Bolzanos zu verwenden. Dies kann etwas sehr Statisches sein, wenn wir vom Handeln der Erkenntnissubjekte absehen. Der Mathematiker, genauso wie jeder andere Wissenschaftler, ist darauf angewiesen, an die Realitätsmächtigkeit seiner Hypothesen und Ideen zu glauben, um eine produktive wissenschaftliche Tätigkeit durchführen zu können. Eine Hypothese muß für real gehalten werden und darf nicht im Sinne eines fiktiven „Als ob“ verstanden werden. Denken ist eine Tätigkeit, die Darstellungen produziert, und jede Darstellung verkörpert die Möglichkeit einer bestimmten Anwendung des Gedankens. Und da das Wesen der Gedanken in ihren Anwendungsmöglichkeiten zu suchen ist, ist jeder Gedanke von der Art einer Darstellung. Kants Konstruktion eines Begriffes in der Anschauung weist in diese Richtung. Peirces Kontinuumsbegriff hat nun bezüglich der Theorie möglicher Welten eine weitere Funktion. Die Mächtigkeit der Möglichkeiten, welche das Kontinuum repräsentiert, ist so groß, daß es keine mögliche Welt gibt, in der alle Möglichkeiten des Kontinuums aktualisiert wären. Es gilt aber auch hervorzuheben, daß prinzipiell eine Kontinuität zwischen allen möglichen Welten und ein transzendentaler Kontext für alle diese Welten im Kontinuum gegeben ist.

2.3 Probleme des Reduktionismus und das Problem der Realität des Kontinuums

Die problematischen Seiten des Reduktionismus sollen anhand der Frage illustriert werden, ob das Kontinuum aus Punkten besteht, d.h. ob es als eine Menge aufgefaßt werden kann. Es geht dabei sowohl um den Aspekt des Ganzheitlichen im Sinne der notwendigen Einheit von Ontologie und Epistemologie als auch um die Kritik eines ahistorischen „Begründungsfundamentalismus“, d.h. um den Aspekt der „unendlichen Tiefe“ des Kontinuums.

Der Wettlauf zwischen Achill und der Schildkröte, so wie ihn Zenon dargestellt hat, zeigt zum ersten Mal das Problem des Reduktionismus. Wie ist Bewegung möglich, lautet hier die Frage. In diesem Fall läßt sich das Problem lösen, die Paradoxie zum Verschwinden bringen, und das Phänomen der Bewegung läßt sich mathematisch erfassen, wenn man ein globales Objekt, einen idealen Gegenstand, nämlich die mathematische Funktion, einführt.

Das wirkliche Problem ist allerdings die beschleunigte Bewegung. Aristoteles beispielsweise, der Zenons Paradox durch die Annahme einer ins Unendliche gehenden Teilbarkeit des Kontinuums löst, sieht sich andererseits zu der Schlußfolgerung genötigt, daß man niemals an den Anfang einer Bewegung gelangen kann. Dieses Problem ist dem Kommunikationsproblem strukturähnlich, wie es Lewis Carroll in einem schönen Text *Was die Schildkröte zu Achilles sagte* dargestellt hat (Carroll 1985; vgl. auch Peirce CP 2.27). Es besteht in dem infiniten Regreß des Begründens bzw. des Abstrahierens. In bezug auf die beschleunigte Bewegung bedeutet es, daß diese als ein Phänomen der Veränderung der Veränderung der Veränderung usf. erscheint. Hierfür benötigen wir die unendlich oft differenzierbare stetige Funktion. Und das heißt, wir benötigen die Funktion wegen der damit gegebenen Möglichkeit der iterierten Selbstanwendung, die Funktion der Funktion der Funktion usw. An beidem – dem Problem der beschleunigten Bewegung und dem Begriff der Funktion – hat die ganze Mathematik des 18. und 19. Jahrhunderts gearbeitet. Sie hat dabei seit dem 19. Jahrhundert das nur potentiell Unendliche, welches in dem infiniten Regreß steckt, in ein aktual Unendliches und in eine Grenzwerttheorie umgeformt, auf welcher dann auch die modernen Begriffe der Funktion, der Menge usw. beruhen.

Zenons Argumentation ist sicherlich kohärent, wenn wir die folgenden beiden Annahmen akzeptieren: Erstens, daß wir als endliche Wesen das Unendliche nicht denken oder begrifflich erfassen können, und zweitens, daß die Wirklichkeit aus isolierten Elementen besteht und alles Kontinuierliche bloße Erscheinung ist. Die moderne Mathematik akzeptiert in der Regel die zweite Annahme und negiert die erste. Peirce dagegen, so könnte man sagen, verfährt umgekehrt. Von daher rührt die Bedeutsamkeit der Wahrnehmung in seiner Philosophie. Wir können Allgemeines und nicht nur Einzelnes wahrnehmen, behauptet Peirce, und daß Achill die Schildkröte tatsächlich überholt, beweist diese Behauptung.

Die Wahrnehmung verlangt einen Begriff des Kontinuums, welcher dasselbe nicht als Menge, nicht zusammengesetzt aus einzelnen distinkten Elementen versteht. Sonst ergäbe sich wirklich das Paradox des Wettlaufs von Achill und der Schildkröte, so wie Zenon es dargestellt hat. Es erscheint nicht möglich, daß ich, um zu einem Wahrnehmungsurteil zu gelangen, „eine unendliche Reihe von kritischen Handlungen ausführen konnte, von denen jede eine einzelne Anstrengung erfordern mußte“ (Peirce VP 105). So wie die Tatsache der Bewegung zeigt, daß es sich dabei um eine reale Entität *sui generis* handelt und Zenon also nicht recht hat mit seinem Reduktionismus, so erweist sich auch das der Wahrnehmung zugrunde liegende Allgemeine als etwas Reales. Daß wir Allgemeines wahrnehmen, impliziert, daß die Wahrnehmungsurteile eine bestimmte Unmittelbarkeit besitzen (Peirce CP 5.157), d.h. sie sind die „Prämissen unseres ganzen Schließens“ und können „nicht in Frage gestellt werden“ (Peirce VP 76). Drittheit oder Allgemeinheit „kommt von allen Seiten über jeden Weg der Sinne zu uns“ (Peirce VP 105).

Peirce betrachtet es als eine seiner wichtigeren Einsichten, verstanden zu haben, daß Begriffsextensionen und (endliche oder unendliche) Mengen ideale Gegenstände, Universalien

oder hypostatische Abstraktionen sind, die wir nicht durch den sukzessiven Aufbau aus konkreten Einzeldingen erreichen können, genauso wenig, wie wir das Unendliche durch fortschreitendes Zählen erreichen oder das Kontinuum aus Punkten zusammensetzen können (vgl. Peirce NEM IV, 49; sowie Peirce CP 4.677). Stets liegt ein logischer Typensprung dazwischen.

Vor allem in den Diskussionen um die Probleme der Mengentheorie ist diese Einsicht prominent geworden. Bereits Cantor hatte die Vorstellung, daß der Begriff der Menge aller Mengen kein sinnvoller Begriff ist und daß daher die Grenze der Mengenhierarchie nicht selbst wiederum eine Menge sein kann. Auf diese Weise bleibt dann die Mathematik ohne Grundlagen. Etwas, das Cantor für die reine Mathematik akzeptiert, aber nicht für die angewandte Mathematik und Naturwissenschaft. Die Theorie trennt sich also von ihren Anwendungen. Auf der anderen Seite führt der Fregesche Reduktionismus in der Mengentheorie (collection-as-many) bekanntlich zu logischen Widersprüchen. Verallgemeinerung ist in der Mathematik stets an die Einführung idealer Gegenstände (z.B. collection-as-one) oder hypostatischer Abstraktionen gebunden und an die Rekursivität eines derartigen Abstraktions- oder Verallgemeinerungsprozesses. Das Kontinuum wird für Peirce hier aufgrund von Cantors Potenzmengenaxiom bedeutsam. Die unendliche Stufung der hypostatischen Abstraktionen findet in der Übermächtigkeit des Kontinuums, so glaubt Peirce, seinen Halt:

„By the limit of an endless series of successive objects we mean an object which comes after all the objects of that series, but so that every other object which comes after all those objects comes after the limit also. When I say that the series of abnumeral multitudes has no limit, I mean that it has no limit among multitudes of distinct individuals. It will have a limit if there is, properly speaking, any meaning in saying that something that is not a multitude of distinct individuals is more than every multitude of distinct individuals. But, you will ask, can there be any sense in that? I answer, yes, there can, in this way. That which is possible is in so far general and, as general, it ceases to be individual. Hence, remembering that the word ‘potential’ means indeterminate yet capable of determination in any special case, there may be a potential aggregate of all the possibilities that are consistent with certain general conditions; and this may be such that given any collection of distinct individuals whatsoever, out of that potential aggregate there may be actualized a more multitudinous collection than the given collection. Thus the potential aggregate is, with the strictest exactitude, greater in multitude than any possible multitude of individuals. But being a potential aggregate only, it does not contain any individuals at all. It only contains general conditions which permit the determination of individuals“ (Peirce CP 6.185).

Ideale Gegenstände, oder die Zeichen, die durch sie konstituiert werden, sind also Gesetze, die „die Bestimmung des Einzelnen erlauben“ (vgl. auch Peirce CP 2.292).

Lassen sich die dem Reduktionismus höchst problematischen abstrakten Gegenstände eliminieren? Die Antwort muß Nein lauten. Der Reduktionismus empiristischer oder logizistischer Art ist nicht durchführbar. Dies zeigt sich auch in den modernen Auffassungen der Axiomatik: Kontinuierliche Gesamtheiten in der Geometrie haben die Mathematik schon früh zur Einführung der axiomatischen Methode geführt. Die Axiomatik dient in der Mathematik und auch in allen übrigen Bereichen unserer Erkenntnis dazu, im einzelnen nicht spezifizierbare Objekte in einer mehr oder minder schematischen Weise durch Angabe der Gesetze, denen sie genügen, zu erfassen und zu beschreiben. Dabei hat Skolem gezeigt, daß auch eine relativ einfache Struktur wie die Arithmetik der natürlichen Zahlen nicht durch Axiome beschrieben werden kann, selbst wenn wir unendlich viele Axiome zulassen, sofern darin nur Zahlenvariablen auftreten. Kategorische Axiomensysteme verlangen Entitäten hö-

heren Typus. Es scheint darüber hinaus so zu sein, daß die moderne Axiomatik im Sinne Hilberts ohne das raum-zeitliche Kontinuum nicht möglich gewesen wäre, weil raum-zeitliche Indizes notwendig sind, um die Existenz der Gegenstände, der Relata, zu sichern, von welchen die relationale axiomatische Beschreibung handelt. Außerdem sind „räumliche“ Diagramme vonnöten, um eine Logik der relationalen Bezüge zu entwickeln und anzuwenden. Der Formalismus, der ohne Existenzaufweise auskommen möchte, ist nicht nur von Frege und Peirce abgelehnt worden, sondern er findet auch in Gödels Sätzen seine Grenze.

Das Problem der Begründung der Mathematik kann auch nicht auf dem Wege ihrer ontologischen oder epistemologischen Reduktion gelöst werden. Bekanntlich ist es nicht einmal möglich, den Zahlbegriff eindeutig auf den Mengenbegriff zurückzuführen. Die Versionen, die Zermelo einerseits und von Neumann andererseits vorgeschlagen haben, unterscheiden sich wesentlich insofern, als die Frage, ob die Zahl *Drei* in der Zahl *Fünf* oder *Sechs* als Element enthalten ist, in dem einen Fall bejaht und in dem anderen Fall verneint werden muß. Die Bedeutung mathematischer Begriffsbildungen ist nicht von ihrem operativen Sinn, von ihrer Funktion als Aktionsschemata zu trennen, und die Operationen der Mathematik gehen über das syllogistische Schließen aufgrund von Definitionen hinaus.

Wenn wir davon auszugehen haben, daß die Mathematik nicht ohne Betrachtung sowohl ihrer Gegenständlichkeit als auch ihrer Operationalität verstanden werden kann, ergibt sich die Frage der Wechselwirkung von Anschauung und Logizität. Das Kontinuumsproblem entsteht dann dadurch, daß man im allgemeinen Kontinuität und Anschauung (insbesondere Anschauung von Raum und Zeit) als untrennbar zusammenhängend ansieht und glaubt, daß, wenn wir überhaupt über ein Bewußtsein verfügen, darin in jedem Fall die Anschauung von Raum und Zeit enthalten sein muß. In diesem Sinne ist seit Kant die Kontinuität der Erfahrung und des Bewußtseins als Merkmal und Bedingung der Objektivität des Wissens hervorgehoben worden, nicht zuletzt aufgrund der Einsicht, daß Variation und Erkenntnis zusammengehören. Dem anschaulichen Kontinuum steht jedoch das mathematische Kontinuum im Sinne der Kontinuums-Hypothese von Cantor gegenüber. Anschauliches kann man nicht definieren, und Mathematik beruht auf Definitionen, so hat man in der Mathematik immer wieder behauptet. Dabei scheinen diese beiden Behauptungen zusammen genommen einen Gegensatz von Anschauung und Mathematik zu errichten. In der Cantorsche Mathematik versucht man die Objektivität auf die logische Widerspruchsfreiheit zu gründen. Die Mathematik wird dadurch radikal operationalisiert und ihres gegenständlichen Charakters entkleidet. Auf diese Weise formuliert Hermann Weyl 1917 das Kontinuumsproblem. Ein Problem stellt sich allerdings nur dann ein, wenn man, wie Peirce, einerseits die Mathematik nicht als bloß begrifflich begründet ansieht und die Anschauung als unverzichtbar für die mathematische Erkenntnis betrachtet, andererseits aber nicht glaubt, daß die Anschauung oder die Intuition das Wissen und den Gegenstand desselben in unvermittelter Einheit präsentiert. Unsere Anschauungen sind gänzlich relativ und sind zugleich keine bloßen Fiktio-

nen, denn die Objektivität von Erkenntnis beruht auf der Organisation verschiedener Perspektiven, wie am Beispiel des Zusammenhanges von Bewegung des Wahrnehmenden und Euklidizität des Wahrnehmungsraumes deutlich werden kann.

Der infinite Regreß der Begründungen gewinnt seine Berechtigung daraus, daß Allgemeines und Besonderes untrennbar sind, oder anders gesagt, daß es weder ein absolut Allgemeines noch ein absolut Besonderes gibt. Ganz allgemein kann man sagen, daß alle Arten von Begründungsfundamentalismus den genannten unendlichen Regreß abzuschneiden versuchen. Interessant sind in dieser Hinsicht einerseits die Bemühungen des Empirismus, alle Erkenntnis auf eine Konkretheit der Dinge zu gründen, auf das Postulieren sogenannter „nackter Fakten“, und andererseits die Bemühungen Husserls in seiner cartesischen Phänomenologie, alles im Subjekt zu verankern. Es erscheint hier jenes Schwanken im wissenschaftlichen und philosophischen Bewußtsein selbst, wenn es entweder die Wissenschaft bzw. die Philosophie als eine ideale Realität auffaßt, die im Dienste des Bewußtseins instrumentalisiert wird, oder aber umgekehrt Wissen und Wirklichkeit identifiziert.

2.4 Relationalität und Kontinuum

In dem erstmalig 1878 publizierten Vortrag *Kulturgeschichte und Naturwissenschaft* griff der Präsident der Preußischen Akademie der Wissenschaften und bedeutende Physiologe Emil DuBois-Reymond in die Diskussion um die Bildungskonzeptionen des Preußischen Gymnasiums mit der Forderung ein, daß statt zuviel Griechisch und Latein in Zukunft mehr analytische Geometrie gelehrt werden solle. Es gehe darum, daß der Raum und das damit verbundene ikonische Element in der Mathematik einen neuen Typus des Denkens, nämlich das relationale Denken, zu begründen und zu fördern imstande sei, und daß dieser neue Typus des Denkens essentiell für die wissenschaftliche Erkenntnis sei:

„Die Darstellung von Funktionen in Kurven oder Flächen eröffnet eine neue Welt von Vorstellungen und lehrt den Gebrauch einer der fruchtbringendsten Methoden, durch welche der menschliche Geist seine eigene Leistungsfähigkeit erhöhte. Was die Erfindung dieser Methode durch Vieta und Descartes der Menschheit ward, das wird Einführung in sie auch heute jedem für diese Dinge nur einigermaßen Begabten: ein für das Leben Epoche machender Lichtblick. Diese Methode wurzelt in den letzten Tiefen menschlicher Erkenntnis und hat dadurch an sich auch ganz andere Bedeutung, als der sinnreichste, einem besonderem Fall dienende analytische Kunstgriff“ (Dubois-Reymond 1974 [1878]).

Diese Worte hätten auch von Peirce stammen können. Für Peirce ist alles Schließen mathematischer Art, und alles mathematische Schließen beruht auf der Konstruktion und Beobachtung von (algebraischen oder geometrischen) Diagrammen. Für Peirce ist es anders als für Leibniz oder Frege notwendig, daß ein logisches Argument oder ein Beweis einen nicht nur zwingt, eine Konklusion zu akzeptieren, sondern daß Evidenz und Einsicht vermittelt wird: „one thinks one sees that the fact is so and must be so, not merely that we cannot help thinking so“ (Peirce CP 2.171). „What sort of a sign can communicate this evidence?“, fragt Peirce (Peirce NEM IV, 317), und er antwortet, daß dies nur mit Hilfe von ikonischen Zeichen geschehen kann. Alles Schließen, so behauptet Peirce, „consists in observation, namely in

the observation of icons“ (Peirce CP 7.557). Ikonische Zeichen können uns allerdings keine faktischen Wahrheiten vermitteln, weil sie keinerlei Existenzbehauptungen implizieren. Ikonische Zeichen führen nur zu konditionalen „Wenn-dann“-Schlüssen. Um von *A* auf *B* zu schließen, benötige ich *zwei* Voraussetzungen, nämlich einmal, daß *A* gilt, und zum anderen, daß *A* *B* impliziert.

Wir benötigen also in jedem faktischen Urteil einen zweiten Typus von Zeichen, nämlich Indizes. Ein Index ist eine reine Existenzbehauptung, ohne daß irgend etwas über den Gegenstand, dessen Existenz behauptet wird, ausgesagt oder angenommen wird. Innerhalb eines Diagramms realisiert sich dies beispielsweise als Hinweis auf einen bestimmten räumlichen Ort. In explorativer Hinsicht erfordert der aktive Charakter der mathematischen Erkenntnis und insbesondere das antizipatorische Moment, das in ihren symbolischen Mitteln, in einem Kalkül von Zeichen beispielsweise, enthalten ist, eine möglichst direkte und, wenn man so will, willkürliche Bezeichnungsweise. Auch das noch Unbekannte wird dargestellt und somit in die mathematische Tätigkeit einbezogen.

Indizes sind für das Schließen unerlässlich. Alles Schließen oder Urteilen besteht nämlich für Peirce weiterhin in der Einsicht, „daß es angesichts eines bestimmten erkannten intellektuellen Zwangs am besten sein wird, eine bestimmte Aussage zu akzeptieren ... Jeder Zwang ist etwas, das sich *hic et nunc* ... vollzieht“ (Peirce SEM I, 239). „Weil Zwang etwas ist, das wesentlich *hic et nunc* besteht, kann der Anlaß des Zwangs für den Hörer nur dadurch dargestellt werden, daß man ihn eine Erfahrung desselben Anlasses zu machen nötigt“ (a.a.O., 244). Folglich ist ein Zeichen erforderlich, welches diese Funktion erfüllt. „Ein solches Zeichen nenne ich einen Index“ (a.a.O.). Dabei sind Hinweise wie „Hier“, „Dort“, „Jetzt“ usw. Indizes, deren Zwang davon auszugehen scheint, daß sich die Kommunikationspartner in „derselben Lage“ befinden.

Zusammengefaßt kann man also sagen, daß jedes Urteil sowohl Indizes wie auch ikonische Elemente enthält (Peirce CP 2.435; 7.635), die durch das Kontinuum in Verbindung zueinander gebracht werden. Das räumliche Kontinuum wird zu einem Mittel relationalen Denkens.

Aus der Anschauung der zweidimensionalen Graphen schließt Peirce nun, daß jede *n*-stellige Relation unmittelbar auf eine dreistellige Relation zurückgeführt werden kann. In his *A Guess at the Riddle* (1890), wie auch an vielen anderen Stellen in seinen Schriften (beispielsweise CP 1.474; 1.520; 2.86; 3.424; 4.572; 5.469; 5.473; 6.323; 8.327-341; W 5, 242-247), beschreibt Peirce die fundamentale Bedeutung triadischer Relationen: „that all plural facts can be reduced to triple facts ... any number of termini can be connected by roads which nowhere have a knot of more than three ways“ (Peirce W 5, 244). Oder:

„A tetradic, pentadic, etc. relationship is of no higher nature than a triadic relationship; in the sense that it consists of triadic relationships and is constituted of them. But a triadic relationship is of an essentially higher nature than a dyadic relationship, in the sense that while it involves three dyadic relationships, it is not constituted by them. If A gives B to C, he, A, acts upon B, and acts upon C; and B acts upon C. Perhaps, for example, he lays down B, whereupon C takes B up, and is benefited by A. But these three acts might take place

without that essentially intellectual operation of transferring the legal right of possession, which axiomatically cannot be brought about by any pure dyadic relationships whatsoever“ (Peirce CP 6.323).

Indem Peirce den essentiellen und philosophisch unverzichtbaren Charakter der triadischen Relationen voraussetzt, kann er, durch geeignete Einführung hypostatischer Abstraktionen, alle höheren Relationen auf Kombinationen von Triaden zurückführen (Peirce CP 1.363; 7.537). Nun läßt sich eine triadische Relation offensichtlich in eine dyadische verwandeln, wenn man zuläßt, daß wenigstens eines der Relata wiederum eine zweistellige Relation ist. Triadizität läßt sich nicht „beweisen“. Tatsächlich hat Skidmore behauptet (vgl. Skidmore 1971), daß es nur *zwei* Typen von unzerlegbaren Prädikaten gibt, monadische und dyadische. In der Mengentheorie stellt man alle Relationen als Mengen geordneter Paare dar, und es zeigt die mengentheoretisch begründete Mathematik, daß alle Funktionen mit Hilfe des Axioms der Extensionalität auf zweistellige Relationen zwischen Mengen zurückführbar sind. Da Mengen auch hypostatische Abstraktionen im Sinne von Peirce sind, ergibt die mengentheoretisch begründete Reduktion auch nichts Neues, was einigen Autoren entgangen zu sein scheint (vgl. z.B. Christopherson 1981, 246).

Wieso behauptet Peirce nun, daß dreistellige Relationen nicht immer auf zweistellige Relationen zurückgeführt werden können? Weil er die Mathematik nicht vom Subjekt trennen will, weil er Mathematik als einen realen menschlichen Erkenntnisprozeß und als ein Erkenntnismittel für menschliche Subjekte betrachtet und von daher eine genetische Perspektive für unverzichtbar ansieht. Peirce weist Reduktionen von Triaden auf Dyaden mit dem Argument zurück, sie zeigten die *Genesis* der eingeführten Abstraktionen nicht (Peirce CP 3.424). Wenn wir oben bei der Beschreibung des Urteils von zwei- und dreistelligen Relationen anstatt von monadischen und dyadischen gesprochen haben, dann war dabei stets das Subjekt als ein *relatum* mit involviert. Das heißt, es werden die Zeichen nicht bloß syntaktisch oder semantisch, sondern unter Einbeziehung der pragmatischen Dimension betrachtet. Für Peirce ist Denken eine Tätigkeit, und diese Tätigkeit bedarf zu ihrer Entwicklung der Evidenz oder Anschauung. Diese Anschauung richtet sich auf die Relation zwischen Prämisse und Konklusion des Schlusses und unterstellt die Realität dieser Relation (die wir uns als hypostatische Abstraktion vergegenwärtigen). Peirce behauptet allerdings, daß auch umgekehrt gilt: „Metaphysics consists in the results of the absolute acceptance of logical principles not merely as regulatively valid, but as truths of being“ (Peirce CP 1.487).

Auch in der Mathematik läßt sich beispielsweise die Frage „Was ist eine Relation?“ oder „Was ist eine Funktion?“ in einer formal axiomatischen Weise beantworten, und das führt in der mengentheoretisch begründeten Mathematik dazu, eine Funktion als Teilmenge eines cartesischen Produktes von zwei Mengen zu definieren. Aber wenn der Mathematiker mit Funktionen arbeiten will, dann bedarf er anderer, der Anschauung und der Tätigkeit direkt zugänglicher Vorstellungen des Funktionsbegriffs, und er ist insbesondere darauf angewiesen, die Funktion als ein Objekt zu betrachten, dem Eigenschaften zu- oder abgesprochen werden können. D.h. eine Funktion ist eine hypostasierte Abstraktion oder ein idealer

Gegenstand, mit dem der Mathematiker operiert wie der Naturwissenschaftler mit seinen (theoretischen oder empirischen) Gegenständen. Die Anschauung ist also für die Erkenntnisdynamik unverzichtbar. Und in dieser Hinsicht, d.h. in der Betonung des konstruktiven oder aktiven Charakters der Erkenntnis und in der Notwendigkeit der Anschauung, stimmt Peirce mit Kant überein. Anders als Kant jedoch hält er die Erkenntnisse der Mathematik nicht für faktische Einsichten. Die Mathematik untersucht lediglich „die Substanz von Hypothesen“.

3. *Fortsetzungsantrag: Die Symmetrie von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Verallgemeinerung – Untersuchungen zur Begründung wissenschaftlicher Rationalität im Anschluß an die mathematische Philosophie von Charles S. Peirce*

3.1 Der Zusammenhang von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Verallgemeinerung – die Symmetriethese

Die Untersuchung wissenschaftlicher Theorienbildung bedarf der Einbeziehung der pragmatischen Dimension, da nur so die Möglichkeit der Verständigung wissenschaftlicher Experten über die Bedeutung von Begriffen und Sätzen und die Möglichkeit der Anwendung gegebener wissenschaftlicher Verallgemeinerungen zum Zwecke der Gewinnung neuer Verallgemeinerungen erklärbar werden. Diese Einsicht läßt die Tendenz der analytischen Wissenschaftsphilosophie als fragwürdig erscheinen, den Zusammenhang von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Erkenntnis aus dem Untersuchungsfeld zu eliminieren und durch den Bezug auf die Wissenschaftssprachen zu ersetzen. Die pragmatische Dimension der Zeichen wirft „die Problematik des Menschen als des Subjekts der Wissenschaft“ auf (Apel 1973a, 182). Sie wirft aber auch das Problem der Gegenständlichkeit wissenschaftlicher Erkenntnis auf, denn die Möglichkeit von Verständigung setzt nicht nur kommunizierende Subjekte voraus, sondern auch, daß diese in einer gemeinsamen Welt leben, einer Welt gemeinsamer Gegenstände, auf die sich ihr Handeln bezieht.

Unsere These einer Symmetrie von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Verallgemeinerung ist der Kantischen Philosophie verpflichtet. In der *Kritik der reinen Vernunft* liegt ein erster Versuch vor, Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Erkenntnis systematisch aufeinander zu beziehen, und dieser Versuch hat auch für die gegenwärtige Wissenschaftsphilosophie paradigmatischen Charakter. Ihn gilt es zu reformulieren, wie es beispielsweise schon Cassirer versucht hat. Doch wenn man sich Cassirers Theorie der Erkenntnis ansieht, wie er sie insbesondere in seinem Werk *Substanzbegriff und Funktionsbegriff* von 1910 entfaltet, dann würde man sich gerne ein Gegenstück zu diesem Werk wünschen, welches bezüglich des Subjektbegriffs genau das unternimmt, was Cassirer bezogen auf den Gegenstandsbegriff geleistet hat. Studiert man nämlich Cassirers Arbeit genauer, so

fällt einem auf, daß alles Unvollendete, bzw. das, was man als Mängel derselben betrachten könnte, sich beheben und weiterentwickeln ließe, wenn der Subjektseite größere Aufmerksamkeit zukäme. Cassirer entwickelt in einer sehr illustrativen Weise den relationalen Charakter unserer Erkenntnis und er begründet den Gegenstandsbegriff im Zusammenhang einer Relativierung der Unterscheidung von empirischen und theoretischen Gegenständen. Aber seine Begründung verweist den Gegenstand in eine vollständige Abhängigkeit vom Denken. Denn, so meint er:

„Es bleibt ein Zirkel, die Relativität der Erkenntnis aus der durchgängigen Wechselwirkung der Dinge erklären zu wollen, da eben diese Wechselwirkung vielmehr nur einer jener *Relationsgedanken* ist, die die Erkenntnis in das sinnlich Mannigfaltige hineinlegt, um es damit zur Einheit zu gestalten“ (Cassirer 1910, 407).

Seine Behandlung des Verhältnisses von Allgemeinem und Besonderem, seine Konzeption des Verallgemeinerungsprozesses, seine Auffassung des Kontinuitätsprinzips, all dies bleibt ganz der *transzendentalen* Subjektivität Kants verhaftet und einer Suche nach letzten absoluten, logischen Grundfunktionen (ebd. 380), so daß sich in Cassirers Philosophie eine unüberbrückbare Spaltung zwischen psychologischem Individuum und epistemischem Subjekt manifestiert. Die Ausarbeitung einer tatsächlichen Symmetrie von Subjektbezug und Objektivität wäre nur möglich, wenn man Cassirers Werk eine weiter entwickelte Auffassung des Kontinuumsbegriffes und des Kontinuitätsprinzips hinzufügen würde.

Peirces Konzeption des Kontinuums, welche dessen Objektivität und Realität betont, und seine Dynamisierung des Verhältnisses von Allgemeinem und Besonderem, welche beides unbedingt relativ aufeinander bezogen läßt und beider Wandel im Verallgemeinerungsprozeß behauptet, bietet die entsprechenden Voraussetzungen. Diese gilt es zu explizieren und für eine Reformulierung der von Kant angestoßenen Bemühung fruchtbar zu machen, Subjektbezug und Objektivität systematisch aufeinander zu beziehen. Ein exemplarischer Ansatz dazu liegt in dem von Peirce inaugurierten amerikanischen Pragmatismus vor, der weiter auszuarbeiten ist. Subjektbezug und Objektivität, soziale Verallgemeinerung und inhaltliche Verallgemeinerung hängen danach wechselseitig voneinander ab, verhalten sich symmetrisch zueinander.

Es läßt sich zeigen, daß zur Begründung dieser erkenntnistheoretischen Symmetriethese Probleme der Philosophie der Mathematik und der mathematischen Kognition von zentraler Bedeutung sind. Gerade die neuesten Debatten um die Problematik des Realismus in der Mathematik zeigen, daß – und darauf hat gerade Peirce stets hingewiesen – jede Bestimmung der Gegenstände der Mathematik nur dann einen Sinn macht, wenn damit auch eine Vorstellung auch ihrer Zugänglichkeit für das empirische Subjekt mit verbunden wird (vgl. Irvine 1990). Zurückgreifend auf unsere Arbeiten zum Verhältnis von Mathematik und Verallgemeinerung können wir sagen, daß die dort entfaltete These der Unteilbarkeit von Verallgemeinerungsprozessen, die besagt, daß die Verbreitung bestimmter Konzepte und Vorstellungen unter verschiedenen Subjekten und die Erfassung neuer Gegenstandsbereiche untrennbar verbunden sind, in Ansätzen die Symmetriethese bereits vorwegnimmt. So ordnet

sich die im Rahmen des Fortsetzungsprojektes zu untersuchende Symmetriethese gerade auch hinsichtlich des paradigmatischen Charakters der Mathematik für Fragen der Erkenntnistheorie in den Zusammenhang der Ergebnisse der bisher am Institut für Didaktik der Mathematik durchgeführten Arbeiten zur Philosophie der Mathematik bei Ernst Cassirer und Charles S. Peirce ein.

Im gegenwärtig laufenden Projekt haben wir uns vornehmlich mit der Frage beschäftigt, welche Rolle bei Peirce das Prinzip der Kontinuität für die Semiose und den Verallgemeinerungsprozeß spielt. Mit der Unterscheidung von „Interpretant“ und „Objekt“ in seinem Begriff des Zeichens weist Peirce auf das hin, was hier mit den Begriffen Subjektbezug und Objektivität benannt wird. In der geplanten Fortsetzung unseres Projektes soll Peirce in den Kontext der Auseinandersetzungen um das Verständnis und den Stellenwert wissenschaftlicher, insbesondere mathematischer Rationalität gestellt werden, die nach deren definitiver Verselbständigung gegenüber dem philosophischen Denken in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts einsetzen und deren Problemlage bis in die gegenwärtigen Debatten zur Philosophie der Mathematik fortwirkt. Der wichtigste Bezugsrahmen ist dabei der Gesamtzusammenhang der Denkbewegung des Pragmatismus, die in der Philosophie von Peirce ihren Ausgangspunkt hat, die aber – insbesondere in der Kooperation von George Herbert Mead und John Dewey – im Hinblick auf die Fragen nach der subjektiven Seite des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses und seines kulturellen Kontextes über Peirce hinaus neuartige und weitreichende Perspektiven entwickelt hat. Es sollen aber auch andere Denkansätze einbezogen werden, die mit dem Pragmatismus hinsichtlich wichtiger Denkmotive übereinstimmen: die neukantianisch geprägte Philosophie der symbolischen Formen von Ernst Cassirer und die Phänomenologie von Edmund Husserl. Auch sie sehen die Notwendigkeit einer Neubegründung wissenschaftlicher Rationalität, streben eine solche Neubegründung auf dem Weg einer Neubestimmung des Verhältnisses von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Erkenntnis an und weisen der Mathematik dabei eine Schlüsselrolle zu. Auch sie rekurren in ihren Begründungsversuchen an zentraler Stelle auf nichtwissenschaftliche Wissensformen. Sie entwerfen und erproben aber – im Rahmen einer anderen philosophischen und wissenschaftlichen Kultur – andere Problemlösungen, die einen kontrastierenden Vergleich zum Zwecke einer wechselseitigen Erhellung und eines tieferen Verständnisses für die Gemeinsamkeiten in der Problemlage nahelegen.

3.2 Wissenschaftsgeschichtliche und erkenntnistheoretische Voraussetzungen der Symmetriethese

Die Möglichkeit, die Symmetrie von Subjektbezug und Objektivität zu denken, baut auf einer Entwicklung auf, die Hans Blumenberg in seiner *Genesis der Kopernikanischen Welt* folgendermaßen beschrieben hat:

„Den astronomischen Gegenstandsbegriff, Sterne seien gesetzmäßig bewegte Lichtpunkte am Himmel, derart in die Sprache der Schöpfungstheologie zu übersetzen, daß man auf die Frage, zu welchem Nutzen und zu

welcher Aufgabe Gott die Himmelskörper bestimmt habe, antwortet, Bewegung und Leuchten seien ihre Tätigkeiten, bedeutet gerade die Freisetzung des astronomischen Gegenstands sowohl von einer unmittelbaren Teleologie als auch von der Unterstellung, dem großen Aufwand müsse für den Menschen noch eine geheime Mitteilung zu entnehmen sein. Die Chance für die Autonomie der Vernunft besteht gerade darin, daß die Natur nicht die Bedeutung eines an den Menschen gerichteten Textes oder eines für ihn bereitliegenden Instruments hat“ (Blumenberg 1975, 49).

Die Dezentrierung der Erkenntnis, ihre Ablösung von einer Gerichtetheit auf die Ganzheit des menschlichen Subjekts, dem eine herausgehobene Stellung im Kosmos zugeschrieben wird, gibt erstmalig auch der gegenständlichen Seite das ihr zustehende Gewicht, indem man sie von theologisch-metaphysischen Einflüssen befreit. Epistemologie und Ontologie werden fürderhin relativ zueinander zu verstehen sein. Damit kommt der Methodologie und dem Problem der Objektivität von Erkenntnis zunehmendes Gewicht zu. Das Prinzip, das die Objektivität der neuzeitlichen Wissenschaft begründet, beruht darauf, die Erkenntnis vom Subjekt und seinen Selbstveränderungen und persönlichen Formungen, insofern es nicht bloß erkennendes Subjekt ist, zu trennen. Das Subjekt war für die neuzeitliche Wissenschaft kein Reflexionsgegenstand, sondern eine äußere Quelle, eine Grenze, eine dynamische Kraft, die nicht selbst im Wissen erscheinen durfte, es sei denn, als allgemeine und formale Bedingung der Möglichkeit von Erkenntnis. Es ist dies ein Ausdruck dessen, was Foucault in einer Vorlesung am Collège de France den „cartesischen Augenblick“ genannt hatte. Er sagt:

„Ich glaube, das moderne Zeitalter der Geschichte der Wahrheit hat in dem Moment begonnen, da einzig die Erkenntnis gestattet zum Wahren zu gelangen, das heißt in dem Moment, da der Philosoph, der Weise oder einfach der, der die Wahrheit sucht, fähig ist, in sich selbst und nur durch seine Erkenntnisakte zu erkennen, ohne daß man von ihm etwas anderes verlangt, ohne daß sein Sein als Subjekt modifiziert oder verändert werden muß. Von diesem Augenblick an, wo man sagen kann, daß das Subjekt, so wie es ist, in jedem Fall wahrheitsfähig ist, ist man in der Geschichte der Beziehungen zwischen Subjektivität und Wahrheit in ein anderes Zeitalter eingetreten“ (vgl. dazu auch Leclerc 1986).

Der Spaltung in empirisches und erkennendes Subjekt entspricht die Spaltung in Anschaulichkeit und Objektivität des Wissens. In der Mathematik zeigt sich der damit bezeichnete Konflikt am deutlichsten, wie insbesondere an der Debatte um das Verhältnis von Intuition und Beweis deutlich wird. Die Grenzen dieser Trennung werden bereits gegen Ende des 18. Jahrhunderts mit der aufkommenden industriellen Revolution deutlich, was plausibel erscheint, wenn die Unteilbarkeitsthese auch nur in Umrissen Gültigkeit besitzen soll. Dies betrifft zunächst nur die Tatsache, daß das Verhältnis der praktischen zu den theoretischen Künsten zu diesem Zeitpunkt auch deshalb neues Gewicht gewinnt, weil sich das Verhältnis von Empirismus und Rationalismus zuspitzt, insofern die überkommenen Methoden der Informationsverarbeitung angesichts sowohl der gesellschaftlichen wie der empirischen Komplexität an ihr Ende gekommen scheinen (vgl. Lepenies 1978).

Diderot stellt, diese Problematik reflektierend, in dem selbstbezüglichen Artikel „Enzyklopädie“ der von ihm und d’Alembert herausgegebenen großen Darstellung aller Wissenschaften und Künste den Unterschied zwischen der Malerei und der Sprache dar, d.h. zwischen der ikonischen und der symbolischen Repräsentation, und begründet die Überlegenheit der Sprache damit, daß sie allein uns die Gliederungen der syllogistischen aristotelischen Logik

vor Augen führt, „Subjekt“, „Prädikat“, „Vernunftschluß“ usf. Die Malerei dagegen hat „keine unmittelbare Beziehung zu den Verrichtungen des Geistes“, aber sie stellt „wenigstens alle jene Momente, die sie abbildet, anschaulich dar“, auch wenn diese Anschauungen nur „Ausdruck eines momentanen Zustandes“ sind; sie repräsentieren eine Perspektivität und Kontextgebundenheit, und jeder Versuch, Bewegung darzustellen, führt zu Unklarheiten. Müssen wir dann nicht feststellen, daß nur die Gesamtheit oder das Kontinuum möglicher Darstellungen Bewegung erfaßt? Aber wie hat man sich diese Gesamtheit zu denken? Und so gegensätzlich Sprache und Malerei in ihren Möglichkeiten auch sein mögen, so muß man sich doch fragen, schreibt Diderot: „herrscht auf beiden Seiten nicht ungefähr der gleiche Mangel?“, der Mangel nämlich, daß wir die Bewegung oder das Kontinuum und das Kontinuierliche nicht wiederzugeben vermögen. Oder anders ausgedrückt, daß unwiderruflich die Theorie von der Wirklichkeit zu unterscheiden ist, daß die Landkarte und die Landschaft nicht dasselbe sind. „Welcher Unterschied“, schreibt Diderot, „bestände denn zwischen der Lektüre eines Werkes, in dem alle Triebkräfte des Weltalls dargelegt werden, und der Erforschung des Weltalls selbst? Fast keiner!“ Die Wissenschaft ist also unbedingt an die Verallgemeinerung und an die Darstellung der allgemeinen Gegenstände gebunden. Welchen ontologischen Status haben aber diese allgemeinen oder idealen Gegenstände, etwa das „allgemeine Dreieck“ der Geometrie?

Die Verallgemeinerungen und universalen Ideen müssen der Anschauung zugänglich sein. Die Anschauung muß sich auch auf die Formen und allgemeinen Strukturen richten. Jedoch erfaßt die Wahrnehmung oder Anschauung das Allgemeine stets im Besonderen, und aus der daraus resultierenden Frage, wie denn Notwendigkeit und Allgemeingültigkeit mathematischer Beweise in der Geometrie zu erreichen wären, ergab sich in der Geschichte der Mathematik die Hervorhebung des Kontinuitätsprinzips, etwa bei Poncelet (vgl. Otte 1997). Der Raum wird zur Bedingung auch der idealen Gegenstände, zum Mittel, Allgemeinheit in der Anschauung zu erweisen.

Bei Kant wird der Raum gewissermaßen zu einem „Werkzeug“ der Erkenntnis und in ein Merkmal des transzendentalen Subjekts verwandelt, um die Allgemeinheit in der Anschauung plausibel und verständlich zu machen. Kant hatte ganz deutlich gesehen, daß die Mathematik und insbesondere die Geometrie nicht auf Definitionen beruht, d.h. nicht einfach analytisch ist. Um die Mathematik zu einer analytischen Begriffswissenschaft zu machen, bedürfte es einer unendlichen Begriffsanalyse im Sinne von Leibniz' „Gottesaugen-Perspektive“. Kants Ziel war dagegen, eine Erkenntnistheorie des endlichen menschlichen Subjekts zu formulieren. Auf der anderen Seite betrachtete Kant ganz selbstverständlich die mathematischen Erkenntnisse als *a priori* und universell gültig und konnte sie demzufolge nicht auf die empirische Anschauung gründen. Kant sah ganz deutlich (vgl. die Einl. zur 2. Aufl. der KrV) den unbedingt konstruktiven, aktiven Charakter mathematischer Erkenntnis.

Da die Mathematik nun nicht auf Definitionen beruht, reicht zu ihrer konstruktiven Behandlung die aristotelische Subjekt-Prädikat-Logik keinesfalls aus. Kants Lösung bestand in der

Konzeption einer epistemischen oder „transzendentalen“ Logik. Mit der Entwicklung seiner Konzeption einer transzendentalen Logik behauptet Kant, erstmals einen entscheidenden Schritt über die aristotelische Konzeption der Logik hinausgegangen zu sein. Während diese „nichts als die formalen Regeln alles Denkens“ darlege und beweise, was ihr nur durch die „Eingeschränktheit“ gelungen sei, „von allen Objekten der Erkenntnis und ihrem Unterschiede zu abstrahieren“ (vgl. Kant KrV B IX), wird die transzendente Logik als eine Wissenschaft entfaltet, „dadurch wir Gegenstände völlig a priori denken“ (ebd. B 81). Die transzendente Logik ist eine „Gegenstandslogik“, und insofern Kant sie im reinen Selbstbewußtsein des „transzendentalen Subjektes“ begründet, ist sie eine „epistemologische Logik“: Ihre Funktion ist die Bestimmung von Möglichkeiten der Subjekt-Gegenstands-Beziehung.

Es ist nun interessant zu sehen, daß Kant den Gegenstandsbezug der transzendentalen Logik nur im Rückgriff auf den *Raum* als der apriorischen Bedingung „von Gegenständen überhaupt“ denken kann; der Raum wird dabei nicht als Eigenschaft der Dinge verstanden – Kant weist sowohl den „objektiv-idealen“ Raumbegriff von Leibniz wie auch den „objektiv-empirischen“ von Clarke zurück (vgl. Breil 1993: 118 ff.) –, sondern als ein *Mittel der Erkenntnis*. Kant spricht vom „Gebrauch des Raumes“ für die Möglichkeit von „Gegenständen überhaupt“ (vgl. Kant KrV B 81). Der Raum ist apriorische Bedingung der Möglichkeit, daß uns Gegenstände, auch ideale Gegenstände, „gegeben“ sind (vgl. ebd. B 40 ff.).

Die Bedeutung des Raumes als „Bedingung aller Erscheinung“ findet sich schon in Platons Begriff der *Chora* (*χώρα*), wie er ihn im *Timaios* entwickelt (vgl. Hoffmann 1996a, 139, 227). Der Raum wird hier neben der auch sonst bei Platon wohlbekannten Unterscheidung des „immer Seienden“ und des „immer werdenden“ (Tim. 27d6 f.) als „dritte Gattung“ eigens gezählt (52a8, d3 u.ö.); er ist das „Aufnehmende“ (49a6, 51a6, 50b6), das „allem Entstehenden einen Ort Gewährende“ (52b1), dasjenige „worin“ sich die geometrisch konstruierten, idealen „Elementardreiecke“ gleichsam zum sinnlich Wahrnehmbaren „materialisieren“. Wie sich dieser Raumbegriff in bezug auf das Ideale und das Konkrete genau verhält und wie der Raum als weder sinnlich noch *per* „Ideenschau“ wahrnehmbar erfaßt werden könnte, stellte schon für Platon ein entscheidendes Problem dar (vgl. Gajdenko 1986, 112).

Genau dieses Problem des Raumes griff dann Leibniz auf. So schreibt Cassirer:

„Die Entwicklung der modernen Mathematik hat sich immer genauer und bewußter dem Ideal genähert, das Leibniz für sie aufgestellt hat. Innerhalb der reinen Geometrie zeigt sich dies am deutlichsten an dem allgemeinen Begriff des Raumes, der sich hier allmählich herausbildet. Die Zurückführung der metrischen Verhältnisse auf projektive verwirklicht den Leibnizschen Gedanken, daß der Raum, noch ehe er als Quantum bestimmt wird, in seiner ursprünglichen qualitativen Eigenart als 'Ordnung im Beisammen' begriffen werden muß“ (Cassirer 1910, 120).

Cassirer interpretiert diese Entwicklung allerdings im folgenden zu stark im Sinne der Konstruktivität der Erkenntnis.

Peirce sagt einmal, daß Kant statt zu fragen, wie synthetische Urteile *a priori* möglich sind, die allgemeinere Frage hätte stellen sollen, wie synthetische Urteile überhaupt möglich sind (CP 2.690 ff., PRAG 224). Oder anders ausgedrückt: Wie kommt Verallgemeinerung zustande?

In seinem Text antwortet er darauf zum einen, daß Verallgemeinerung einen Typensprung impliziert, „weil alles, was universell wahr ist, in den Bedingungen der Erfahrung eingeschlossen ist“ (Peirce PRAG 225). Zum anderen wird klargestellt, daß das Kontinuitätsprinzip nicht auf die Phänomene oder Fakten, sondern auf die Bedingungen der Erfahrungen anzuwenden ist: „Erfahrungen, deren Bedingungen dieselben sind, werden dieselben allgemeinen Merkmale haben“. Es geht also nicht, wie in der „Uniformität der Natur“ der induktiven Logik Mills, um die Merkmale der Fakten, sondern um die Bedingungen ihres Zustandekommens, d.h. um die Merkmale der Gesetze. Und wenn wir dies jetzt über Kant hinausführend dynamisieren, begründet sich auch die Allgemeinheit der Gesetze nicht in ihrem Sein und Wirken, sondern wiederum in den Bedingungen ihres Zustandekommens.

Wir wissen, und Poncelet hat das als erster ganz deutlich ausgedrückt, daß das Kontinuitätsprinzip an die Variation gebunden ist und an die Beobachtung zugehöriger Prozeßinvarianten. Mill interpretiert dies nun so, daß er sagt, in gleichen oder ähnlichen Fällen kann ich gleiche oder ähnliche Schlüsse ziehen. Er interpretiert das also als eine Variation der Dinge, der Fakten, der Phänomene. Peirce würde das aber als eine Variation der Darstellungen auffassen, denn die Darstellungen sind die Bedingungen oder Grundlagen der Erkenntnisse. Diese liegen ja nicht in den Dingen selbst. Statt *Darstellung* kann ich auch *Gesetz* sagen. Verallgemeinerung besteht also immer darin, etwas Allgemeines als etwas Besonderes zu nehmen und von dort aus zu verallgemeinern oder, wie die Mathematiker sagen, konstante Größen durch variable Größen oder Funktionen zu ersetzen. Ein schönes Beispiel gibt Einstein in seinen Berichten zur Entdeckung der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Beginnen wir dazu noch einmal mit dem Kontinuitätsprinzip, so wie es in der Geschichte der Geometrie des 19. Jahrhunderts sich entwickelt hat. In Felix Kleins *Erlanger Programm* von 1872 wird eine Geometrie durch ihre Gegenstände definiert und ein geometrischer Gegenstand als Invariante einer Transformationsgruppe bestimmt. In der strukturalistischen Wissenschaftstheorie wird dies als ein Beispiel der Theorieabhängigkeit der Ontologie gedeutet. Aber es gilt hier eine zentrale Voraussetzung zu beachten: Es werden nur lineare Transformationen zugelassen. Dies bedeutet, grob gesprochen, es wird ein globalgleichartiger Raum, ein Raum, der homogen ist, vorausgesetzt. Die Bedeutsamkeit eines solchen Raumkonzeptes ergibt sich aus der Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften. Beispielsweise schreibt Einstein in der Würdigung von Newtons Leistung: „Er erkennt, daß der Raum eine Art physikalischer Realität besitzen muß, wenn seine Bewegungsgesetze einen Sinn haben sollen, eine Realität von derselben Art wie die materiellen Punkte und deren Abstände“ (vgl. Einstein 1972, 155). Descartes hatte das Raumkonzept in die Wissenschaften eingeführt und Newton hatte, wie Einstein betont, erkannt, daß der Begriff des „absoluten Raumes“ und der „absoluten Zeit“ für eine Theorie der beschleunigten Bewegungen notwendig ist.

Wenn wir nun andererseits die Geometrie und den Raumbegriff über die Auffassungen von Felix Klein hinaus verallgemeinern wollen, müssen wir die im *Erlanger Programm* gegebene

nen „Bedingungen“ der Existenz der geometrischen Gegenstände, nämlich die linearen Transformationen, verallgemeinern. Jede lineare Transformation läßt sich bezüglich eines Koordinatensystems durch eine Matrix darstellen. Die Koeffizienten dieser Matrix sind Zahlen. Das heißt, die Transformation wirkt sich an jedem Punkt des Raumes gleichermaßen aus. Setzen wir nun anstelle einer konstanten Matrix eine variable Matrix, indem die Koeffizienten zu Funktionen des Ortes werden, dann erhalten wir eine Verallgemeinerung, die zu Einsteins „Allgemeiner Relativitätstheorie“ führt. Die Invarianten dieser neuen Transformation sind dann die physikalischen Gegenstände im relativistischen Sinn. Wir sehen hier, daß wir ein verallgemeinertes Gegenstandskonzept nur dadurch erhalten, daß wir die Bedingungen der Gegenstandsbestimmung verallgemeinern.

Es ist daran zu erinnern, daß das *Kontinuitätsprinzip* die wichtigste methodische Orientierung der neueren Geometrie und Mathematik darstellt und daß gerade die Verwandlung des Raumes und der räumlichen Anschauung aus einer absoluten objektiven Gegebenheit in ein Erkenntnismittel für die Entwicklung der neuzeitlichen Mathematik fundamental war. Denn die Raumpunkte, welche die Relata eines Relationsgefüges markieren, können selbstverständlich sowohl als *Gegenstände* der Betrachtung wie als *subjektive Perspektiven*, als subjektive Standpunkte interpretiert werden. „Das raumzeitliche Kontinuum ist also primär ein geometrischer Ort für relationale Möglichkeiten“, wie Whitehead sich ausdrückt (Whitehead 1988, 189).

Der Raum ist insofern Erkenntnismittel, als er erstens das fundamentale Ordnungsprinzip für das Verhältnis subjektiver Standpunkte zueinander und zu Gegenständen ist, und zweitens insofern, als er die Kontinuität der symmetrischen Entwicklung von Subjektivem und Gegenständlichem im Erkenntnisprozess ermöglicht. So wie wir im derzeit noch laufenden Projekt die grundlegende Rolle des Kontinuitätsprinzips für Verallgemeinerungsprozesse herausarbeiten konnten (vgl. Otte 1997), so scheint sich nun bei der geplanten Konzentration auf die Symmetrie von Subjektivem und Gegenständlichem der *Raum* als grundlegend zu erweisen. Es ist evident, daß Räumlichkeit und Kontinuität in engstem Zusammenhang stehen.

Gegenstände sind nur im konkreten zeichenvermittelten Handeln zugänglich, aber dieses zeichenvermittelte Handeln ist selbst gegenständlich bestimmt. Wir sehen die Möglichkeit der Wissensentwicklung und der Genese neuer Theorien in dieser wechselseitigen Beziehung zwischen Handlung und Gegenstand verankert. Evolution ergibt sich nicht aus der Dominanz der Gemeinsamkeiten einer Gattung und der vollständigen Subsumierbarkeit von Individuen unter eine Gattung, sondern gerade aus den Unterschieden der Exemplare einer Gattung und der Möglichkeit, daß sich zufällige Mutationen verallgemeinern. Und das scheint nicht nur für die biologische Evolution zu gelten. So unterscheidet sich die Wissenschaft vom Alltagswissen gerade dadurch, daß sie individuelles, ja sogar abweichendes Verhalten ermutigt und ermöglicht, wohingegen im Alltag Außenseiter und extreme Ansichten ohne viel Wert und Chancen sind. Die Reife einer Wissenschaft ermißt sich auch daran, wieviel scheinbar verrückte Ideen und bizarre Einfälle sie zulassen kann. Dazu muß sie in

ihrem Denken Relationen zwischen Standpunkten sich zugänglich machen, d.h. sie muß gewissermaßen gelebten Raum und erfahrene Zeit in kognitive Mittel verwandeln (etwas, was sicherlich nicht ohne die materiellen Mittel und Zeichensysteme, wie Sprache, Geometrie, Buchdruck, Maschinen aller Art usw. vonstatten gehen könnte). Damit Raum und Zeit derartige Mittel werden können, müssen sie strukturiert werden. Dafür diene der antiken Geometrie die Metrik, d.h. also der konkrete Gegenstand. Es reichen dafür aber auch abstrakte Gegenstände oder subjektive Standpunkte aus. Sie reichen aus, wenn man anders als Kant auch die *Kontinuität* von Raum und Zeit, und nicht nur deren reine Formen, als schon vor der bewußten Anschauung wirkend auffaßt.

Darstellungen, die zusammen eine Bedeutung, d.h. ein Allgemeines konstituieren, stehen zueinander wie die Arten ein und derselben Gattung, nicht wie die Elemente einer Menge. Gerade dies haben die Mathematiker, etwa Poncelet oder Grassmann, für die das „Prinzip der Kontinuität“ essentiell gewesen ist, immer wieder betont. Und wie in der Evolutionstheorie einerseits die Gattung sich entwickelt und andererseits diese Entwicklung nicht ohne die Vielfalt und Veränderung der Arten sich vollzieht, so auch in der Geschichte der Erkenntnis und der Wissenschaft. Dies wird durch einen Text von Richard Feynman sehr klar erläutert. Feynman vergleicht drei verschiedene Darstellungsformen der klassischen Mechanik und stellt fest, daß sie exakt gleichwertig sind:

„Mathematisch haben alle drei Formen, das Newtonsche Gesetz, die lokale Feldtheorie und das Hamiltonsche Prinzip genau die gleichen Folgen. Was sollen wir nun machen? Alle Bücher behaupten, daß wir wissenschaftlich keiner den Vorzug geben können. Und das stimmt. Sie sind wissenschaftlich gleichwertig. Es ist unmöglich eine Wahl zu treffen, da es keinen experimentellen Weg gibt, zwischen Möglichkeiten zu unterscheiden, die alle dieselben Folgen haben. Psychologisch unterscheiden sie sich allerdings in zweifacher Hinsicht. 1. Indem Sie sie philosophisch bejahen oder ablehnen, und gegen diese Krankheit gibt es nur ein Heilmittel, Ausbildung. 2. Psychologisch, weil sie sich als völlig unterschiedlich erweisen, sobald Sie versuchen, von ihnen auf neue Gesetze zu schließen. Solange aber die Physik nicht abgeschlossen ist und wir versuchen, weitere Gesetze zu begreifen, solange können uns die verschiedenen möglichen Formulierungen einen Hinweis auf das geben, was unter anderen Umständen geschehen könnte, uns also Vermutungen nahelegen, wie die Gesetze in einer weniger eingeschränkten Situation aussehen könnten“ (Feynman 1990, 70).

Die verschiedenen Darstellungsweisen der klassischen Mechanik sind zwar gleichwertig, aber die Bedeutung ihrer Eigenständigkeit liegt gerade darin, daß jede ganz andere weitergehende Gesetze und Hypothesen nahelegt; nur das Besondere bietet die Chance von Neuentdeckungen. So schreibt David Bohm:

„It was widely believed in the nineteenth century that Newtonian dynamics and Hamilton-Jacobi wave theory of dynamics were essentially the same. Nevertheless we can now see that the difference between wave dynamics and particle dynamics was potentially of very great relevance in the sense that the former can lead in a natural way to quantum theory, while the latter cannot“ (Bohm 1977 [1974], 383 f.).

Die Wissenschaften einzelner historischer Epochen oder Entwicklungsetappen und die Tendenzen ihrer Weiterentwicklung werden einerseits bestimmt durch den Typ der Probleme, die sie in Angriff nehmen können, und andererseits durch die Art der Mittel, der Materialien und Methoden, mit denen sie sich diesen Problemen zuwenden. An anderer Stelle (vgl. Otte 1994, Kap. X) haben wir dieses Wechselverhältnis als eine Komplementarität gekennzeichnet und haben festgestellt, daß sich darin eine Verselbständigung der Wissensdynamik zeigt, die

sowohl den empiristischen Vorstellungen – die den Fortschritt der Wissenschaften „nackten Fakten“ zuschreiben, die entdeckt werden –, als auch dem Rationalismus widerspricht, der in der Welt nur Bedeutungen sieht. Insofern es Kant war, der erstmalig Empirismus und Rationalismus vermittelt, kann man den Ursprung dieser Komplementarität mit einiger Berechtigung in Kants *Kritik der reinen Vernunft* sehen. Der Pragmatismus hat allerdings immer wieder betont, daß Kants Vorstellungen die Flexibilität und evolutionäre Perspektive fehlt. Kant, schreibt etwa G.H. Mead 1917,

„... formalisiert die Relation zwischen dem, was subjektiv, und dem, was objektiv ist, indem er jenes mit dem sinnlichen Gehalt der Erfahrung, dieses mit der Anwendung der Formen von Sinnlichkeit und Verstand auf diesen Inhalt identifiziert. Die Beziehung war formal und tot. Kant ließ keine funktionale Beziehung zwischen der Natur der Mannigfaltigkeit der sinnlichen Erfahrung und den Formen zu, in welche sie gegossen wurde. Die Formen blieben dem Inhalt äußerlich, aber die Beziehung existierte innerhalb und nicht außerhalb der Erfahrung, und in dieser Erfahrung fand sich auch die Notwendigkeit und Universalität, die vorher in einer von der Erfahrung unabhängigen Welt angesiedelt worden war. Die Verflüssigung dieser starren Kantischen Kategorien ging einher mit den Springfluten des romantischen Idealismus, der auf Kant folgte“ (Mead 1987, 310).

Das, was Mead hier „funktionale Beziehung“ nennt und was er bei Kant vermißt, läuft darauf hinaus, daß in jeder wissenschaftlichen Situation, d.h. angesichts eines vorgelegten und angenommenen wissenschaftlichen Problems, es von dieser Situation und der funktionalen Ausrichtung auf dieses Problem abhängt, was in Frage gestellt wird und was zur Grundlage und damit zum Mittel der Untersuchung gemacht werden soll. Die Problematisierung irgendeines Sachverhalts bedeutet immer auch, daß „ein Bereich unbezweifelter Realität verbleibt.“ Niemals wird, wie in der Alchemie oder der Astrologie, alles mit allem verbunden, immer gibt es eine Logik der Verallgemeinerung, die die Problemlösung durch eine neue Theorie oder ein neues Gesetz bringt. Rationalismus und Empirismus, so würde Mead sagen, verkennen die Rolle des individuellen Subjekts in einem solchen Prozeß. Ein wissenschaftliches Problem ist weder eine subjektive Skurrilität noch ein rein objektiv-logisches Datum. Aber sowohl das Problem, beispielsweise eine Anomalie oder ein faktischer Widerspruch zu einer etablierten Theorie, als auch die Hypothesen, die das Problem lösen sollen, müssen zunächst in der Erfahrung und Anschauung eines Individuums auftreten. Und die Bedeutung dieser Tatsache wird auch nicht dadurch außer Kraft gesetzt, daß man anerkennt, daß das individuelle Subjekt selbst ein Produkt der Gesellschaft und der Kultur ist. Es bleibt die fundamentale Frage nach der Entwicklung von Subjektbezug und Objektivität der Erkenntnis. Diese Frage wird bei Peirce allerdings eher einseitig zugunsten der Rolle des Allgemeinen, des universellen semiotischen Prozesses interpretiert, aber sie hat den Pragmatismus auch neben und nach Peirce in fundamentaler Weise beschäftigt.

3.3 Subjekt und Handlung im amerikanischen Pragmatismus

Kontinuität der Semiose und Kontinuität der Entwicklung von Verhaltensgewohnheiten bestimmen bei Peirce die subjekttheoretische Perspektive. Beides ist für ihn im Rahmen seiner evolutionären Metaphysik aber auch Bestimmung des Naturprozesses. Das Konzept, das Subjekttheorie und Naturphilosophie miteinander verbindet, ist die „Entwicklung von ver-

körperlichen Ideen“ (Peirce PRAG, 212) als Telos von Natur- und Gesellschaftsgeschichte. Die Besonderheiten der subjekttheoretischen Perspektive, die *differentia specifica* der Kontinuität alltagsweltlicher und wissenschaftlicher Erkenntnisprozesse werden dabei allerdings nur unzureichend geklärt.

Peirce ordnet den Erkenntnisprozeß einer im Prinzip unbegrenzten Gemeinschaft von Forschenden zu und identifiziert in der Kontinuität dieser Gemeinschaft statt in einem transzendentalen Subjekt das Zusammenhang und Objektivität der Erkenntnis verbürgende einheitsstiftende Prinzip. Diese zeichentheoretisch begründete Kontinuität verbindet die Standpunkte unterschiedlicher Individuen und Gruppen miteinander und bezieht Erkenntnis und Normativität auf das Handeln, ohne jene auf dieses zu reduzieren. Aufgrund seiner Zeichentheorie ist für Peirce der reflexive Bezug des individuellen Subjekts auf sich selbst genauso wenig unmittelbar wie der Bezug auf andere Subjekte. Es gibt kein Denken vom Nullpunkt aus, das nicht durch Interpretation vorgängiger Artikulationen von Zeichen bestimmt ist. Das Zeichen relativiert die Gegensätze von Innen und Außen, von Ideellem und Materiellem, von Bewußtsein und Sein. Zeichengebrauch ist primär ein Prozeß der Verständigung und Vergegenständlichung und nur im Zusammenhang damit ein Prozeß der Umformung eines Ich. Peirce hebt den sozialen Charakter der modernen Wissenschaft – ihr Bezogensein auf Öffentlichkeit und Kooperation – mit Nachdruck hervor.

Peirce führt in seinen bedeutungstheoretischen wie in seinen erkenntnistheoretischen Überlegungen das Element der empirischen Subjektivität und der Verankerung alles Wissens in der Alltagspraxis als grundlegend ein. In Kantischer Terminologie unterscheidet er sehr scharf zwischen dem transzendentalphilosophisch bestimmten Begriff des Praktischen und dem Begriff des Pragmatischen, den er für seine Philosophie reklamiert:

„... der erste Begriff gehört zu einem Denkbereich, in dem kein Geist vom Typ eines Experimentators sich je festen Boden unter den Füßen verschaffen kann, der letztere drückt die Relation zu einer klar umrissenen menschlichen Zwecksetzung aus. Nun war es aber gerade das auffallendste Merkmal der neuen Theorie, daß sie eine untrennbare Verbindung zwischen rationaler Erkenntnis und rationalem Zweck anerkannte“ (Peirce CP 5.412, nach PRAG 429).

Peirce nimmt dabei aber keineswegs Abschied von der Vorstellung einer für das empirische Subjekt konstitutiven Verbindung zwischen Individuellem und Allgemeinem, Persönlichem und Kollektivem. Er sieht, daß für die Kritik des Nominalismus das Feld der Subjekttheorie von entscheidender Bedeutung ist. Darin grenzt er sich entschieden ab von empiristischen und psychologistischen Auffassungsweisen des Pragmatismus, wie sie insbesondere mit dem Werk von James verbunden sind und wie sie in der öffentlichen Rezeption des Pragmatismus zunächst überwiegen.

Das Prinzip der Kontinuität dient ihm in dieser Hinsicht dazu, den partikularen Erkenntnisakt der Totalität des Erkenntnisprozesses nicht bloß zu subsumieren und in ihr verschwinden zu lassen, wie es der transzendentalphilosophischen Idee einer allgemeinen Subjektivität entspricht, die der empirischen Subjektivität vorgeordnet ist und sich in dieser nur manifestiert. Das Partikulare soll vielmehr als Entwicklungsform des Allgemeinen begriffen wer-

den. Aber dazu ist es notwendig, die Beziehung zwischen individueller und allgemeiner Subjektivität als evolutionären Prozeß positiv zu bestimmen. Apel stellt richtig fest, daß bei Peirce „... jede endliche Konkretisierung der Vernunft als Konkretisierung der Vernunft auf das unendliche Ideal bezogen“ bleibt. „Peirce hat dieses für ihn schlechthin charakteristische Problem der Vermittlung des Endlichen und Unendlichen niemals ... zugunsten der individuellen Konkretisierung abgespannt“ (Apel 1975, 172 f.). Die Frage ist nur, ob Peirce dabei auch einen angemessenen Begriff der individuellen Konkretisierung entwickelt. Bei ihm scheint der Begriff des Individuums im Hinblick auf den wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß unterbestimmt:

„Wenn wir an das Studium des wichtigen Prinzips der Kontinuität kommen und erkennen, wie alles fließt und jeder Punkt unmittelbar am Sein des anderen teilhat, wird offenbar werden, daß Individualismus und Falschheit identisch sind. ... Einstweilen wissen wir, daß der Mensch keine Ganzheit ist, solange er ein Einzelner ist, und daß er wesentlich ein mögliches Mitglied der Gesellschaft ist. Insbesondere ist die Erfahrung eines Menschen, solange sie allein steht, nichts. Wenn er etwas sieht, was andere nicht sehen können, nennen wir es Halluzination. Es ist nicht ‘meine’ Erfahrung, sondern ‘unsere’ Erfahrung, an die zu denken ist, und dieses ‘wir’ hat unbegrenzte Möglichkeiten“ (Peirce PRAG, 212).

Demgegenüber wäre zu betonen, daß die Möglichkeit, etwas zu sehen, was andere nicht sehen, für den Erkenntnisfortschritt ebenso bedeutsam ist wie die verallgemeinerte Form, die dieses Sehen einmal annimmt. Dem Peirceschen Entwicklungs- und Verallgemeinerungskonzept fehlt eine hinreichend deutliche Bestimmung der Beziehung zwischen Zufälligkeit und Notwendigkeit. Das Individuelle hat in dem, was man Peirces ‘logischen Sozialismus’ genannt hat (Wartenberg 1971, Apel), nicht den Stellenwert, der ihm in den wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Verallgemeinerungsprozessen zukommt. Es fehlt ein Konzept von Selbstbewußtsein und Reflexion auf das eigene Handeln, das Individualität und Sozialität positiv aufeinander beziehen würde. Nur die Sozialität erscheint für die Subjektbildung konstitutiv. Die Kontinuität der Semiose in bezug auf das individuelle Subjekt läßt sich aber nicht auf ihre Kontinuität im Rahmen der Interaktionsgemeinschaft zurückführen, obwohl sie mit dieser in untrennbarem Zusammenhang steht. Die Semiose geht bei Peirce eher durch die beteiligten Subjekte hindurch und subsumiert sie unter sich, als daß sie von Subjekten in ihrem wechselseitigen Bezug hervorgebracht würde. Daß Subjektivität sich in der Intersubjektivität herausbildet, wird eher postuliert als in deren Genese demonstriert. Es finden sich bei Peirce daher nur Ansätze zu einer Kritik des Psychologismus auf seinem eigenen Terrain, obwohl eine solche Kritik der entscheidende Prüfstein für eine angemessene subjekttheoretische Konzeption wäre (vgl. dazu Colapietro 1989).

Die Defizite von Peirces Subjektbegriff sind in Problemen seiner Handlungstheorie begründet. Seine kritische Aufhebung der Transzendentalphilosophie läßt den Handlungsbegriff unberührt und verbindet ihn nicht genügend mit zentralen konzeptionellen Innovationen seiner Philosophie, wie dem Kontinuumsbegriff, der Leitidee der ‘Verkörperung von Ideen’ (vgl. Krois 1995), der semiotischen Wende, oder der Schlüsselrolle des ‘*habit*’-Begriffs. Indem er den Begriff des Handelns nicht ausgehend von seinem ‘*habit*’-Begriff neu faßt, bleibt er in einem teleologischen Handlungsbegriff befangen, in dem Allgemeinheit nur von außen

durch dem Handlungsvollzug vorausgesetzte Ideen, Pläne oder Ziele in die Handlung hineinkommen. Um empiristische und psychologistische Lesarten der Pragmatischen Maxime abzuweisen, ist er daher gezwungen, die kognitive Bedeutung des Handelns abzuwerten:

„... gesteht man zu, daß das Handeln ein Ziel braucht und daß dieses Ziel eines von allgemeiner Art sein muß, dann richtet uns der Geist der Maxime selbst ... auf etwas anderes als praktische Tatsachen, nämlich auf allgemeine Ideen als die wahren Interpreten unseres Denkens“ (Peirce PRAG, 316).

Wenn aber „die materiale Aktion die bloße Hülse von Ideen ist“ (a.a.O. 553), dann läuft die Vorstellung einer geschichtlichen Konkretisierung der Vernunft, die nach Peirce durch den wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß vorangetrieben wird, auf einen Hegelianismus hinaus, den Peirce gerade ablehnt: „Das rohe Element existiert und darf nicht wegerklärt werden, wie es Hegel versucht“ (ebd.).

Der Ausweg aus diesem Dilemma liegt in einer von Peirce nicht geleisteten Kritik des teleologischen Handlungsbegriffs, die sich von wesentlichen Denkmotiven seiner eigenen Philosophie leiten läßt (vgl. zum folg.: Joas 1980; Joas 1985; Joas 1992). Gemäß diesem Begriff ist das Handeln der bewußten Intentionalität unter- und zeitlich nachgeordnet. Der Ursprung des Handelns ist in der Innerlichkeit isolierter Individuen zu suchen, und ihr Handeln hat sozialen Bezug nur, insofern er vorweg schon im Bewußtsein ist oder im Vollzug von außen aufgenötigt wird. In diesem Handlungsbegriff reproduzieren sich die von Peirce prinzipiell in Frage gestellten cartesianischen Dualismen von Bewußtsein und Wirklichkeit, Geist und Körper, von Subjektivität und Intersubjektivität. Handeln unterscheidet sich in der Tat von bloßem Verhalten durch seine Intentionalität. Es trägt Ziele in sich und ist in die Verständigung zwischen den Akteuren eingebunden. Die Frage ist nur, ob diese Ziele bewußt sein müssen und ob die Verständigung das Nadelöhr einer auf ihre kognitiven Funktionen reduzierten verbalen Kommunikation passieren muß oder ob nicht vielmehr Kommunikation ebenso von Meta-Kommunikation, d.h. von in der Regel impliziten Kontextualisierungen abhängt. Eine Kritik des teleologischen Handlungsbegriffs, die von der Leitidee der ‘Verkörperung’ und des *habit* ausgeht, wird somit Intentionalität primär in der praktischen Bezogenheit der Menschen aufeinander und auf ihre Welt suchen, die der Bewußtheit vorgängig, aber nicht prinzipiell inkommensurabel ist. Zweck und Bedeutung sind dann nicht mehr zuerst im Bewußtsein, und die Handlung wird dem entsprechend nicht bloß ausgeführt. „Die Setzung von Zwecken geschieht ... nicht in einem geistigen Akt vor der eigentlichen Handlung, sondern ist Resultat einer Reflexion auf die in unserem Handeln immer schon wirksamen, vor-reflexiven Strebungen und Gerichtetheiten“ (Joas 1992a, 232). An die Stelle des teleologischen Handlungsmodells tritt damit „das Ideal eines sinndurchströmten Handelns“ (ebd., 226).

Die Kritik des teleologischen Handlungsbegriffs setzt eine semiotische Orientierung voraus, welche den Zeichenbegriff hinreichend weit faßt. Für sie sind der Begriff der Handlung und der Begriff der Kommunikation systematisch aufeinander bezogen. Handlung ist prinzipiell zeichenvermittelt und ihre Besonderheit im Unterschied zur Interaktion zwischen Tieren und

ihrer Umwelt bestimmt sich durch die Besonderheit der Zeichen, die in ihr im Gebrauch sind. Die für die Handlung konstitutiven Zeichen sind von Menschen selbst geschaffen worden; ihr Bezug auf die Realität ist nicht unmittelbar gegeben, sondern potentiell und bedarf zu seinem Vollzug der Vermittlung durch die jeweilige Handlung; sie verweisen auf eine unmittelbar präsente bzw. über den Kontext des jeweiligen Zeichengebrauchs mehr oder weniger hinausreichende Gemeinschaft von Zeichenbenutzern. Zeichen in diesem Sinne sind – im Anschluß an den weiten Zeichenbegriff von Peirce – keineswegs bloß die Sprache, sondern alle Mittel, die in das Handeln von Menschen eingehen und die durch dessen Einfügung in einen kooperativen Zusammenhang immer auch eine symbolische Funktion erfüllen. Handlung ist doppelt bestimmt: als praktische Aneignung der natürlichen und gesellschaftlichen Welt in einer Gemeinschaft und als kommunikatives Handeln mit anderen Handlungssubjekten, die an dieser Aneignung teilhaben. Die Kritik des teleologischen Handlungsbegriffs faßt Intersubjektivität primär als praktische Intersubjektivität auf und sieht in der kommunikativen Intersubjektivität einen zentralen Aspekt der praktischen Intersubjektivität, ohne diese auf jene zu reduzieren. Nicht nur die Handlungsgegenstände, sondern auch die von den Menschen geschaffenen Handlungsmittel gehen in ihrer Materialität nicht in ihrer symbolischen Funktion auf. In ihrer Verwiesenheit auf konkrete Handlungskontexte kommt ihnen über den Aspekt des Verständigungsmittels hinaus immer auch ein Werkzeugaspekt zu. Auch der Diskurs unterliegt pragmatischen Zwängen und ist den Widerständen einer vom menschlichen Wünschen und Meinen unabhängigen Welt ausgesetzt. Dies konzeptionell zu vernachlässigen, läuft darauf hinaus, ‘das rohe Element’ wegzuerklären, das Peirce für ein unverzichtbares Antidotum gegen den Hegelianismus hielt (s.o.). Die von Habermas und Apel in Auseinandersetzung mit dem amerikanischen Pragmatismus fixierte Unterscheidung von ‘instrumentellem Handeln’ und ‘kommunikativem Handeln’ bzw. von ‘Experimentiergemeinschaft’ und ‘Kommunikationsgemeinschaft’ verfehlt diese Verschränkung von Handlung und Kommunikation systematisch. Sie reserviert die Kritik des teleologischen Modells für den Bereich des kommunikativen Handelns, während sie dieses Modell für das instrumentelle Handeln weiter gelten läßt. Ihre Kritik dieses Modells ist auch deshalb halbherzig, weil sie sich schließlich doch wieder an der Vorgegebenheit von Zwecksetzungen orientiert, statt von ‘Verkörperungen von Ideen’ auszugehen, in denen vielfältige und außerhalb der jeweiligen Handlungssituationen nicht vorab zu bestimmende mögliche Zwecksetzungen angelegt sind. Es wird so ein tiefer Graben zwischen Natur und Gesellschaft, Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft gerissen, der nicht zuletzt auch den inneren Zusammenhang des mathematischen Denkens zerreißt.

Insofern Handlung zeichenvermittelt ist, eignet ihr sowohl individuelle Bestimmtheit als auch soziale Allgemeinheit. Die Kritik des teleologischen Handlungsbegriffs bedarf zu ihrer Durchführung des Entwurfs einer veränderten Subjekttheorie, die diese beiden Momente auf neue Weise ins Verhältnis setzt. Es geht dabei – jenseits eines unvermittelten Gegensatzes von Individuum und Gemeinschaft – um eine neue Konzeption für den Begriff des ‘allge-

meinen Subjekts' oder – vorsichtiger – einer subjektiven Allgemeinheit, an der jedes individuelle Subjekt teilhat. Ein solcher Begriff ist – transzendentalphilosophisch – immer wieder gegen empiristische und psychologistische Reduktionismen reklamiert worden. In der neuen Auffassung dieses Begriffs erscheint Allgemeinheit aber nicht durch eine den Individuen vor jeder realen Interaktion göttlich vorgeordnete oder naturhaft inhärente Subjektivität verbürgt. Auch auf dem Feld der Subjekttheorie ist die Wendung von einer Logik der Substanz zu einer Logik der Relationen zu vollziehen (vgl. Cassirer 1910). Die Bestimmung von Subjektivität geht nicht von einem inneren Wesen des Individuums aus, sondern vom Handlungs- und Kommunikationszusammenhang zwischen den Individuen. Allgemeine Subjektivität kann daher nur in der Entwicklungslogik der Gemeinschaft handelnder und kommunizierender Menschen begründet werden. In ihr sind die individuelle Subjektivität, aber auch die Eigentümlichkeit verschiedener Kollektivsubjekte als Entwicklungsformen des Allgemeinen zu fassen. Dazu ist es aber notwendig, Handlung als Moment einer kooperativen zeichenvermittelten Interaktion zu begreifen und die Genese des individuellen Subjekts in dieser Interaktion zu lokalisieren. Die Allgemeinheit im individuellen Subjekt bildet sich in der Verinnerlichung dieser Interaktion heraus. Die Spannung zwischen Individualität und Kollektiv wird damit in das Individuum selbst hineinverlagert und prozessualisiert. Die Vorstellung wird aufgegeben, im Selbstbewußtsein sei das Ich sich unmittelbar selbst gegeben und in ihm als Ursprung alles Wissens seien Subjekt und Objekt identisch. Sie wird ersetzt durch ein Konzept, in dem die Entwicklung des Selbstbewußtseins mit der Entstehung der Fähigkeit in Zusammenhang gebracht wird, mit Hilfe von Zeichen auf sich selbst vom Standpunkt der anderen aus zu reagieren und die verschiedenen Perspektiven, die dabei ins Spiel kommen, zu integrieren. Vom System dieser Zeichen behauptet Dewey:

„... it compels one individual to take the standpoint of other individuals and to see and inquire from a standpoint that is not strictly personal but is common to them as participants or 'parties' in a conjoint undertaking. ... (T)he convention or common consent which sets it apart as a means of recording and communicating meaning is that of agreement in *action*; of shared modes of responsive behavior and participation in their consequences. The physical sound or mark gets its meaning in and by conjoint community of functional use“ (Dewey 1966 [1938], 52).

Zwischen das denkende und wissende Ich und die Wirklichkeit, auch die des gedachten und gewußten Ichs, schiebt sich so die Gruppe.

Die Kritik des teleologischen Handlungsbegriffs eröffnet die Möglichkeit, Wissenschaft als Handlungszusammenhang in Verbindung und im Unterschied zu Alltagspraxis und Technik aufzufassen. Die Differenz liegt nicht darin, daß jene nur auf das Bewußtsein bezogen ist und diese auf das Eingreifen in die materielle und soziale Realität oder daß jene nur allgemeine Zwecke verfolgt und diese nur konkrete Zwecke. Sie liegt zunächst darin, daß das wissenschaftliche Handeln über Mittel und Methoden verfügt, den Handelnden von der unmittelbaren Gegebenheit seiner Handlungssituation und ihren Handlungszwängen zu distanzieren und Gegenstände zu konstruieren, die in dieser unmittelbaren Gegebenheit nicht vorkommen, obwohl sie prinzipiell von ihr aus zugänglich sein müssen.

Ist die wissenschaftliche Welt einmal konstituiert, gewinnt auch sie in bestimmten Grenzen selbstverständliche Gegebenheit; auch in diese Welt wird man einsozialisiert und kann sich in ihr nur kompetent bewegen, wenn man nicht ihre völlige Durchsichtigkeit im Denken anstrebt, sondern sich auf eine praktische Vertrautheit mit ihr verläßt. Aber diese Gegebenheit wird dadurch relativiert, daß sie als Kontext dient, um Probleme zu identifizieren und zu lösen. In dieser Welt werden Probleme aktiv und systematisch gesucht und nicht nur dort aufgegriffen, wo sie sich als Störungen eines Handlungsvollzugs unmittelbar bemerkbar machen. Wenn auch zu jedem Zeitpunkt die Unterscheidung der Welt in einen gegebenen und einen problematischen Teil notwendig ist, um mit dem problematischen Teil konstruktiv umgehen zu können – in einer total problematischen Welt verschwinden identifizierbare und lösbare Probleme ebenso wie in einer total gegebenen –, so erscheint diese Gegebenheit doch jeweils als vorläufig und relativ zur jeweiligen Problemstellung.

Die Welt des wissenschaftlich Handelnden ist eine soziale Welt; auch darin unterscheidet sie sich nicht von der Welt des Alltagshandelns und der technischen Gestaltung der Wirklichkeit. Ihre Mittel und Methoden sind kein individueller, sondern ein kollektiver Besitz; ihre individuelle Nutzung ist immanent auf die Gemeinschaft der möglichen Benutzer bezogen. Aber wie die Wissenschaft das Gegebene und das Problematische auf neue Weise ins Verhältnis setzt, so auch das Soziale und das Individuelle. Wie das wissenschaftliche Problem nur im Kontext eines gegebenen und konsensstiftenden Erkenntnis- und Methodenstands Kontur und Lösbarkeit gewinnt, so gilt auch:

„Verschwände die gemeinsame Welt, innerhalb deren die individuellen Erfahrungen angesiedelt sind, dann würde es auch die individuellen Erfahrungen als solche nicht mehr geben. Nicht nur ginge die Basis für die Unterscheidung zwischen den beiden verloren, sondern das Individuum hätte auch keine Grundlage mehr, diese Erfahrungen als seine zu erkennen“ (Mead 1987, II 23).

Aber in der Wissenschaft dient der soziale Konsens dazu, Individualität als Quelle neuer wissenschaftlicher Verallgemeinerungen und als Entwicklungspotential der wissenschaftlichen Erkenntnis zu ermöglichen und zu ermutigen. Die individuelle Erfahrung ist in ihr – vor ihrer sozialen Bestätigung – durchaus nicht nichts, wie Peirce im angeführten Zitat meint (s.o. S.33), sondern „in ihrem Ausnahmecharakter der Wachstumspunkt der Wissenschaft“ (Mead 1987, II 321) Vom Standpunkt ihrer Evolution aus, der für die Auffassung der neuzeitlichen Wissenschaft unentbehrlich ist, stellt sich Wissenschaft nicht primär als Zurückführung der Erfahrung auf vorhandene Verallgemeinerungen, sondern als Generierung neuer Verallgemeinerungen auf der Basis von abweichenden Erfahrungen und Perspektiven dar, und die vorhandenen Verallgemeinerungen stecken nicht so sehr einen Rahmen des Gegebenen als einen Rahmen des Möglichen ab. Die Objektivität der wissenschaftlichen Erkenntnis entwickelt sich in untrennbarem Zusammenhang mit ihrem Subjektbezug.

Den skizzierten Zusammenhang von Handlungsbegriff, Subjektbegriff und Auffassung wissenschaftlicher Objektivität haben in enger Kooperation John Dewey und George Herbert Mead konzeptionell begründet und herausgearbeitet. In der Rezeptionsgeschichte ist – zumal im deutschsprachigen Raum – die enge Verbindung zwischen dem Werk von Dewey

und Mead weitgehend aus dem Blick geraten. Mead ist lange Zeit ausschließlich als soziologisch inspirierter Sozialpsychologe gelesen worden, und selbst ein so kenntnisreicher Autor wie Apel titulierte Dewey als „Sozialpädagogen“. Der verbindende philosophische Kern ihres Werks, den wir oben kurz umrissen haben, blieb so verborgen. Dewey und Mead haben sich in ihren Analysen von Peirces Prinzip der Kontinuität leiten lassen:

„... attention is called particularly to the principle of the continuum of inquiry, a principle whose importance, as far as I am aware, only Peirce had previously noted. Application of this principle enables an empirical account to be given of logical forms, whose necessity traditional empiricism overlooked or denied while at the same time it proves that the interpretation of them as a priori is unnecessary.“ (Dewey 1966 [1938], 3).

Dewey und Mead messen der Mathematik eine Schlüsselrolle für ein adäquates Verständnis des Zusammenhangs von Handlungsbegriff, Subjektbegriff und Auffassung wissenschaftlicher Objektivität zu. Sie haben die Einsicht in diesen Zusammenhang in vielfältigen Analysen – zu Fragen der Logik und Erkenntnistheorie, der Ethik, der Ästhetik, der Pädagogik, des Verhältnisses von Wissenschaft und Öffentlichkeit – fruchtbar gemacht. Alle diese Analysen sind zentriert um das Problem der Bedeutung der wissenschaftlichen Rationalität für die Moderne und heben neben den notwendigen Unterscheidungen die Kontinuität und den inneren Zusammenhang in den verschiedenen Formen der Weltaneignung hervor.

3.4 Arbeitsplan

Die im folgenden skizzierten Problembereiche sind alle auf eine Aufgabe hin fokussiert: der Ausarbeitung der Voraussetzungen und Implikationen unserer in den vorangehenden Abschnitten eingeführten These der Symmetrie von Subjektbezug und Objektivität wissenschaftlicher Verallgemeinerung. Die zentrale Schwierigkeit dieser Aufgabe besteht darin, daß die Symmetriethese – und das werden die folgenden Punkte auch deutlich machen – Fragestellungen einer ganzen Reihe von Wissenschaften berührt, die in unterschiedlichen Formen mit den durch die These aufgeworfenen Problemen zu tun haben und deshalb auch Entscheidendes zur Ausarbeitung unserer These beitragen können. Für die Struktur der auf der Grundlage des beantragten Projektes geplanten Arbeitsgruppe bedeutet dies, daß die notwendigen Kompetenzen so verteilt sein müssen, daß zumindest die Diskussionen der für unseren Problemzusammenhang bedeutsamsten Disziplinen rezipiert und deren Ergebnisse fruchtbar gemacht werden können. Hierbei handelt es sich um Philosophie, Mathematik und beider Geschichte, sowie um Soziologie und Psychologie. Diese Breite ist nur erreichbar, wenn das Projekt zusätzlich zu den am Institut für Didaktik beheimateten Kräften Kompetenzen aus diesen Bereichen einbinden kann.

Der folgende Arbeitsplan zeigt, daß die einzelnen Problemfelder und ihre jeweiligen Fragestellungen eng miteinander verzahnt sind und daher Kooperation erfordern. Es geht dabei nicht nur darum, Informationen und Forschungsergebnisse aus den verschiedenen Disziplinen zusammenzuführen, sondern Arbeitsweisen, Methoden und Perspektiven müssen kooperativ ineinanderwirken, um die Spezifik der Forschungsaufgabe nicht aus den Augen zu ver-

lieren. Die einzelnen Punkte sind deshalb ganz bewußt nicht einzelnen Disziplinen oder Personen zugeordnet, wenn auch jeder Problembereich seinen Schwerpunkt in der einen oder anderen Richtung hat. Das Projekt ist insgesamt auf Interdisziplinarität angelegt.

Aus der Verzahnung der Problembereiche ergibt sich, daß ihre zeitliche Anordnung als aufeinander folgende Arbeitsschritte keinen Sinn macht. Sie sind über die gesamte Förderungsdauer zeitlich parallel und in wechselseitigem Austausch zu bearbeiten.

3.4.1 Das Problem des Raumbegriffes im Kontext der Symmetriethese

Wenn die Vorstellung etwas für sich hat, daß die Entwicklung des modernen mathematisch-wissenschaftlichen Denkens an der Entwicklung des Raumbegriffs sich manifestiert, hätte man davon auszugehen, daß Kants Unterscheidung von Erkenntnisvermögen und seine damit verbundene dualistische Konzeption des Verhältnisses von Begriff und Gegenstand, von Verstandestätigkeit und Anschauung sich in Aspekten seines Raumbegriffs niederschlagen. Kant, so wird gesagt, habe seinen Raumbegriff aus dem kontroversen Briefwechsel zwischen Clarke und Leibniz und aus den ihm dadurch vermittelten Einsichten zu formulieren versucht (vgl. z.B. Breil 1993, 118 ff.). Sein Ziel war offenbar eine mittlere Position zwischen der Newtonschen und der Leibnizschen Raumauffassung:

„Zurückgewiesen werden darum Leibniz’ objektiv-ideale Bestimmungen von Raum und Zeit und Clarks Auffassung von ihrer objektiv-empirischen Realität. Kant hat dabei die Vorteile der beiden einander ausschließenden Meinungen unter Ausschluß ihrer Nachteile zu wahren gesucht. So hat Clarks Auffassung durch die Annahme von Raum und Zeit als zweier unendlicher, notwendig existierender substantieller Behältnisse zwar den Vorteil, die objektive Gültigkeit der Mathematik begründen zu können. Sie macht aber dabei Raum und Zeit zu Bedingungen von Dingen überhaupt, also auch zu Bedingungen von Gegenständen des bloßen Denkens. Bezeichnet man dagegen Raum und Zeit als von den Erscheinungen abstrahierte relative Verhältnisse, so schränkt man zwar den Geltungsbereich von Raum und Zeit auf Erscheinungen ein, kann aber nicht die unbedingte Gültigkeit der Mathematik und der mathematischen Naturwissenschaft begründen“ (Breil 1993, 120).

Man hat jedoch Peirce – und wohl auch Hilbert – so zu verstehen, daß sie *tatsächlich* Raum und Zeit zu Bedingungen auch von Gegenständen des bloßen Denkens, also von Gegenständen der reinen Mathematik, machen wollen. Diese Gegenstände sind nämlich nichts anderes als Raum-Zeit-Lokalisierungen, auf welche die *Indizes*, welche in den axiomatischen Charakterisierungen mathematischer Theorien auftreten, hinweisen (vgl. Otte 1997). Der räumliche Ort konstituiert gewissermaßen den Gegenstand, insofern Gegenständlichkeit der Erkenntnis funktional aufgefaßt wird. Der Gegenstand hat die Funktion, alle möglichen Perspektiven zu koordinieren und aufeinander beziehbar zu machen, und ist insofern unabdingbar, um den Zusammenhang des Denkens und Erkennens zu garantieren. Noch Frege konnte sich mit Hilberts Axiomatik deshalb nicht anfreunden, weil er das Problem der Gegenständlichkeit oder Referenz darin nicht unterbringen konnte. Um Gegenstandsfunktionen sich verständlich zu machen, muß offenbar das Verhältnis von Gegenständlichkeit und Raumbegriff untersucht werden.

Peirce stimmt Kants Lösung des Problems deshalb nicht zu, weil bei Kant infolge seines zu eingeschränkten Konzeptes von Anschauung – im Sinne eines Empirismus-Verdachtens –

die gegenständliche und die konstruktive Seite der Erkenntnis zu stark auseinander klaffen (bzgl. Peirces Kritik an Kant vgl. CP 1.35). Diese Kritik hatten schon Hegel (vgl. Otte 1987, S. XII) und Schelling (vgl. Schelling 1802/1803, und oben S. 6) vorgebracht.

Hans Blumenberg hat in seinem Buch *Die Genesis der Kopernikanischen Welt* darauf hingewiesen, wie der Gegensatz von Konstruktion und Wahrnehmung – von Begriff und Anschauung – seit Kopernikus' Entdeckung und verursacht durch diese das abendländische Denken beherrscht hat; und zwar bis ins 19. Jahrhundert hinein, etwa bis zu Marx' Feuerbachthesen, wo es heißt: „Feuerbach, mit dem abstrakten Denken nicht zufrieden, will die Anschauung; aber er faßt die Sinnlichkeit nicht als praktische menschlich-sinnliche Tätigkeit“. Peirce weist Kant das Verdienst zu, als erster die ganze Tragweite des Problems gesehen zu haben. Aber Kant hat diese Differenz, wie schon bemerkt, im Sinne einer absoluten Priorität der Konstruktion interpretiert, ohne das Problem der Allgemeinheit und Objektivität der Konstruktion selbst angemessen zu lösen.

In diesem Arbeitsschwerpunkt soll – neben philosophiehistorischen Analysen – die Mathematikgeschichte im Hinblick auf die Probleme und die Entwicklung des Raumbegriffes und des axiomatischen Denkens näher befragt werden. Wie ist es beispielsweise zu erklären, daß die Axiomatik der Geometrie derjenigen der Arithmetik um mehr als eineinhalb Jahrtausende vorangegangen ist? Wie ist die Nicht-Kategorizität und die Existenz von Nicht-Standardmodellen erkenntnistheoretisch zu interpretieren? Welche philosophie- und wissenschaftshistorischen Wurzeln hat die Vorstellung von Mathematik und Logik als „allgemeine Formenlehre“ (Grassmann, Peacock, Schröder, Whitehead u.a.)? Wie ist die These des Topologen Salomon Bochner zu verstehen, Mathematik und Wissenschaft sei in der Moderne durch eine Komplementarität von Struktur und Raum gekennzeichnet (Bochner 1969)? Man müßte diesbezüglich sicher Überlegungen zur Dynamik dieser Polarität anstellen.

3.4.2 Subjektbezug und Objektivität am Beispiel der Gleichheit

Der bekannte Mathematiker Carlo Rota hat das Problem der Gegenständlichkeit mathematischer Erkenntnis folgendermaßen dargestellt:

„Mathematicians have axiomatized the real line as a one-dimensional continuum, as a complete Archimedean ordered field, as a real closed field, or as a system of binary decimals on which operations are performed in a certain way. Each of these axiomatizations is tacitly understood by mathematicians as an axiomatization of the *same* real line. That is, the mathematical object thereby axiomatized is presumed to be the *same* in each case, and such an identity is not questioned“ (Rota 1988, p. 376).

Und in bezug auf die Beziehung zwischen formaler Struktur und Semantik fährt er fort:

„A presentation of a mathematical system leading up to the definition of an object is of necessity syntactical, that is, it is given by axioms and rules of inference. Nonetheless, the axioms and rules of inference are intended to characterize a class of mathematical objects consisting of sets with some additional structure (such as groups, manifolds, etc.). Any set with such an additional structure that satisfies the axioms is said to be a *model* for the axioms, and the description of all such models is customarily said to be the semantic interpretation of the theory. The problem of identity in mathematics can thus be viewed as the problem of explaining how disparate syntaxes can nonetheless have the same semantics, that is, the same models“.

Ganz im Geist der heutigen reinen Mathematik folgert Rota, daß ein angemessenes Verständnis des Problems mathematischer Identität „a new and still missing formal theory“ erforderlich mache,

„... that will describe the mutual relationships that obtain between formal systems that describe the same objects. At present, such relationships can at best be heuristically described in terms that invoke some notion of an ‘intelligent user standing outside the system’. The new formalization we are looking for need not reject this notion“ (Rota 1988, p. 377).

Es gibt nun – und das wäre bezogen auf die natürlichen Sprachen ebenso wie bezogen auf mathematische Zeichensysteme das zu untersuchende Problem – ein Problem, welches gewissermaßen das Spiegelbild der vorgestellten Gegenständlichkeitsfrage darstellt und welches darauf beruht, daß etwa die menschlichen Sprachen bei noch so großer Differenz ihrer Oberflächenstruktur einen derartigen inneren Reichtum der Bildung von Synonymien entwickelt haben, daß dies zu vollkommen strukturgleichen Möglichkeiten der Darstellung führt. William Thurston betrachtet dieses komplementäre Problem. Er nimmt eine mathematische Definition – sein Beispiel ist die Ableitung einer differenzierbaren Funktion – und stellt eine Liste verschiedener Bedeutungen oder mentaler Anschauungen zusammen, die dieser Definition unterlegt werden können. Er schreibt dann:

„This is a list of different ways of *thinking about* or *conceiving of* the derivative, rather than a list of different *logical definitions*. Unless great efforts are made to maintain the tone and flavor of the original human insights, the differences start to evaporate as soon as the mental concepts are translated into precise, formal and explicit definitions.

I can remember absorbing each of these concepts as something new and interesting, and spending a good deal of mental time and effort digesting and practicing with each, reconciling it with the others. I also remember coming back to revisit these different concepts later with added meaning and understanding“ (Thurston 1994).

Eine Gleichung $A = B$ kann auf zwei Weisen interpretiert werden: Entweder so, daß man A und B als zwei unterschiedliche Darstellungen ein und desselben Objekts sieht (das Problem, das Rota und Co-Autoren ansprechen), oder man interpretiert die Gleichung als eine über einen idealen Gegenstand vermittelte Relation zwischen zwei verschiedenen Dingen A und B ; dies ist das Problem, mit dem sich Thurston beschäftigt. Diese beiden Interpretationen der Gleichung sind äquivalent, wenn konkrete und ideale Gegenstände als nicht prinzipiell getrennt und als nicht grundsätzlich voneinander verschieden aufgefaßt werden (Otte 1989, 21 ff.). Diese Äquivalenz legt nun allerdings die Vermutung nahe, daß die von Rota gesuchte formale Theorie der Identität nicht möglich ist. In der Beurteilung des Verhältnisses von idealen und konkreten Objekten unterscheiden sich die Phänomenologien von Husserl und Peirce, insofern eben Husserl einen absoluten Unterschied macht zwischen individuellem und idealem Sein und Peirce nicht. Dies soll in einem eigenen Untersuchungsschritt thematisiert werden.

3.4.3 Pragmatische Maxime und reine Mathematik

Peirce beginnt seine 1903 gehaltenen „Vorlesungen über Pragmatismus“ mit einer Erinnerung an seine fünfundzwanzig Jahre vorher entwickelte „Pragmatische Maxime“:

„Überlege, welches die praktischen Wirkungen sind, die unserer Meinung nach vom Objekt unserer Vorstellung erzeugt werden können. Die Vorstellung aller dieser Wirkungen ist die vollständige Vorstellung des Objekts“ (Peirce, CP 5.18).

In bezug auf die Frage nach Bedeutungen in der Mathematik ordnet sich diese Maxime in ein seit Berkeley virulentes eher praktisches Interesse an Mathematik und Wissenschaft ein. Die Maxime wäre damit Ausdruck eines Reduktionismus, der Bedeutung auf Verifikation zurückführt (vgl. Quine, oben S. 12). Auf der andern Seite betont jedoch Peirce in denselben Vorlesungen die grundlegende und unbedingte Bedeutung der reinen Mathematik, also einer Wissenschaft, die es seiner Meinung nach überhaupt nicht mit faktischer Erkenntnis zu tun hat, sondern vielmehr die „Substanz von Hypothesen“ untersucht. Die Rolle der Mathematik ergibt sich für Peirce aus folgender Überlegung: Voraussetzung von Erkenntnistheorie und Philosophie ist für ihn eine Wissenschaft, welche „die Phänomene genauso betrachtet wie sie sind; die nur die Augen öffnet und beschreibt was sie sieht; nicht was sie in der Realität als von der Fiktion unterschieden sieht ... einfach das Objekt als ein Phänomen beschreibt und darstellt, was sie Ähnliches in allen Phänomenen findet“ (Peirce, CP 5.37). Eine solche *phänomenologische* Wissenschaft, „ist die allererste aller positiven Wissenschaften“ (CP 5.39). Die Phänomenologie allerdings,

„... die nicht von irgendeiner anderen *positiven Wissenschaft* abhängt, muß dennoch, wenn sie fest gegründet werden soll, von der Konditionalen oder Hypothetischen Wissenschaft der *Reinen Mathematik* abhängig gemacht werden, deren einziges Ziel es ist zu entdecken, nicht wie die Dinge tatsächlich sind, sondern wie angenommen werden kann, daß sie sein könnten“ (Peirce, VP 21).

Wenn man die so beschriebene Rolle der Mathematik mit einer Anwendung der oben zitierten Pragmatischen Maxime auf die Bedeutungen der Mathematik verbindet und dabei das praktische Interesse der Maxime betont, dann scheint sich ein Widerspruch zu ergeben, oder zumindest ein unaufgelöstes Problem, das wohl auch Peirce zuweilen gefühlt hat. Peirce geht darauf 1902 in einer Erläuterung des Pragmatismus für Baldwins *Dictionary of Philosophy and Psychology* wie folgt ein: Die Pragmatische Maxime

„... might easily be misapplied, so as to sweep away the whole doctrine of incommensurables, and, in fact, the whole Weierstrassian way of regarding the calculus. ... The doctrine appears to assume that the end of man is action ... If it be admitted, on the contrary, that action wants an end, and that that end must be something of a general description, then the spirit of the maxim itself, which is that we must look to the upshot of our concepts in order rightly to apprehend them, would direct us towards something different from practical facts, namely, to general ideas, as the true interpreters of our thought“ (Peirce, CP 5.3).

Daraus ergeben sich nun mehrere Probleme, die wir in dem geplanten Projekt genauer untersuchen wollen: Erstens ist zu fragen, wie sich die Pragmatische Maxime mit der von Peirce geforderten Rolle der Mathematik nun genau verbinden läßt, wie das „Praktische“ mit dem „Reinen“ zusammenhängt. Zweitens ist bezogen auf das Subjekt oder den Menschen die Frage zu beantworten, wie dieses Problem mathematischer Bedeutung mit der im Zitat angesprochenen Wechselbeziehung zwischen Zweckausrichtung des Handelns einerseits und Interesse am eigenen Wachstum, an der eigenen Entwicklung und Sozialität andererseits zusammenhängt. Erkenntnistheoretisch könnte es als die Beziehung zwischen technischer Determination und Verallgemeinerung formuliert werden oder als die Frage nach dem Verhält-

nis von idealen und empirisch-konkreten Gegenständen. Schließlich stellt sich drittens die Frage, wieweit die von Peirce gefundenen und versuchten Lösungen zu den genannten Problemen als Leitfaden dienen können, um die Beziehungen zwischen impliziter oder expliziter Handlungstheorie und Mathematikauffassung in der weiteren Entwicklung des Pragmatismus und bei Husserl und Cassirer zu untersuchen.

3.4.4 Handlung, Zeichen, Intersubjektivität

In unserer Symmetriethese vermittelt *Handlung* den Zusammenhang zwischen Erkenntnis-subjekt und Erkenntnisgegenstand. Die handlungstheoretischen Implikationen der Symmetriethese bilden daher einen Arbeitsschwerpunkt in unserem Fortsetzungsprojekt. Es geht darum, die Entwicklung des Handlungsbegriffs und seine verschiedenen Varianten im amerikanischen Pragmatismus zu rekonstruieren. Schlüsselprobleme sind dabei das Verhältnis von Handlung und Zeichen sowie das Verhältnis von Handlung und '*habit*' als dem Interpretanten von Zeichen. Eine sich daran anschließende Fragestellung ist die nach dem Verhältnis kommunikativer und praktischer Interaktion. Ist die Trennung von instrumentellem und kommunikativem Handeln, von Experimentiergemeinschaft und Gemeinschaft der Kommunikation angemessen, oder verfehlt sie nicht vielmehr zentrale Intentionen des amerikanischen Pragmatismus? Schließlich ist der Beziehung nachzugehen, die zwischen den jeweiligen Handlungs- und Interaktionsbegriffen und den Begriffen von Subjektivität und Intersubjektivität besteht. Wie wird das Verhältnis von individuellem und kollektivem Subjekt, von empirischer und allgemeiner Subjektivität aufgefaßt? Leitende Perspektive der skizzierten theoriegeschichtlichen Untersuchungen ist die Ansicht, daß im amerikanischen Pragmatismus der Zusammenhang von praktischem Handeln und Handeln in der Wissenschaft für die Begründung wissenschaftlicher Rationalität konstitutiv ist und ohne diesen Zusammenhang die pragmatistische Auffassung von der Symmetrie zwischen Subjektbezug und Objektivität der Wissenschaft nicht adäquat zu verstehen ist.

In einem zweiten Schritt sollen die pragmatistischen Konzepte der Handlung und der Intersubjektivität kontrastierend verglichen werden mit den entsprechenden Konzepten und deren systematischer Stellung in der Phänomenologie von Edmund Husserl und in der Philosophie der symbolischen Formen von Ernst Cassirer. Für Husserl, der noch einmal den groß angelegten Versuch einer Transzendentalphilosophie ohne 'semiotische Wende' unternimmt und den vom amerikanischen Pragmatismus von Anfang an kritisierten cartesianischen Zweifel und Begründungsfundamentalismus als positiven Ausgangspunkt der phänomenologischen Selbstreflexion wählt, werden die Gegenstände der Wissenschaft durchaus im Handeln konstituiert, aber in einem rein geistigen Handeln, das als 'aktive Genese' auf Ideales und nicht auf Reales abzielt und sich damit von der 'passiven Genese' der Anschauung unterscheidet, auf deren Boden Handeln als „Hervorbringen von realen Dingen oder Vorgängen“ zu bestimmen ist: „Reales, das im umweltlichen Kreis schon da ist, wird zweckentsprechend behandelt, umgeordnet oder umgestaltet“ (Husserl 1974, 149). Ideale Gegenstände und reale Ge-

genstände, Begriff und Anschauung, aktive und passive Genese, Lebenswelt und dem Ideal der Objektivität verpflichtete Wissenschaft stehen unmittelbar im Gegensatz zueinander. Verbunden sind diese Gegensätze im gemeinsamen Bezug auf die konstituierende transzendente Subjektivität und ihre phänomenologische Reflexion. Husserl tendiert dazu, die Reichweite der praktischen Fundierung und des konstruktiven Moments im lebensweltlichen Wissen zu unterschätzen; zugleich läßt er die Konstruktivität des wissenschaftlichen Handelns in der unmittelbaren Evidenz einer Einsicht in das Wesen und die logische Funktion idealer Gegenstände ihren definitiven Abschluß finden. Es besteht unseres Erachtens ein systematischer Zusammenhang zwischen dieser Begrenzung der Konstruktivität des Handelns und dem Subjektivitätskonzept von Husserl. Husserl sieht zwar, daß transzendente Subjektivität nicht ohne Rekurs auf Intersubjektivität zu begründen ist. Dieser Rekurs läßt aber die bewußtseinsphilosophische Prämisse unberührt, „daß alles, was für mich ist, seinen Seinssinn ausschließlich aus mir selbst, aus meiner Bewußtseinssphäre schöpfen kann“ (Husserl 1973a, 176). Da Husserl im Rahmen der Bewußtseinsphilosophie verbleibt und diesen Rahmen nicht durch eine Theorie des zeichenvermittelten Handelns überschreitet, bleibt für ihn die Pluralität der Subjekte ohne theoretische Verbindlichkeit.

Cassirer nimmt eine Zwischenstellung zwischen den Positionen des amerikanischen Pragmatismus und denen Husserls ein. Einerseits löst er sich durch die Hervorhebung der sinnlichen Vermittlung des Geistes im Symbol von den Fesseln der Bewußtseinsphilosophie; andererseits bleibt seine leitende Fragestellung durchaus transzendentalphilosophisch im Sinne einer unmittelbaren Anknüpfung an Kant. Indem Cassirer die Kantische Begründung mathematischer Erkenntnis in der Anschauung marginalisiert und das Problem vernachlässigt, deren Gegenständlichkeit konzeptionell angemessen zu fassen, verschärft sich gleichzeitig die Problematik des Subjektbezuges. Dies zeigt sich beispielsweise an der Aufgabe der Orientierung an dem Zusammenhang von Geltung und Genesis mathematischer Erkenntnis (vgl. Cassirer 1910, S. 123 f.).

Wie bei Husserl ist auch für Cassirer die praktische Fundierung von Geist und Objektivität zentral: „[D]as ‘Sein’ ist hier nirgends anders als im ‘Tun’ erfaßbar. ... Es ist eine Art des Sich-Verhaltens, es ist die Richtung, die sich der Geist auf ein gedachtes Objektives gibt, in welcher hier die letzte Gewähr eben dieser Objektivität selbst enthalten ist“ (Cassirer 1923 1, 11). Aber trotz der Hinwendung zu einer Zeichentheorie bleibt wie bei Husserl diese praktische Fundierung bezogen auf „eine reine Aktivität des Geistes“ (a.a.O. S. 21). Das Alltags Handeln kommt bei Cassirer eher noch weniger in den Blick als bei Husserl, der ihm in seinen späten Analysen zur Lebenswelt zunehmende Bedeutung einräumt. Die Symboltheorie wird nicht auf die zeichenvermittelte Handlung in ihrem sozialen Zusammenhang bezogen. Gesellschaftlichkeit des Handelns schreibt Cassirer auch den Tieren zu, während erst die Gesellschaftlichkeit der dem Handeln übergeordneten symbolischen Formen das Privileg menschlicher Vergesellschaftung ausmachen soll. Cassirer unterstellt die Einheit der Subjektivität als Grund der symbolischen Formen als mehr oder weniger selbstverständlich ge-

geben. Obwohl er mit seinem semiotischen Ansatz über ein geeigneteres Mittel für eine Theorie der Intersubjektivität verfügt als Husserl, ist daher das Problem der Intersubjektivität für ihn weit weniger bedeutsam als für Husserl.

In einem dritten Schritt soll es schließlich darum gehen, die Ergebnisse der theoriegeschichtlichen Untersuchungen auf die aktuellen Debatten um die Handlungstheorie zu beziehen (vgl. etwa Lenk 1977-1984; Habermas 1981; Wertsch 1991; Joas 1992a), soweit diese Theorien für die Frage nach dem praktischen Fundament wissenschaftlicher Erkenntnis relevant sind und einen subjekttheoretischen Zugang zur Ausarbeitung unserer Symmetriethese eröffnen.

3.4.5 Abduktion und Logik der Verallgemeinerung

Die These der Symmetrie von Subjektbezug und Gegenständlichkeit findet einen ausgezeichneten Anwendungsfall in bezug auf das Problem der Erkenntnisentwicklung, das unseres Erachtens sowohl für ein Verständnis des Lernens wie auch der Wissenschaftsdynamik grundlegend ist. Für Peirces Theorie der Erkenntnisentwicklung ist das Problem der Induktion, bzw. das, was Peirce den Prozeß abduktiven Schließens nennt, von zentraler Bedeutung. Durch Abduktion wird für eine überraschende Erfahrung eine Erklärung gefunden, so daß die Abduktion eine Bedingung für Verallgemeinerungsprozesse ist (vgl. Hoffmann 1996b). Peirce behauptet, daß es sich bei der Abduktion um einen „logischen“ Schluß handelt, so daß man von einer Logik der Verallgemeinerung sprechen kann. Die Klärung dieser Logik stellt ein zentrales Problem unserer weiteren Arbeit dar.

Ein grundsätzliches Problem, das eine Unterscheidung von Induktion und Abduktion notwendig macht, besteht darin, daß von einer Menge von Daten nie *per* Induktion eindeutig auf eine deren Beziehungen organisierende Struktur geschlossen werden kann, weil für jede Datenmenge beliebig viele Generalisierungen möglich sind. Die Bestimmung der *relevanten* Daten und ihrer Relationen ist nur vor dem Hintergrund globaler Kontextannahmen möglich, d.h., wenn man schon etwas strukturbildendes Allgemeines voraussetzt (vgl. Chomsky 1970, 121 ff.; Chomsky 1976, 179 ff.; Piattelli-Palmarini 1980, 260 f.; Pinker 1996, 104 ff., 176 ff., 467 ff.; Otte in print). Die lange diskutierte Frage einer möglichen Abgrenzung von Induktion und Abduktion (vgl. Fann 1970; Kapitan 1992) läßt sich dadurch beantworten, daß eben nur der abduktive Schluß ein Schluß auf etwas strukturierendes Allgemeines ist. Die Möglichkeit des abduktiven Schlusses könnte dann erklärt werden, wenn man ihn selbst kontextualisiert, d.h. ihn von vornherein im Spannungsfeld von Subjektbezug und Objektivität sieht.

Für eine solche Sichtweise ist es notwendig, die sowohl im Neukantianismus Cassirers wie in der Phänomenologie Husserls (und sogar im Wiener Kreis) vorgenommene scharfe Unterscheidung „zwischen dem psychologischen *Anfang* und dem logischen *Grund*“ mathematischer und wissenschaftlicher Erkenntnis (Cassirer 1910, 123) zu kritisieren, die dazu führt, daß Genese und Geltung (*context of discovery* und *context of justification*), psychologisches und allgemeines Subjekt, sowie empirischer und theoretischer Gegenstand dualistisch ein-

ander gegenübergestellt werden. Unsere Hypothese besteht darin, daß ein Schlüssel für die Überwindung dieser Dualismen im Zeichenbegriff und speziell in der Indexikalität von Erkenntnis liegt. Dies ist im Zusammenhang mit Peirces Konzept von Zufall und Wahrscheinlichkeit zu untersuchen.

Die Abduktion soll darüber hinaus im Hinblick auf das Problem des Lernens und des Erwerbs von Kompetenzen untersucht werden. Eine Hilfe soll dabei die Analyse realer mathematisch-wissenschaftlicher Erkenntnisprozesse bieten, die Auseinandersetzung mit Chomskys Spracherwerbtheorie und dessen These vom „grammatischen Instinkt“ (vgl. Wirth 1993), mit der Entwicklungstheorie und genetischen Epistemologie von Piaget (vgl. Beth 1966, Piaget 1970; Piaget 1973a; Piaget 1975a; Piaget 1975b; Piaget 1973b; Piattelli-Palmarini 1980) und mit tätigkeitstheoretisch orientierten Lerntheorien (Engeström 1987; Fichtner 1996). Berührungspunkte ergeben sich hinsichtlich der Rolle der Abduktion bei der Entwicklung von Expertensystemen im Bereich der KI-Forschung (vgl. Josephson 1994), bei der Konstitution sozialer Objekte (vgl. Grathoff 1995 (1989) und bei der sozialwissenschaftlichen Theoriebildung (vgl. Oevermann 1991, Wirth 1995).

Die Abduktion steht in engem Zusammenhang mit dem, was Peirce *hypostatische Abstraktion* genannt hat. In der hypostatischen Abstraktion werden Mittel der Erkenntnis selbst zum „Gegenstand“ von Erkenntnis. Durch solche hypostasierende Abstraktion können Erkenntnismittel zum Ausgangspunkt weiterer Verallgemeinerungen werden. Das sonst „verachtete Jonglieren mit Abstraktion“ hat Peirce als einen essentiellen „Bestandteil fast jeden wirklich hilfreichen Schrittes in der Mathematik“ begriffen (Peirce NEM IV, 160 f.), insofern mit der abduktiven Einführung idealer Gegenstände, z.B. mathematischer Symbole, welche ein Problem erklären oder deren Handhabung erlauben, und deren „Hypostasierung“ *Verallgemeinerungen* möglich werden. Die unendliche Rekursivität des Abstraktionsprozesses, die als Wechselspiel von Abduktion und hypostatischer Abstraktion beschrieben werden kann, bezeichnet Bochner als besonderes Merkmal der Mathematik der Moderne (vgl. Bochner 1966, 18). Zu klären ist in diesem Zusammenhang vor allem, welche ontologischen Implikationen mit dem Begriff der hypostatischen Abstraktion verbunden sind, und wie hier die Peircesche Unterscheidung von „Realität“ und „Existenz“ zu verstehen und zu gebrauchen wäre.

3.4.6 Implizites Wissen

Für die Kritik objektivistischer Wissenschaftsauffassungen wird das Problem des impliziten Wissens von großer Bedeutung. René Thom hat im Rahmen kognitionstheoretischer Überlegungen auf die Relevanz des impliziten Wissens bei der Aneignung und Entwicklung des mathematischen Denkens hingewiesen. Nicht nur setzt die Explikation mathematischer Strukturen eine praktische Vertrautheit mit ihnen voraus,

„... die Reabsorption des Expliziten im Impliziten ist weder weniger wichtig noch weniger notwendig: dieser zweite Schritt läuft darauf hinaus, Äquivalenzklassen, die abstrakt gewonnen wurden durch die vorangehende Explizitmachung, als ‘existierend’, als legitime Objekte anzusehen und global zu behandeln“ (Thom 1973, 255).

Damit spricht Thom die Unverzichtbarkeit dessen an, was Peirce als „hypostatische Abstraktion“ bezeichnet hat.

In einem vielbeachteten Buch zum Problem des impliziten Wissens hat Michael Polanyi die Aufgabenstellung einer Theorie dieses Wissens wie folgt bestimmt: „Die Schwierigkeit liegt darin, eine tragfähige Alternative zum Ideal der Objektivität zu finden. Dies ist in der Tat die Aufgabe, auf die uns die Theorie des impliziten Wissens vorbereiten sollte“ (Polanyi 1985, 31). Aus dem Kontext dieses Zitats geht eindeutig hervor, daß es keineswegs Polanyis Absicht ist, den Objektivitätsanspruch wissenschaftlicher Erkenntnis zurückzunehmen. Ihm wird vielmehr die Kritik positivistischer Auffassungen dieses Objektivitätsanspruchs zum Anliegen, die im wissenschaftlichen Wissen von allen subjektiven Momenten meinen absehen zu können. Seine Position konvergiert mit unserer Symmetriethese: „Denken braucht, um lebendig zu sein, eine Grundlage, die wir akzeptieren im Dienst einer Realität, der wir uns unterwerfen“ (a.a.O. 11). Die Bedeutsamkeit des impliziten Wissens resultiert daraus, daß wir niemals alle Voraussetzungen unserer Urteile, alle Grundlagen unserer Erkenntnisse, alle Aspekte unserer Erkenntnisgegenstände explizit machen können. Denn Explikation verlangt schließlich die Fixierung und Formalisierung des zu Explizierenden.

Unseres Erachtens liegt im amerikanischen Pragmatismus eine erste ausgearbeitete Konzeption des impliziten Wissens vor. Das ergibt sich aus seiner Abwendung von der Bewußtseinsphilosophie, sowie der Schlüsselrolle von Zeichen und Handlung für seine Wissenschaftsauffassung. Schon bei Peirce findet sich eine relativ ausgearbeitete Konzeption des impliziten Wissens. Kants Einsicht in die Unmöglichkeit des Leibnizschen Rationalismus ist von Peirce (und anderen, etwa H. Hertz und D. Hilbert) als die Unmöglichkeit der vollständigen Beschreibung irgendeines Objektes gedeutet worden, oder, um es mit den Worten von Hertz wiederzugeben, als die Unmöglichkeit, „das Wesen irgendeines Dinges durch unsere Vorstellungen, durch unsere Worte erschöpfend wiederzugeben“ (Hertz 1963 [1894]).

Bedeutungen sind nicht nur untrennbar mit Zeichen verbunden, sondern auch nur im Zusammenhang mit ‘*habits*’, mit Verhaltensgewohnheiten und deren Änderung angemessen zu verstehen. „Thought is more without us than within. It is we that are in it, rather than it in any of us“ (Peirce, CP 8.256). Der bewußte, sich selbst kontrollierende Geist ist im ‘instinktiven Geist’ verankert, dessen Prämissen so selbstverständlich erscheinen, daß der Begriff des Glaubens (*faith*) für sie unangemessen erscheint, „weil das die Denkbarkeit des Mißtrauens involviert“ (Peirce VP 212). Der Sinn des bewußten Wissens basiert auf dem impliziten Wissen und kehrt zu ihm zurück, sowohl wenn es um die Generierung neuer Ideen zur Lösung von Problemen geht – Abduktion und ‘Instinkt’ verweisen bei Peirce aufeinander – als auch wenn die Lösung eines Problems zu ihrem relativen Abschluß kommt. Die Dialektik von Unbewußtem und Bewußtsein, von implizitem und explizitem Wissen tritt an die Stelle des Postulats eines in der reflexiven Beziehung auf sich selbst vollkommen durchsichtigen Bewußtseins, das als Ausgangs- oder möglicher Endpunkt einer Subjektphilosophie dienen soll.

Diese Konzeption einer Dialektik von impliziten und explizitem Wissen bleibt auch nach Peirce ein zentraler Bezugspunkt des pragmatistischen Denkens. Auf sie fällt allerdings durch die unter 3.4.4 angesprochenen handlungstheoretische Innovationen ein neues Licht. Als zentrales Problem kristallisiert sich dabei das Verhältnis von *'habit'* und Handlung heraus. Tendiert der späte Peirce dazu, *'habit'* als allgemeine Handlungsregel zu fassen, so stellt sich im Anschluß an diese Innovationen die Frage nach der prinzipiellen Differenz von praktisch regelhaftem Handeln und wissenschaftlicher Rekonstruktion einer Handlungsregel, die von anderen Prämissen aus auch Wittgenstein aufgeworfen hat (vgl. Kripke 1987) und die für das Verständnis des wissenschaftlichen bzw. wissenschaftlich angeleiteten Handelns selbst von großer Bedeutung ist. Auch ein Handeln, das in hohem Maße der Selbstkontrolle unterliegt, basiert auf jenem „stillen und praktischen Denken, das zu jeder vernünftigen Praxis gehört“ (Bourdieu 1987, 69).

Für einen kontrastierenden Vergleich bietet sich vor allem die Auffassung des impliziten Wissens in der Phänomenologie an. Kaum eine Philosophie der Wissenschaften hat mit solchem Nachdruck die Relevanz des Impliziten nicht nur im Alltagswissen, sondern auch im wissenschaftlichen Wissen hervorgehoben und demonstriert wie die Phänomenologie. Ihre Paradoxie ist es dabei freilich, daß sie, indem sie diesen Nachweis führt, eine vollständige Explikation alles Wissens anstrebt. Die wertvollen Einsichten, die sich dieser Paradoxie verdanken, wären einer Theorie des impliziten Wissens einzugliedern. Der kontrastierende Vergleich führt zurück zur Frage nach dem neuen Konzept von Selbstreflexion, das im Pragmatismus angelegt ist, und nach dem Stellenwert, der dem pragmatistischen bzw. dem phänomenologischen Konzept der Selbstreflexion heute in Wissenschaft und Philosophie zukommt.

3.4.7 Kontextualisierung der wissenschaftlichen Rationalität

Wenn der Subjektbezug der wissenschaftlichen Verallgemeinerung historisiert wird, dann konfrontiert der Universalitätsanspruch der wissenschaftlichen Vernunft die philosophische Reflexion mit der Frage nach der Beziehung von wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Wissensformen. Und diese Frage kann nicht mehr im Sinne einer einfachen Gegenüberstellung von wahren und scheinbarem Wissen, von *episteme* und *doxa* beantwortet werden. Nichtwissenschaftliche Wissensformen erscheinen vielmehr als Voraussetzungen des wissenschaftlichen Wissens und umgekehrt (vgl. Fleck 1935). An die Stelle einer einfachen Hierarchie, in der die Wissenschaft den obersten Platz besetzt, tritt ein Verhältnis wechselseitiger Ergänzung und Beeinflussung. Und je mehr die Wissenschaft über Bildungsprozesse und Anwendungen in die Bereiche der nichtwissenschaftlichen Wissensformen übergreift, um so mehr wird auch die Frage unabweisbar, ob und wie sich wissenschaftliche und nichtwissenschaftliche Wissensformen durchdringen und gegenseitig bereichern können und die Wissenschaft in der Wirklichkeit selbst objektivierte Gestalt gewinnt.

Diese Problemkonstellation teilen der amerikanische Pragmatismus, die Phänomenologie und die Philosophie der symbolischen Formen. Ihnen ist darüber hinaus aber auch eine doppelte Frontstellung im Umgang mit dieser Problemkonstellation gemeinsam. Einerseits richten sie sich gegen die irrationalistischen Tendenzen, die sich nicht zuletzt unter Berufung auf diese Problemkonstellation in der Philosophie am Ausgang des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts herausbilden, und verteidigen den Erkenntniswert und die kulturelle Bedeutung der Wissenschaften. Gemeinsam ist ihnen das Bestreben, durch eine Neubegründung wissenschaftlicher Rationalität die Schranken der überlieferten Form des Rationalismus zu überwinden. Auch in der Bestimmung dieser Schranken besteht zwischen ihnen weitgehende Konvergenz: Dem historischen Rationalismus gelang es nicht, die Vernunft mit der Erfahrung und der Kontextgebundenheit der Erkenntnissubjekte zu vermitteln. Das ist nun ein Ziel der genannten philosophischen Strömungen: Ihnen geht es nicht um den Abschied vom Rationalismus, sondern um seine kritische Rekonstruktion.

Andererseits sehen sie es als unumgänglich an, daß sich die Philosophie der Wissenschaften den Herausforderungen dieser Problemkonstellation stellt und sich nicht im Vertrauen auf die Evidenz des Erkenntnisvermögens und die Selbstbezüglichkeit der Wissenschaften auf eine Wissenschaftsauffassung zurückzieht, die von den subjektiven Vermittlungen des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses gänzlich abzusehen versucht. Sie teilen den „Sinn für das *Leben* und für das *Handeln*“, den Durkheim in seinen ‘Vorlesungen zum Pragmatismus’ bei aller – in vielen Punkten mißverstehenden – Kritik heraushebt und den er auch für die von ihm konzipierte Soziologie reklamiert (Durkheim 1987, 11). Für alle diese philosophischen Ansätze geht, um es mit Cassirer zu sagen, die „Kritik der Vernunft“ in eine „Kritik der Kultur“ über (Cassirer 1923, 11).

Diese Wende in der Begründung wissenschaftlicher Rationalität soll im Hinblick auf unsere Symmetriethese überprüft werden. Welche Bedeutung hat der Zusammenhang von Wissenschaft und ‘common sense’ im amerikanischen Pragmatismus, von Wissenschaft und ‘Lebenswelt’ in der Phänomenologie, von Wissenschaft als symbolischer Form und anderen symbolischen Formen bei Cassirer für den Subjektbezug wissenschaftlicher Verallgemeinerung und wie stellt er sich in Hinsicht auf die Frage nach der Konstitution wissenschaftlicher Objektivität dar? Welche Konsequenzen hat dieser Zusammenhang für die jeweiligen Auffassungen von der Mathematik und ihren Gegenständen? Wie ist in diesem Zusammenhang Deweys Charakterisierung der Mathematik als eines Mediums der „transformability“ von Standpunkten in einer nicht-formalistischen Weise zu interpretieren (vgl. Dewey 1966 [1938], Kap. 20)? Für den Pragmatismus, die Phänomenologie und die Philosophie der symbolischen Formen stellt die Mathematik u.a. auch deshalb eine große Herausforderung des Denkens dar, weil sie einerseits für den Kontrast von wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Wissensformen exemplarisch und konstitutiv ist und weil Mathematisierung andererseits tief im Alltagsleben verankert ist und in es eingreift.

3.5 Quellenforschung: Bericht und Begründung der Notwendigkeit für eine Fortsetzung

Peirce konnte zu Lebzeiten allein eine relativ geringe Anzahl von Zeitschriftenartikeln publizieren, und die von 1931 bis 1958 veröffentlichten *Collected Papers of Charles Sanders Peirce* (CP) bieten nur einen relativ kleinen Teil der auf annähernd achtzigtausend Seiten Umfang geschätzten derzeit bekannten, bislang unveröffentlichten Manuskripte (vgl. W 1, XI). Die seit 1982 vom *Peirce Edition Project* in Indianapolis herausgegebenen *Writings of Charles S. Peirce* (W), die in dreißig geplanten Bänden auch nur die „wichtigsten“ Texte zugänglich machen sollen, umfassen bislang nur fünf Bände. Da die Kollegen am *Peirce Edition Projekt* derzeit mit einer erheblichen Einschränkung ihrer finanziellen Mittel zu kämpfen haben, ist mit einer Verlangsamung ihrer Editionstätigkeit zu rechnen, und da es sich um eine chronologische Edition handelt, werden die für unser Projekt vor allem interessanten Texte aus der Zeit von etwa 1895 bis zu Peirces Tod für uns auf diese Weise auf längere Zeit nicht zugänglich sein.

Auf der anderen Seite haben wir das Problem, daß sowohl die von Peirce veröffentlichten Schriften wie auch insbesondere die nicht veröffentlichten Texte einen grundsätzlich fragmentarischen Charakter haben: Die Peircesche Theorienentwicklung, die sich aus einer lebenslangen gründlichen Beschäftigung mit fast allen Wissenschaftszweigen und dem äußerst fruchtbaren „In-Beziehung-Setzen“ von deren Ergebnissen und Problemsichten speist, zeigt ein enormes Tempo und erschwert jeden Versuch, einen angemessenen Überblick zu gewinnen. Peirce war ständig bemüht, seine Grundbegriffe vor jedem ihm jeweils wichtig erscheinenden Hintergrund immer wieder neu in möglichst prägnanter Form zu definieren. Das Problem der Texte von Peirce besteht darin, daß wir es erstens auf diese Weise mit einer Vielzahl von divergierenden Definitionen der wichtigsten Begriffe zu tun haben und zweitens darin, daß aufgrund der engen Verflechtung aller von Peirce behandelten Fragestellungen nahezu in jedem Text eine Vielzahl unterschiedlicher Zusammenhänge hergestellt wird.

Für die Erforschung der für uns relevanten Themengebiete bedeutet dies, daß wir uns jeweils einen Überblick über *alle* seine Äußerungen zu jeweils speziellen Begriffen und Fragen in den verschiedenen Kontexten und Phasen seiner denkerischen Entwicklung verschaffen müssen. Da erstens die in den Gesamtausgaben verfügbaren Indizes zu ungenau sind – sie erlauben insbesondere keine Kombination von Suchbegriffen – und da sich zweitens im derzeit laufenden Projekt gezeigt hat, daß sich teilweise aus den unveröffentlichten Manuskripten entscheidende Präzisierungsmöglichkeiten und auch ganz unerwartete und neue Sichtweisen ergeben, sehen wir zur Fortsetzung unseres Projektes die Notwendigkeit, die Arbeit an den Quellen in zwei Hinsichten zu intensivieren: Wir müssen erstens noch wesentlich mehr Manuskripte transkribieren und zweitens noch mehr Texte – sowohl die zu transkribierenden wie auch die bereits veröffentlichten – in elektronischer Form zugänglich machen.

Bisher haben wir in dieser Hinsicht folgendes unternommen:

- Aus Mitteln der DFG konnte eine CD-ROM-Version der *Collected Papers* angeschafft werden. Die Arbeit mit diesem hervorragenden Arbeitsinstrument hat die oben angeführten Überlegungen zur Problematik der Peirceschen Texte vollständig bestätigt.
- Aus Mitteln der Universität Bielefeld konnte für etwa DM 1.000,- die von der Houghton Library, Harvard University, Cambridge, Mass. erstellte Mikrofilm-Edition der *Charles S. Peirce Papers* angeschafft werden. Hierbei handelt es sich um die Verfilmung der in Harvard lagernden Manuskripte von Peirce, fast ausschließlich handschriftliche Aufzeichnungen. Die Filmqualität läßt stark zu wünschen übrig, die Handschrift von Peirce ist von einem geübten Auge meist leicht lesbar.
- Aus Personalmitteln der Universität konnten wir bislang ca. 350 Manuskriptseiten kopieren, und davon Transkriptionen im Umfang von etwa 80 Schreibmaschinenseiten erstellen. Diese Texte liegen in Form von Textverarbeitungsdateien vor.
- Aus Personalmitteln der Universität konnten die fünf bislang erschienen Bände der *Writings of Charles S. Peirce*, die 1992 publizierten *Cambridge Conferences Lectures of 1898* und der vollständige *Annotated Catalogue of the Papers of Charles S. Peirce* von Richard S. Robin, der allein den Zugang zu den Manuskripten ermöglicht, eingescannt und datentechnisch erfaßt werden.
- Aus Mitteln der Universität konnte ein hochwertiges Suchprogramm angeschafft werden, mit dem die so entstandenen Textdateien zu verwalten sind.

Die aus diesen Arbeiten gewonnenen Erfahrungen zeigen, daß es nicht ausreicht, die Manuskripte aus der Mikrofilm-Edition zu kopieren und zu transkribieren. Nötig ist darüber hinaus, daß die Texte mit Sachverstand ediert werden. Die Nachbearbeitung der transkribierten Texte hat sich – neben der zum Teil sehr schlechten Lesbarkeit – insbesondere wegen der z.T. eigenwilligen Terminologie von Peirce sowie seiner Verwendung von griechischen, lateinischen und französischen Worten und Zitaten als relativ aufwendig erwiesen. Um diese Aufgabe bewältigen zu können und zur Fortsetzung der oben geschilderten Arbeiten beantragen wir Mittel für studentische oder wissenschaftliche Hilfskräfte.

Wir bitten dabei zu bedenken, daß nicht nur unser Projekt von diesen Arbeiten einen erheblichen Nutzen zu erwarten hat, sondern auch die internationale Peirce-Forschung. Bei unserer für den Sommer 1997 geplanten Reise nach Indianapolis/USA zu den Kollegen des *Peirce Edition Projektes* wollen wir Möglichkeiten der Zusammenarbeit eruieren. Die Notwendigkeit dazu ergibt sich vor allem daraus, daß wir Hilfen zur chronologischen Einordnung der in unserem Arbeitskontext wichtigen Manuskripte benötigen.

4. *Kurzdarstellung der aus dem bisherigen Projekt hervorgegangenen Publikationen*

4.1 **Veröffentlichungen von Michael Otte**

- 4.1.1 La philosophie des mathématiques de Charles S. Peirce (1839-1914). In *Les Savants et l'Épistémologie vers la Fin du XIX^e Siècle*, edited by Panza/Pont. Paris 1995: Bibliothèque Scientifique Albert Blanchard.

Der Essay beschäftigt sich mit Peirces Leben und mit den Verbindungen seiner Philosophie zu Descartes, Kant und zu Schillers „Briefen über die ästhetische Erziehung des Menschen“.

- 4.1.2 Mathematik und Verallgemeinerung, Occasional Paper 158, Oktober 1995: Arbeiten aus dem Institut für Didaktik der Mathematik der Universität Bielefeld, 58 S.

Zu verallgemeinern ist das Ziel der Mathematik. Den Zwang zur Verallgemeinerung ersieht man schon daraus, daß in der Mathematik oft ein allgemeineres Problem leichter zu behandeln ist als ein spezieller Fall desselben.

Das Ziel dieses Artikel besteht darin, Argumente für die These der Unteilbarkeit von Verallgemeinerungsprozessen, wie ich den Sachverhalt bezeichnen möchte, vorzulegen. Die These besagt, daß Verallgemeinerung äquivok als Verbreitung bestimmter Konzepte und Vorstellungen unter den verschiedenen Subjekten wie auch als Ausdehnung derselben auf neue Gegenstandsbereiche zu verstehen ist. Verallgemeinerung hat immer zwei Komponenten, die in einem komplementären Verhältnis zueinander stehen.

- 4.1.3 Kuhn Revisited. In *History of Mathematics and Education: Ideas and Experiences*, edited by Jahnke/Knoche/Otte. Göttingen 1996: Vandenhoeck & Ruprecht. S. 213-239

Four concepts essentially determine the architecture of Kuhn's Essay *The Structure of Scientific Revolutions*: Paradigm, Normal Science, Crisis, Scientific Revolution. Kuhn's fundamental concepts may be grouped into two complexes. On one side, we have paradigms and normal science, on the other crises and revolutions. The tension between these two conceptual complexes has been observed early. Scheffler, for instance, claimed that they are cognitively incompatible or incongruous with one another. I think that Scheffler did not sufficiently take into account the active and instrumental character of scientific cognition. Nobody is able to get cognitively involved with more than one theoretical perspective at a time and still maintain the promise of successful application. It may take a whole individual life to work out the consequences of a particular perspective. If we take this into account and consider the matter strictly within a context of communication, what has been outlined in Scheffler's critique becomes more interesting, in particular now that the interrelationship between science and society has attained new dimensions with the influence of complex scientific technologies on all walks of life (society as a laboratory). It may be too late when the consequences of a large scale „experiment“, of the implementation of a radically new, research based innovation become finally tangible.

Kuhn's work is considered to have achieved a revolution both in the philosophy and in the historiography of science; a self-evident result of this is that his story has to be told twice. First, more or less immanently, so-to-say as a treatise in the history of epistemology or philosophy of science which is designed on grounds of certain hypotheses about the evolution of modern western rationality. Second, however, the changes in philosophy of science and historiography of science introduced by Kuhn can also be seen as a case of self-application of the message of his own essay. One could then ask: what genuinely singular historical context has produced the revolution in the views on science, which Kuhn's book puts forward? Processes of change in the conceptions of science, as they emerged after World War II, are responsible.

- 4.1.4 Analysis and Synthesis in Mathematics from the Perspective of Charles S. Peirce's Philosophy. In *Analysis and Synthesis in Mathematics. History and Philosophy*, edited by Otte/Panza. Boston Studies in the Philosophy of Science. Dordrecht, Boston, London 1997: Kluwer.

This paper is particularly concerned with Peirce's conception of mathematics. Taking into account that there exists a great deal of scholarly insight into his philosophy of science, one is surprised to notice how indefinite, uneven and varied opinions are regarding Peirce's conception of mathematics. Peirce has declared mathematics to be paradigmatic for philosophy (Peirce CP 7.80) which leads us to investigate the relationship of Peirce's epistemology to classical German philosophy, to the conceptions of Leibniz, Hegel and above all of Kant. Kantian thought is not only crucial for Peirce's early period but is indispensable to any understanding of Peirce's philosophy and his conception of mathematics. As, however, the architecture of Kant's *Kritik* rests exclusively on the idea of the *A-priori*, and as Peirce, on the other hand, does not share Kantian Aprioricism, a number of ideas, change in meaning and acquire new roles. For instance, Time is such, says Kant, „that every part of it has similar parts,—a proposition very different from merely saying that Time is infinitely divisible, though Kant himself did not perceive the distinction“ (Peirce CP 8.114). However, because of his Aprioricism, Kant had no need for that distinction. For Peirce, on the contrary, it was of crucial importance. Continuity, or similarity of parts, making Time (as well as space) an individual whole, was absolutely essential, because continuity in this manner serves to introduce a new type of metaphysics, the universe being conceived of as a system of interrelated systems rather than as a set of isolated things. The *A priori* is nothing but that which is universally valid and „whatever is universally true is involved in the conditions of experience“ (2.690). In contrast to his predecessors, Kant considered these general conditions to be subjective rather than objective. „It was the essence of his philosophy to regard ... the reality as the normal product of mental action, and not as the incognizable cause of it“ (8.15). Peirce now claims that his new philosophy of Synechism (Synechism is a regulative principle of logic based on the idea of continuity) allows these general conditions or the *A priori* to be understood as being both subjective and objective by relating them to an evolutionary process which is at the same time constrained and yet not absolutely determined.

4.1.5 Mathematics as an Activity and the Analytic-Synthetic Distinction. In *Analysis and Synthesis in Mathematics. History and Philosophy*, edited by Otte/Panza. Dordrecht, Boston, London 1997: Kluwer. (zusammen mit Marco Panza)

Frequently, in modern discussions in philosophy of sciences, science – that is the object of the discussion – is intended as a class of (scientific) theories and a (scientific) theory is conceived as a linguistic system, or even as a class of propositions. Moreover, scientific theories (in this sense) are intended either as purely „intensional theories“ or as purely „extensional theories“.

We have to conclude, as is shown in the paper, that, both from the point of view of an intensional theory and from the point of view of an extensional theory, a logical distinction between analytical and synthetical judgements, founded on the criterion of the *Introduction* of the first *Critique*, makes no real sense.

The situation changes radically if a theory is considered in the context of its genesis or application, or, in other words, if the notion of theory is transformed to incorporate activities that represent the epistemic subject-object relation.

4.1.6 Mathematik und Verallgemeinerung – Peirces semiotisch-pragmatische Sicht. *Philosophia naturalis* 1997. 39 S.

Peirce behandelt die Begriffe Bedeutung, (Natur)Gesetz, Kontinuum – und einige weitere, wie z.B. Repräsentation oder Geist – als Synonyme. Damit eignet ihnen allen jene quasi paradoxe Beschaffenheit, die am Beispiel des Kontinuumsbegriff immer schon diskutiert worden ist und die neuerdings auch in anderen Kontexten, etwa der Systemtheorie angesprochen wird.

Die Bedeutung eines Zeichens beispielsweise ist sicher nicht von seiner Anwendung zu trennen – das verlangt bereits die Peircesche Pragmatische Maxime. Sie ist andererseits aber ebenso wenig mit einer einzelnen Anwendung oder irgendeiner wohlbestimmten Menge von Anwendungen zu identifizieren, sondern beruht eher auf den allgemeinen Bedingungen möglicher Anwendungen.

Der Zeichenbegriff und der Begriff des Kontinuums sind die beiden Säulen, auf welchen Peirces phänomenologische Epistemologie ruht. Sie soll einmal durch Bezug zur Geschichte der Mathematik und zum anderen im Vergleich zu anderen phänomenologischen Positionen in der sogenannten Grundlagenkrise der Mathematik verdeutlicht werden. Die Bedeutsamkeit der Mathematik ergibt sich aus der Tatsache, daß in der Mathematik die genannten beiden Säulen am tiefgreifendsten zusammentreffen.

4.1.7 Mathematics, Semiotics and Growth of Social Knowledge. *For the Learning of Mathematics* 1997. 18 S.

Any epistemology, any methodology and any learning theory as well, is based on a metaphysics, on an idea of what makes up the world and what brings about the things which exist in the world. In his 1898 Cambridge lecture on the logic of continuity Peirce said, for instance: „Every attempt to understand anything – every research – supposes, or at least hopes, that the very objects of study themselves are subject to a logic more or less identical with that which we employ“ (Peirce CP 6.189). And vice versa any logic or methodology is to be grounded in some subject matter. The prevailing epistemology and methodology considers, in contrast to the above, method to be independent of subject matter. It gained its plausibility from Newton’s great achievement, making mechanics the basic science, and it conceives of the world in terms of particles in motion. It also introduced a distinction between the things themselves and the manner how they come about or how they come to be known. On the pages to follow I shall try to outline some consequences of these different views with respect to mathematics.

4.1.8 Meaning. In *Meaning and Communication in Mathematics Education*, edited by Hoyles/Kilpatrick/Skovmose. 1997

Meaning is a notion whose multiplicity of interpretation is so great as to escape any attempt of a definition, completely defying unbiased summary. We have therefore to accept our own, necessarily one-sided and incomplete perspective on this term. In the following we shall conceive of meanings in analogy to ideas or concepts, whose mode of being consists in that they are universals and at the same time mere collections of concrete instances of actions or applications. This rather strange structure is wellknown from the problems of set theory, where it has always been a matter of controversy whether a set is to be understood as an entity in its own right – ‘collection-as-one’ – or has to be reduced in its claims to reality to its elements – ‘collection-as-many’. This ambiguous situation points to the importance of assuming an evolutionary perspective on the matter. Stated in Peircean terminology one might say that meaning is linked to change of habit or of habitual behavior.

4.1.9 Peirce’s Relation to Romantic Naturphilosophie. Colloque: Sciences et Savants de l’Epoque Romantique, Nantes 13.-15. 10. 1994. Im Druck.

After some preliminary terminological clarification with respect to fundamental terms of Peirce’s epistemology the paper presents a case study comparing Peirce’s attitudes with that of some German scholars of the early 19th century. In particular the paper refers to the works of Hermann Grassmann (1809-1877) and Robert Mayer (1814-1878), who were strongly influenced by Romantic Naturphilosophie and who did original work in mathematics and in post-Newtonian physics, in the new areas of electrodynamics and thermodynamics. Both, Grassmann as well as Mayer considered a fundamental complementarity of force or energy and matter as constitutive for the world and they contrasted their ontological views occasionally with the prevailing attitude, which certainly was dominated by French science. Grassmann for instance stresses the ontological importance of force „in contrast to the French“, as he says, who reduce it to cause and effect, i.e. to mathematical functions. Both assume that the existence of the world depends on its inherent dynamism and that the aforementioned complementarity expresses just this.

4.1.10 Kant, Piaget and Peirce. Vortrag in Genf anlässlich Piaget’s 100. Geburtstag. Erscheint voraussichtlich 1997 in: *Science & Education*. 26 S.

Kant resolved the schism between the continuous and the distinct in a subjectivist manner. He assumes that all our knowledge-extending cognitions are synthetic. This synthesis does not lie in the matter of experience but springs from the function of cognizant consciousness which becomes aware of itself. The synthetic unity of consciousness is an objective condition of all knowledge, based on the structure of the transcendental subject.

Piaget adhered to a Kantianism where „the categories are not there at the outset“. He conceives the subject’s structure as the source of the apprehension of the world and believes in a Kantianism which emphasizes man’s active being and potential for unlimited self-development.

Kantian thought is also central to Peirce’s philosophy and conception of mathematics. Peirce’s and Piaget’s origins in Kantianism is exhibited when both try to replace the Aristotelian notion of abstraction and generalization by something more suitable for mathematical epistemology. Peirce proposes that „hypostatic abstraction“ is the chief explanation for the power of mathematical reasoning and explains: „This operation is performed when something, that one has thought about any subject, is itself made a subject of thought.“

4.2 Veröffentlichungen von Michael Hoffmann

- 4.2.1 Das Problem der Zukunft im Rahmen holistischer Ethiken. Im Ausgang von Platon und Peirce, in: Hans Werner Ingensiep, Richard Hoppe-Sailer (Hrsg.), *NaturStücke. Zur Kulturgeschichte der Natur*: 17-41; Ostfildern 1996; edition tertium

Ziel des Aufsatzes ist es, einige erkenntnistheoretische Probleme zu diskutieren, die sich ergeben, wenn nach den Möglichkeiten ethisch vertretbaren Handelns in Situationen gefragt wird, in denen Urteile über zukünftige und damit nicht genau bestimmbar Entwicklungen erforderlich sind. In einem ersten Schritt wird diese Problemstellung zunächst genauer entfaltet und der Begriff einer „Zukunfts-ethik“ bestimmt. Sodann wird eine Möglichkeit der Auseinandersetzung mit dem Problem der Unabsehbarkeit zukünftiger Entwicklungen anhand der Ethiken von Platon und Charles S. Peirce versucht, wobei zwei Fragen im Vordergrund stehen: die Frage nach der Rationalität von Handlungen und der Erkennbarkeit handlungsleitender Ziele, die anhand von Platons Forderung einer Orientierung des Handelns an der vernünftigen Ordnung des Weltganzen thematisiert wird, und die Frage nach den Möglichkeiten eines ethisch verantwortbaren Umgangs mit Hypothesen, die anhand der Peirceschen Konzeption eines zugleich realen und hypothetischen *summum bonum* diskutiert wird.

- 4.2.2 Eine semiotische Modellierung von Verallgemeinerungsprozessen; in: Christoph Hubig, Hans Poser (Hg.), *Cognitio humana – Dynamik des Wissens und der Werte*. XVII. Deutscher Kongreß für Philosophie Leipzig 1996, Workshop-Beiträge Band 1: 560-567

Kognitive Prozesse haben es offenbar erstens mit der *Bezugnahme* handelnder Subjekte auf irgendwelche Gegenstände zu tun – seien sie konkret oder abstrakt – und zweitens mit der *Repräsentation von Bedeutung*. Dabei scheint – dies zumindest ist der Kern des von Charles S. Peirce entwickelten Zeichenbegriffes – jede Bezugnahme auf etwas und jede Repräsentation von Bedeutung immer durch etwas „Allgemeines“ vermittelt zu sein: Vorstellungen, Ideen, Begriffe, Theorien, Schemata oder Gesetzmäßigkeiten. Die Möglichkeit der Entwicklung solcher allgemeiner Elemente wird hier unter dem Begriff des „Verallgemeinerungsprozesses“ untersucht.

- 4.2.3 Eine semiotische Modellierung von Lernprozessen. Peirce und das Wechselverhältnis von Abduktion und Vergegenständlichung, Occasional Paper 160: Arbeiten aus dem Institut für Didaktik der Mathematik der Universität Bielefeld, 51 S.

Die ersten drei Abschnitte bemühen sich zunächst um die Grundlagen von Verallgemeinerungsprozessen: Erstens soll die Peircesche These geklärt werden, daß jeder Bezug auf Gegenstände der Vermittlung durch etwas Allgemeines bedarf und insofern von einer dreistelligen Relation des Erkennens auszugehen ist, wie Peirce sie mit seinem „triadischen“ Zeichenbegriff beschreibt; durch eine knappe Vorstellung dieses Zeichenbegriffes wird die semiotische Grundlage für das dann Folgende entwickelt. Zweitens wird der Begriff der Abduktion und drittens der der Vergegenständlichung diskutiert. Nach der Bereitstellung dieser Grundlagen wird der Prozeß des Verallgemeinerns und Lernens selbst thematisiert: als Wechselverhältnis von Abduktion (Hypothesenbildung) und Vergegenständlichung.

4.3 Gemeinsame Veröffentlichungen

- 4.3.1 Otte, Michael / Hoffmann, Michael / Wolff, Michael. 1994. Die Philosophie der Mathematik bei Charles S. Peirce im Kontext seines „evolutionären Realismus“. Zum Peirceschen Kontinuitätsprinzip (überarbeiteter DFG-Projektantrag), Occasional Paper 155, Juli 1994: Arbeiten aus dem Institut für Didaktik der Mathematik der Universität Bielefeld.
- 4.3.2 Hoffmann, Michael / Otte, Michael; 1994; Die Philosophie der Mathematik bei Charles S. Peirce im Kontext seines „evolutionären Realismus“. Eine Untersuchung zum Peirceschen Kontinuitätsprinzip (Forschungsbericht); in: DIALEKTIK. Enzyklopädische Zeitschrift für Philosophie und Wissenschaften 1994/3: 181-186

- 4.3.3 Otte, Michael / Hoffmann, Michael. 1996. Warum ist Mathematik allgemeinbildend? *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* 62: 35-39.

5. Literaturverzeichnis

- Alexander, Thomas M. 1987. *John Dewey's Theory of Art, Experience, and Nature. The Horizons of Feeling*. Albany, NY: State Univ. of New York Pr.
- Apel, Karl-Otto. 1973a. Szientismus oder transzendente Hermeneutik? Zur Frage nach dem Subjekt der Zeicheninterpretation in der Semiotik des Pragmatismus. In *Transformation der Philosophie Bd. 2: Das Apriori der Kommunikationsgemeinschaft*. Hrsg. von K.-O. Apel. Frankfurt am Main: Suhrkamp. S. 178-219.
- Apel, Karl-Otto. 1973b. Von Kant zu Peirce: Die semiotische Transformation der Transzendentalen Logik. In *Transformation der Philosophie Bd. 2: Das Apriori der Kommunikationsgemeinschaft*. Hrsg. von K.-O. Apel. Frankfurt a.M.: Suhrkamp. S. 157-177.
- Apel, Karl-Otto. 1975. *Der Denkweg von Charles Sanders Peirce. Eine Einführung in den amerikanischen Pragmatismus*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Baumgarten, Eduard. 1938. *Die geistigen Grundlagen des amerikanischen Gemeinwesens*. Frankfurt am Main: Klostermann.
- Becker, Oskar. 1973. *Mathematische Existenz. Untersuchungen zur Logik und Ontologie mathematischer Phänomene*. Tübingen: Niemeyer (1927).
- Berg, Marc. 1996. The Fruitful A-Modernism of a Lingering Modernist: Commentary on Bruno Latour's "On Interobjectivity". In *Mind, Culture, and Activity* 3, No. 4: 252-258.
- Bernstein, Richard Jakob. 1967. *John Dewey*. New York: Washington Square Pr.
- Bernstein, Richard Jakob. 1975. *Praxis und Handeln (Praxis and action)*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Bernstein, Richard Jakob. 1986. *Philosophical Profiles. Essays in a Pragmatic Mode*. Cambridge: Polity Press.
- Beth, Evert W., Jean Piaget. 1966. *Mathematical Epistemology and Psychology (Epistémologie mathématique et psychologie)*. Dordrecht: Reidel (Synthese library 12).
- Blumenberg, Hans. 1975. *Die Genesis der kopernikanischen Welt*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Bochner, Salomon. 1966. *The Role of Mathematics in the Rise of Science*. Princeton: Princeton University Press.
- Bochner, Salomon. 1969. *Ecllosion and Synthesis - Perspectives on the History of Knowledge*. New York: W.A. Benjamin, Inc.
- Bohm, David. 1977 (1974). . In *The Structure of Scientific Theories*. Hrsg. von F. R. Suppe. Urbana [u.a.]: Univ. of Illinois Press.
- Bourdieu, Pierre. 1987. *Sozialer Sinn: Kritik der theoretischen Vernunft (Le sens pratique)*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Bourgeois, Patrick / Rosenthal, Sandra B. 1983. *Thematic Studies in Phenomenology and Pragmatism*. Amsterdam: Gruener.
- Breil, Reinhold. 1993. *Grundzüge einer Philosophie der Natur. Eine transzendentalphilosophische Untersuchung zur Wissenschaftstheorie und Technikphilosophie*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Carroll, Lewis. 1985. Was die Schildkröte zu Achilles sagte (What the Tortoise Said to Achilles; in: *Mind*, n.s. 1895: 278-280). In *Gödel, Escher, Bach. Ein Endloses Geflochtenes Band*. Hrsg. von D. R. Hofstadter. Stuttgart: Klett-Cotta. S. 47-49.
- Cassirer, Ernst. 1910. *Substanzbegriff und Funktionsbegriff*. Berlin: Cassirer, Bruno.
- Cassirer, Ernst. 1923. *Philosophie der symbolischen Formen*. Vol. 1. Die Sprache. Berlin: Cassirer.

- Cassirer, Ernst. 1971. *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*. Vol. 1 - 4. Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Cassirer, Ernst. 1990. *Versuch über den Menschen. Einführung in eine Philosophie der Kultur*. Frankfurt am Main: Fischer.
- Chomsky, Noam. 1970. *Sprache und Geist (Language and Mind)*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Chomsky, Noam. 1976. *Reflections on Language*. London: Temple Smith [u.a.].
- Christopherson, Rosemarie / Johnstone, Jr., Henry W. 1981. Triadicity and Thirdness. In *Transactions of the Charles S. Peirce Society* XVII, No.1 Winter: 241 - 246.
- Colapietro, Vincent Michael. 1989. *Peirce's Approach to the Self. A Semiotic Perspective on Human Subjectivity*, SUNY Series in Philosophy. Albany, NY: State Univ. of New York Pr.
- Dewey, John. 1966 (1938). *Logic: The Theory of Inquiry*. Repr. d. Ausg. New York 1938. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Dewey, John. 1970 (1917). *Creative Intelligence: Essays in the Pragmatic Attitude*. New York: Octagon Books.
- Dewey, John. 1976 (1916). Democracy and Education. In *The Middle Works: 1899 - 1924*, hrsg. von J. A. Boydston. Carbondale, Ill.; London: Southern Illinois Univ. Pr.; Feffer & Simons.
- Dewey, John. 1981 (1925). Experience and nature. In *The Later Works: 1925 - 1953*, hrsg. von J. A. Boydston. Carbondale, Ill.: Southern Illinois Univ. Pr.
- Dewey, John. 1981 (1938 - 1939). Experience and Education, Freedom and Culture, Theory of Valuation, and Essays. In *The Later Works: 1925 - 1953*, hrsg. von J. A. Boydston. Carbondale, Ill.: Southern Illinois Univ. Pr.
- Dewey, John. 1984 (1925 - 1927). Essays, Reviews, Miscellany, and "The Public and its Problems". In *The Later Works: 1925 - 1953*, hrsg. von J. A. Boydston. Carbondale, Ill.: Southern Illinois Univ. Pr.
- Dewey, John. 1984 (1929 - 1930). Essays, "The Sources of a Science of Education", "Individualism, Old and New", and "Construction and Criticism". In *The Later Works: 1925 - 1953*, hrsg. von J. A. Boydston. Carbondale, Ill.: Southern Illinois Univ. Pr.
- Dewey, John. 1984 (1929). The Quest for Certainty. In *The Later Works: 1925 - 1953*, hrsg. von J. A. Boydston. Carbondale, Ill.: Southern Illinois Univ. Pr.
- Dewey, John. 1989. *Die Erneuerung der Philosophie (Reconstruction in Philosophy)*. Hamburg: Junius-Verl.
- Diggins, John Patrick. 1994. *The Promise of Pragmatism: Modernism and the Crisis of Knowledge and Authority*. Chicago [u.a.]: University of Chicago Press.
- Dubois-Reymond, Emil. 1974 (1878). Culturgeschichte und Naturwissenschaft: Vortrag, gehalten am 24. März 1877 im Verein für Wissenschaftliche Vorlesungen zu Köln. In *Vorträge über Philosophie und Gesellschaft: Emil du Bois-Reymond*. Hrsg. von S. Wollgast. Berlin: Akademie-Verlag.
- Durkheim, Emile. 1987. *Schriften zur Soziologie der Erkenntnis*, hrsg. von Hans Joas. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Einstein, Albert. 1972. *Mein Weltbild. - Neue, vom Verf. durchges. u. wesentlich erw. Aufl.*, hrsg. von Carl Seelig. Frankfurt a.M.: Ullstein.
- Engeström, Y. 1987. *Learning by Expanding. An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research*. Helsinki: Orienta-Konsultit Oy.
- Engeström, Yrjö. 1996. Interobjectivity, Ideality, and Dialectics. In *Mind, Culture, and Activity* 3, No. 4: 259-265.
- Engfer, Hans-Jürgen. 1996. *Empirismus versus Rationalismus? Kritik eines philosophiegeschichtlichen Schemas*. Paderborn [u.a.]: Schöningh.
- Fann, Kuang T. 1970. *Peirce's Theory of Abduction*. The Hague: Nijhoff.
- Feynman, Richard P. 1990. *Vom Wesen physikalischer Gesetze (The Character of Physical Law)*. München [u.a.]: Piper.
- Fichtner, B. 1996. *Lernen und Lerntätigkeit - Phylogenetische, ontogenetische und epistemologische Studien*, Internationale Studien zur Tätigkeitstheorie Bd. 3. Marburg: BdWi-Verlag.

- Fleck, L. 1935. *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*. Basel: Schwabe.
- Gajdenko, P. 1981. Ontologic Foundation of Scientific Knowledge in Seventeenth- and Eighteenth-Century Rationalism. In *Epistemological and Social Problems of the Sciences in the Early Nineteenth Century*. Hrsg. von Jahnke/Otte. Dordrecht/Boston/London: Reidel. S. 55-63.
- Gajdenko, Piama Pavlovna. 1986. Antike Traditionen im Deutschen Idealismus. Die Begründung der Geometrie bei Platon, Proklos und Kant. In *Studien zur Geschichte der westlichen Philosophie: 11 Arbeiten jüngerer sowjet. Autoren*. Hrsg. von N. V. e. Motrosilova. Frankfurt am Main: Suhrkamp. S. 105-125.
- Grathoff, Richard. 1995 (1989). *Milieu und Lebenswelt. Einführung in die phänomenologische Soziologie und die sozialphänomenologische Forschung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (stw 1145).
- Habermas, Jürgen. 1981. *Theorie des kommunikativen Handelns*. 2 vols. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Hacking, Ian. 1996. *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften (Representing and Intervening, Cambridge u.a. 1983)*. Stuttgart: Reclam (9442).
- Hahn, Hans. 1988. *Empirismus, Logik, Mathematik*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Harms, Eilert. 1977. *Radical Empiricism. Studien zu Psychologie, Metaphysik und Religionstheorie William James'*. Gütersloh.
- Hegel, Georg Wilhelm Friedrich. 1802. Glauben und Wissen. In *Werke Bd. 2*. Hrsg. von Moldenhauer/Michel. Frankfurt am Main: Suhrkamp. S. 287-433.
- Heinzmann, Gerhard. 1995. *Zwischen Objektkonstruktion und Strukturanalyse. Zur Philosophie der Mathematik bei Jules Henri Poincaré*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Hertz, Heinrich. 1963 (1894). *Die Prinzipien der Mechanik: in neuem Zusammenhange dargestellt*. Unveränd. fotomechan. Nachdr. d. Ausg. Leipzig 1894. Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Hoffmann, Michael. 1996a. *Die Entstehung von Ordnung. Zur Bestimmung von Sein, Erkennen und Handeln in der späteren Philosophie Platons*. Stuttgart und Leipzig: B.G. Teubner.
- Hoffmann, Michael. 1996b. *Eine semiotische Modellierung von Lernprozessen. Peirce und das Wechselverhältnis von Abduktion und Vergegenständlichung: Arbeiten aus dem Institut für Didaktik der Mathematik der Universität Bielefeld, Occasional Paper 160*.
- Husserl, Edmund. 1950. Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie. In *Husserliana. Gesammelte Werke / Edmund Husserl. Auf Grund des Nachlasses veröff. vom Husserl-Archiv, Louvain*, hrsg. von H. L. v. Breda. The Hague [u.a.]: Nijhoff.
- Husserl, Edmund. 1962. Phänomenologische Psychologie. In *Husserliana. Gesammelte Werke / Edmund Husserl. Auf Grund des Nachlasses veröff. vom Husserl-Archiv, Louvain*, hrsg. von H. L. v. Breda. The Hague [u.a.]: Nijhoff.
- Husserl, Edmund. 1970. Philosophie der Arithmetik. In *Husserliana. Gesammelte Werke / Edmund Husserl. Auf Grund des Nachlasses veröff. vom Husserl-Archiv, Louvain*, hrsg. von H. L. v. Breda. The Hague [u.a.]: Nijhoff.
- Husserl, Edmund. 1973a. Cartesianische Meditationen und Pariser Vorträge. In *Husserliana. Gesammelte Werke / Edmund Husserl. Auf Grund des Nachlasses veröff. vom Husserl-Archiv, Louvain*, hrsg. von H. L. v. Breda. The Hague [u.a.]: Nijhoff.
- Husserl, Edmund. 1973b. Zur Phänomenologie der Intersubjektivität. In *Husserliana. Gesammelte Werke / Edmund Husserl. Auf Grund des Nachlasses veröff. vom Husserl-Archiv, Louvain*, hrsg. von H. L. v. Breda. The Hague [u.a.]: Nijhoff.
- Husserl, Edmund. 1974. Formale und transzendente Logik. In *Husserliana. Gesammelte Werke / Edmund Husserl. Auf Grund des Nachlasses veröff. vom Husserl-Archiv, Louvain*, hrsg. von H. L. v. Breda. The Hague [u.a.]: Nijhoff.
- Husserl, Edmund. 1975, 1984. Logische Untersuchungen. In *Husserliana. Gesammelte Werke / Edmund Husserl. Auf Grund des Nachlasses veröff. vom Husserl-Archiv, Louvain*, hrsg. von H. L. v. Breda. The Hague [u.a.]: Nijhoff.
- Husserl, Edmund. 1992 (1954). Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie. In *Gesammelte Schriften*. Hrsg. von E. Ströker. Hamburg: Meiner. S. 1-276 (seitengleich mit Husserliana VI).

- Ihmig, Karl-Norbert. 1995. *Cassirers Invariantentheorie der Erfahrung und seine Rezeption des "Erlanger Programms"*. Habilitationsschrift: Eingereicht an der Fakultät Geschichte/Philosophie (Abteilung Philosophie) der Universität Bielefeld.
- Irvine, A.D. 1990. Nominalism, Realism & Physicalism in Mathematics: An Introduction to the Issues. In *Physicalism in Mathematics*. Hrsg. von A. D. Irvine. Dordrecht [u.a.]: Kluwer Acad. Publ. S. IX-XXVI.
- James, William. 1908. *Der Pragmatismus. Eine neuer Name für alte Denkmethode; volkstümliche philosophische Vorlesungen*. Leipzig: Klinkhardt.
- James, William. 1950. *The Principles of Psychology*. 2 vols. New York: Dover Publ.
- James, William. 1972. *Psychology . Briefer Course . With a new forew. by Gardner Murphy*. 5. print. New York, London: Collier Books, Collier-Macmillan.
- James, William. 1976. *Essays in Radical Empiricism*. F. Bowers. Cambridge, Mass. [u.a.]: Harvard Univ. Pr.
- James, William. 1977. *A Pluralistic Universe*. Cambridge, Mass. [u.a.]: Harvard Univ. Press.
- James, William. 1983. *Essays in Psychology*. W. R. Woodward. Cambridge, Mass. [u.a.]: Harvard Univ. Pr.
- Joas, Hans (Hrsg.). 1985. *Das Problem der Intersubjektivität: Neuere Beiträge zum Werk George Herbert Meads*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (stw 573).
- Joas, Hans. 1992a. *Die Kreativität des Handelns*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Joas, Hans. 1992b. *Pragmatismus und Gesellschaftstheorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (stw 1018).
- Josephson, John R. / Josephson, Susan G. (eds.). 1994. *Abductive Inference. Computation, Philosophy, Technology*. New York: Cambridge UP.
- Kang, Wi Jo. 1976. *G. H. Mead's Concept of Rationality. A Study of the Use of Symbols and other Implements*. The Hague: Mouton.
- Kant, Immanuel. KrV. *Kritik der reinen Vernunft. Nach der ersten [= A] und zweiten [= B] Original-Ausgabe neu hg. v. R. Schmidt*. Hamburg 1976: Meiner.
- Kapitan, Tomis. 1992. Peirce and the Autonomy of Abductive Reasoning. In *Erkenntnis* 37: 1-26.
- Kripke, Saul A. 1987. *Wittgenstein über Regeln und Privatsprache. Eine elementare Darstellung (Wittgenstein on rules and private language)*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Krois, John Michael. 1995. Semiotische Transformation der Philosophie: Verkörperung und Pluralismus bei Cassirer und Peirce. In *Dialektik* 1995/1: 61-72.
- Kuhn, Thomas S. 1962, 1970. The Structure of Scientific Revolutions. In *International Encyclopedia of Unified Science*, hrsg. von O. Neurath. Chicago/USA: The University of Chicago Press.
- Latour, Bruno. 1995. *Wir sind nie modern gewesen*. Berlin: Akademie Verlag.
- Latour, Bruno. 1996a. On Interobjectivity. In *Mind, Culture, and Activity* 3, No. 4: 228-245.
- Latour, Bruno. 1996b. Pursuing the Discussion of Interobjectivity With a few Friends. In *Mind, Culture, and Activity* 3, No. 4: 266-269.
- Leclerc, Ivor. 1986. Whitehead and the Dichotomy of Rationalism and Empiricism. In *Whiteheads Metaphysik der Kreativität / Internationales Whitehead-Symposium Bad Homburg 1983*. Hrsg. von F. Rapp. Freiburg [u.a.]: Alber. S. 13-31
- Lenk, Hans (Hrsg.). 1977-1984. *Handlungstheorien Interdisziplinär*. 6 vols. München: Fink.
- Lepenes, Wolf. 1978. *Das Ende der Naturgeschichte. Wandel kultureller Selbstverständlichkeiten in den Wissenschaften des 18. Jahrhunderts*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Lynch, Michael. 1996. DeKanting Agency: Comments on Bruno Latour's "On Interobjectivity". In *Mind, Culture, and Activity* 3, No 4: 246-251.
- Mead, George Herbert. 1959. *The Philosophy of the Present*. A. E. Murphy. La Salle, Ill.: Open Court Publ. Co.
- Mead, George Herbert. 1972. *The Philosophy of the Act*. 7. impr. Chicago: Univ. of Chicago Pr.
- Mead, George Herbert. 1973. *Geist, Identität und Gesellschaft. Aus der Sicht des Sozialbehaviorismus*, hrsg. von Charles W. Morris. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

- Mead, George Herbert. 1982. *The Individual and the Social Self. Unpubl. Work of George Herbert Mead*, hrsg. von David L. Miller. Chicago [u.a.]: Univ. of Chicago Pr.
- Mead, George H. 1987. *Gesammelte Aufsätze*. 2 vols, hrsg. von Hans Joas. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Mills, Charles Wright. 1966. *Sociology and Pragmatism. The Higher Learning in America*. New York: Oxford Univ. Press.
- Morris, Charles W. 1970. *The Pragmatic Movement in American Philosophy*. New York: Braziller.
- Moulines, C. Ulises. 1994. Wer bestimmt, was es gibt? Zum Verhältnis zwischen Ontologie und Wissenschaftstheorie. In *Zeitschrift für philosophische Forschung* 48: 175-191.
- Oevermann, Ulrich. 1991. Genetischer Strukturalismus und das sozialwissenschaftliche Problem der Erklärung der Entstehung des Neuen. In *Jenseits der Utopie: Theorie der Gegenwart*. Hrsg. von S. Müller-Doohm. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Otte, Michael. 1987. Martin Ohms "Geist der Analysis" im Kontext des 19. Jahrhunderts (Vorwort). In *Martin Ohm (1792-1872): Universitäts- und Schulmathematik in der neuhumanistischen Bildungsreform*. Hrsg. von B. Bekemeier. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. S. VII-XIX.
- Otte, Michael. 1989. The Ideas of Hermann Grassmann in the Context of the Mathematical and Philosophical Tradition since Leibniz. In *Historia Mathematica* 16: 1-35.
- Otte, Michael. 1994. *Das Formale, das Soziale und das Subjektive*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Otte, Michael. 1996. Kuhn Revisited. In *History of Mathematics and Education: Ideas and Experiences*. Hrsg. von Jahnke/Knoche/Otte. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. S. 213-239.
- Otte, Michael. 1997. Mathematik und Verallgemeinerung – Peirces semiotisch-pragmatische Sicht. Erscheint in *Philosophia naturalis*.
- Otte, Michael. in print. Kant, Piaget and Peirce. Vortrag in Genf anlässlich Piaget's 100. Geburtstag. Erscheint voraussichtlich 1997 in: *Science & Education*.
- Pape, Helmut. 1989. *Erfahrung und Wirklichkeit als Zeichenprozeß. Charles S. Peirces Entwurf einer spekulativen Grammatik des Seins*. Suhrkamp: Frankfurt am Main.
- Parmentier, Richard J. 1994. *Signs in Society. Studies in Semiotic Anthropology*. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press.
- Peirce. CCL. The Cambridge Conferences Lectures of 1898. In *Ch. S. Peirce, Reasoning and the Logic of Things*. Hrsg. von K. L. Ketner. Cambridge/London 1992: Harvard UP.
- Peirce. CP. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, Volumes I-VI, ed. by Charles Hartshorne and Paul Weiss, 1931-1935, Volumes VII-VIII, ed. by Arthur W. Burks, 1958, zitiert nach Bandnummern und Paragraphen. Cambridge, Mass.: Harvard UP.
- Peirce. MS. *Manuskript*, Nach der Zählung von Richard S. Robin, Annotated Catalogue of the Papers of Charles S. Peirce. Worcester, Mass.: The University of Massachusetts Press 1967.
- Peirce. NATUR. *Naturordnung und Zeichenprozeß. Schriften über Semiotik und Naturphilosophie*, hrsg. und übers. von Helmut Pape. Frankfurt a.M. 21991 (1988): Suhrkamp.
- Peirce. NEM. *The New Elements of Mathematics by Charles S. Peirce*. Vol. I-IV, hrsg. von Carolyn Eisele. The Hague-Paris/Atlantic Highlands, N.J. 1976: Mouton/Humanities Press.
- Peirce. PHÄN. *Charles S. Peirce, Phänomen und Logik der Zeichen*, hrsg. und übers. von Helmut Pape. Frankfurt a.M. 21993 (1. Aufl. 1983): Suhrkamp.
- Peirce. PRAG. *Charles S. Peirce, Schriften zum Pragmatismus und Pragmatizismus*, hrsg. von Karl-Otto Apel. Frankfurt a.M. 21991: Suhrkamp.
- Peirce. SEM. *Charles S. Peirce, Semiotische Schriften*. Vol. I-III, hrsg. und übers. von Christian Kloesel und Helmut Pape. Frankfurt a.M. 1986-1994: Suhrkamp.
- Peirce. VP. *Charles Sanders Peirce, Vorlesungen über Pragmatismus*, mit Einl. und Anm. neu hrsg. von Elisabeth Walther. Hamburg 21991 (1973): Meiner.
- Peirce. W. *Writings of Charles S. Peirce. A Chronological Edition*. Vol. 1-5 (bislang). Bloomington 1982 ff.: Indiana University Press.

- Piaget, Jean. 1970. *Psychologie der Intelligenz. Mit e. Einf. von Hans Aebli (La psychologie de l'intelligence)*. 4. Aufl., in der vollständig überarb. Übers. d. 2. Aufl. Zürich: Rascher.
- Piaget, Jean. 1973a. *Einführung in die genetische Erkenntnistheorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Piaget, Jean / Inhelder, Bärbel. 1973b. *Die Entwicklung der elementaren logischen Strukturen (La genèse des structures logiques élémentaires)*. Vol. 2.
- Piaget, Jean. 1975a. *Biologische Anpassung und Psychologie der Intelligenz (Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence)*. Stuttgart: Klett.
- Piaget, Jean. 1975b. *Die Entwicklung des Zahlbegriffs beim Kinde (La genèse du nombre chez l'enfant)*, Gesammelte Werke / Jean Piaget; 3. Stuttgart: Klett.
- Piattelli-Palmarini, Massimo (Hrsg.). 1980. *Language and Learning. The Debate between Jean Piaget and Noam Chomsky [based on the transcription of the debate held in Oct. 1975 at Abbaye de Royaumont near Paris; also includes 2 papers written for the participants and distributed before the colloquium]*. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Pr.
- Pinker, Steven. 1996. *Der Sprachinstinkt. Wie der Geist die Sprache bildet (The Language Instinct, 1994)*. München: Kindler.
- Polanyi, Michael. 1985. *Implizites Wissen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (stw 543).
- Putnam, Hilary. 1992. *Renewing Philosophy*. Cambridge, Mass. [u.a.]: Harvard Univ. Pr.
- Putnam, Hilary. 1995. *Pragmatismus. Eine offene Frage*. Frankfurt [u.a.]: Campus-Verl. [u.a.].
- Quine, Willard Van Orman. 1979 [1951]. Zwei Dogmen des Empirismus (Two dogmas of empiricism). In *Von einem logischen Standpunkt*. Hrsg. von W. V. O. Quine. Frankfurt a.M. u.a.: Ullstein. S. 27-50.
- Quine, Willard Van Orman. 1995. *Unterwegs zur Wahrheit. Konzise Einleitung in die theoretische Philosophie (Pursuit of Truth)*. Paderborn [u.a.]: Schöningh.
- Rapp, Friedrich (Hrsg.). 1986. *Whiteheads Metaphysik der Kreativität. Internationales Whitehead-Symposium Bad Homburg 1983*. Freiburg [u.a.]: Alber.
- Rosenthal, Sandra B. / Patrick L. Bourgeois. 1980. *Pragmatism and Phenomenology. A Philosophic Encounter*. Amsterdam: Gruener.
- Rota, G.-C., Sherp, D.H., Sokolowski, R. 1988. Syntax, Semantics and the Problem of the Identity of Mathematical Objects. In *Philosophy of Science* 55: 376-386.
- Sandkühler, Hans Jörg. 1991. Epistemologischer Realismus. Zur Ontoepistemologie ideeller Entitäten und zur internen Rekonstruktion von Wissen. In *Ontologie, Epistemologie und Methodologie: Ergebnisse aus einem Forschungsprogramm zu philosophischen Voraussetzungen wissenschaftlicher Theoriebildung*. Hrsg. von H. J. Sandkühler. Bremen: Pressestelle Uni Bremen, Univ.-Buchhandlung. S. 65-93.
- Schelling, Friedrich Wilhelm Joseph. 1800/1856 ff. System des transzendentalen Idealismus. In *Sämtliche Werke*. Hrsg. von K. F. A. Schelling. Stuttgart: Cotta. S. 327-634 (repr. in ders., *Ausgewählte Schriften I*, 395-702, Suhrkamp).
- Schelling, Friedrich Wilhelm Joseph. 1802/1803. Über die Konstruktion in der Philosophie. In *Kritisches Journal der Philosophie*, hrsg. von Schelling/Hegel. Repr. Berlin 1985, ed. S. Dietzsch: Verlag deb.
- Schilpp, Paul Arthur (Hrsg.). 1971. *The Philosophy of John Dewey*. 2. ed. La Salle, Ill.: Open Court Publ. Co.
- Schönrich, Gerhard. 1990. *Zeichenhandeln: Untersuchungen zum Begriff einer semiotischen Vernunft im Ausgang von Ch. S. Peirce*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Skidmore, Arthur. 1971. Peirce & Triads. In *Transactions of the Ch.S. Peirce Society* VII: 3-23.
- Sleeper, R.W. 1986. *The Necessity of Pragmatism. John Dewey's Conception of Philosophy*. New Haven: Yale Univ. Pr.
- Thayer, Horace S. 1973. *Meaning and Action. A Study of American Pragmatism*. Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- Thom, René. 1973. Moderne Mathematik: Gibt es das? In *Didaktik der Mathematik* 4: 251-263.
- Thurston, W.P. 1994. Proof and Progress in Mathematics. In *Bull. of the AMS* 30: 161-177.
- Tiles, Jim E. 1988. *Dewey*. London [u.a.]: Routledge.

- Wartenberg, Gerd. 1971. *Logischer Sozialismus. Die Transformation der Kantschen Transzendentalphilosophie durch Ch. S. Peirce*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Wertsch, J.V. 1991. *Voices of the Mind: A Sociocultural Approach to Mediated Action*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Westbrook, Robert B. 1991. *John Dewey and American democracy*. Ithaca, NY [u.a.]: Cornell Univ. Pr.
- Whitehead, Alfred North. 1906. On Mathematical Conceptions of the Material World. In *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Ser. A*, 205.
- Whitehead, Alfred North. 1922. *The Principle of Relativity with Applications to Physical Science*. London: Cambridge Univ. Pr.
- Whitehead, Alfred North. 1928. *Symbolism, its Meaning and Effect. Barbour-Page Lectures, University of Virginia, 1927*. Cambridge: Univ. Pr.
- Whitehead, Alfred North. 1988. *Wissenschaft und moderne Welt (Science and the modern world)*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (stw 753).
- Wirth, Uwe. 1993. Die Abduktive Wende der Linguistik. In *Kodikas, Code - Ars Semeiotica* 16: 289-301.
- Wirth, Uwe. 1995. Abduktion und ihre Anwendungen. In *Zeitschrift für Semiotik* 17: 405-424.
- Wolff, Michael. 1995. *Die Vollständigkeit der Kantischen Urteilstafel. Mit einem Essay über Freges Begriffsschrift*, Philosophische Abhandlungen 63. Frankfurt am Main: Klostermann.