

# Transdisziplinarität – Eine Herausforderung für die Wissenschaftstheorie

Stephan Hartmann

## 1. Einleitung

Die zeitgenössische Wissenschaftstheorie leidet unter ähnlichen Problemen wie die Wissenschaften, mit denen sie sich befasst. So nimmt auch in der Wissenschaftstheorie die Spezialisierung stark zu, und bei vielen der behandelten Fragestellungen geht es einzig um Detailprobleme, die sich aus einem sich verselbständigenden Diskussionszusammenhang entwickelt haben, wobei der Bezug zur jeweiligen Ausgangsfrage und die größere philosophische Perspektive leicht aus den Augen verloren geht.

Vom Zunehmen der Spezialisierung in der Wissenschaftstheorie kann man sich leicht durch einen Blick in die einschlägigen Fachzeitschriften überzeugen. Welcher „normale“ Wissenschaftstheoretiker kann schon den verwickelten Debatten zum „unit of selection“ Problem – einem viel diskutierten Thema in der Philosophie der Biologie – oder zum Problem der Lokalisierbarkeit in der relativistischen Quantenfeldtheorie – einem Thema in der Philosophie der Physik – folgen? Letzteres wurde übrigens ausführlich in der an alle Wissenschaftstheoretiker gerichteten Zeitschrift *Philosophy of Science* behandelt, und nicht etwa in der spezialisierteren Zeitschrift *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. Die mit der zunehmenden Spezialisierung einhergehenden Probleme sind inzwischen auch von der amerikanischen *Philosophy of Science Association (PSA)* erkannt worden. So konstatierte etwa der bedeutende Physik-Philosoph John Earman in seiner *Presidential Address* auf der PSA-Tagung im Jahr 2002 die zunehmende hochgradige Spezialisierung seiner Disziplin. Earman rief sogleich dazu auf, die jeweiligen Fragen allgemeinverständlicher zu diskutieren und deren philosophischen Kern deutlicher hervortreten zu lassen, was ihm selbst allerdings im weiteren Verlauf seiner Ansprache nur partiell gelang (vgl. Earman (2004)). So überraschte Earman seine verblüfften Zuhörer im Hauptteil seines Vortrages mit einer Salve hochtechnischer Exkurse in die Feinheiten der gegenwärtigen Philosophie der Physik, denen zu folgen selbst manchem ausgewiesenen Kollegen aus der Philosophie der Physik nicht immer möglich war... Es bleibt offenbar noch viel zu tun.

In der allgemeinen Wissenschaftstheorie stehen die Dinge ähnlich. Auch die hier diskutierten Fragestellungen verselbständigen sich zunehmend. So gibt es inzwischen etwa zur Bestätigungstheorie zahlreiche Arbeiten, die allein damit befasst sind, artifizielle Probleme in der Tradition von Goodmans *new riddle of induction* zu klären. Der Kontakt zur Wissenschaft mit ihren methodologischen und konzeptuellen Problemen wird hier nicht gesucht – wohl auch deshalb, weil die Wissenschaft weder von der Problemlösung profitieren wird noch zu ihr beitragen kann.

Beide Tendenzen – zunehmende Spezialisierung und Verselbständigung – wirken in unterschiedliche Richtungen. Während einige Bereiche der Wissenschaftstheorie zu sehr mit den Details-Analysen eines wissenschaftlichen Teilgebietes beschäftigt sind (wie die erwähnten Arbeiten aus der Philosophie der Physik), haben sich andere Bereiche (wie die Bestätigungstheorie) zu weit von der Wissenschaft entfernt und sind zu sehr mit sich selbst beschäftigt. Und so bleiben viele spannende Fragen unbehandelt, während Fragestellungen von zuweilen bestenfalls sekundärer Relevanz für die Wissenschaft im Vordergrund wissenschaftstheoretischen Interesses stehen.

Wissenschaft und die sie kritisch begleitende Wissenschaftstheorie müssen den richtigen Abstand voneinander haben. Dieser Abstand sollte weder zu groß, noch zu klein sein. So ergeben sich Problemstellungen, die auf der einen Seite spezifisch genug sind, um für die Wissenschaft relevant zu sein, und die auf der anderen Seite allgemein genug sind, um mit dem für die Philosophie typischen ‚Blick auf’s Ganze‘ (in diesem Fall: der Wissenschaft) im Einklang zu sein. Im weiteren soll dieses Vorgehen am Beispiel der Einteilung der Wissenschaft in Disziplinen illustriert werden.

## 2. Problemstellung

Die Wissenschaftstheorie nimmt die Einteilung der Wissenschaft in Disziplinen als gegeben hin. Das drückt sich bereits in den Namen der diversen Teilbereiche der Wissenschaftstheorie aus. So gibt es inzwischen neben der Philosophie der Physik und der Biologie weitere wohl-etablierte Subdisziplinen, die sich in philosophischer Absicht mit einer speziellen Wissenschaft befassen (etwa mit den Wirtschaftswissenschaften oder mit der Psychologie). Ein Denken innerhalb dieser Subdisziplinen der Wissenschaftstheorie blockiert den Blick auf die *Dynamik wissenschaftlicher Disziplinen*, und die Institutionalisierung wissenschaftstheoretischer Teilbereiche (etwa durch Lehrstühle für Spezialdisziplinen wie die Philosophie der Wirtschaftswissenschaften) zementiert die althergebrachte disziplinäre Aufteilung der Wissenschaft noch.

Diese Aufteilung hat sicher ihre Vorteile. Es bleibt dabei jedoch unberücksichtigt, dass wissenschaftliche Disziplinen aus guten Gründen kommen und gehen (wenn auch auf einer vergleichsweise großen Zeitskala), und dass sich zuweilen zwischen bestehenden Disziplinen allerlei Neues auftut. Hier ist insbesondere das Zunehmen inter-, multi- und transdisziplinärer Forschungsprogramme in den letzten Jahren zu erwähnen. Während sich z.B. Wissenschaftssoziologen dieser Entwicklung bereits angenommen haben, schweigen Wissenschaftstheoretiker – von wenigen Ausnahmen abgesehen – noch immer. Einer, der sich intensiv mit dem Thema Transdisziplinarität befasst hat, ist Jürgen Mittelstraß, an dessen Arbeiten ich anschließe (vgl. z. B. Mittelstraß (1992, 1997, 1998)).

Und tatsächlich werfen die neuen Organisationsformen der Wissenschaft zahlreiche wissenschaftstheoretische Fragen auf. In diesem Beitrag möchte ich exemplarisch einige dieser Fragen herausstellen und zeigen, wie sie sich zu bekannten Diskussionszusammenhängen in der Wissenschaftstheorie verhalten. Transdisziplinarität stellt, so versuche ich zu zeigen, eine Herausforderung für die Wissenschaftstheorie dar, indem sie uns zwingt, eine Reihe von bekannten Problemen und Positionen in einem neuen Licht zu sehen. Zuvor soll jedoch kurz ausgeführt werden, was Transdisziplinarität ist und was für ein Zunehmen transdisziplinärer Forschung spricht.

### **3. Warum Transdisziplinarität?**

Im Gegensatz zu inter- und multidisziplinären Forschungsprogrammen, bei denen die einzelnen Disziplinen eine bedeutende Rolle im Forschungsprozess spielen, sind transdisziplinäre Forschungsprogramme thematisch zwischen den Disziplinen angesiedelt. Ihre erfolgreiche Bearbeitung erfordert Kompetenzen in mehr als einer Disziplin. Ein einschlägiges Beispiel sind die jüngsten Entwicklungen auf dem Gebiet der Nanotechnologie. Die in diesem Zusammenhang untersuchten Strukturen fallen in die Domäne von drei naturwissenschaftlichen Disziplinen; Physiker, Chemiker und Biologen bemühen sich gemeinsam um das Verständnis und die Herstellung von Objekten, deren Ausdehnung in der Größenordnung von Nanometern liegt. Man denke etwa an die aufsehenerregenden Studien zu Fullerenen und die nicht weniger bedeutsame Herstellung mikroskopischer Schläuche aus einigen wenigen Kohlenstoffatomen, aber auch an zahlreiche biologisch wichtige Makromoleküle. Ein weiteres Beispiel für ein transdisziplinäres Forschungsprogramm ist die Umweltwissenschaft, deren Probleme uns – wie Mittelstraß treffend formuliert – leider nicht den Gefallen tun, sich in eine Disziplin einzuordnen.

Ein Blick in Zeitschriften wie *Nature*, *Science* oder *New Scientist* zeigt, dass inter-, multi- und transdisziplinäre Forschungsprogramme derzeit stark von der Politik gefördert werden. So wird in den USA z.B. darüber nachgedacht, die wissenschaftlichen Aktivitäten in den kommenden Jahren in vier Schwerpunktprogrammen zu bündeln. Diese sind: Biotechnologie, Informationswissenschaft, Nanotechnologie und Kognitionswissenschaft (Schummer 2003). Das hat gute Gründe. Während die einzelnen Disziplinen vielleicht schon alle sie betreffenden interessanten Fragen beantwortet haben (John Horgan (1997) spricht in diesem Zusammenhang gar schon vom „Ende der Wissenschaft“) und nun nur noch an (auch im Hinblick auf Anwendungen) uninteressanten Details gearbeitet wird, versprechen transdisziplinäre Forschungsprogramme gänzlich neue aufregende Wissenschaft, wobei mögliche Anwendungen nie aus den Augen gelassen werden. Letzteres bestätigt sich auch bei den vier genannten amerikanischen Schwerpunktprogramme.

Neben diesen praktischen Gründen gibt es aber auch eine Reihe von theoretischen Gründen, die wissenschaftliche Forschung in Zukunft noch stärker transdisziplinär auszurichten. So ist unsere Einteilung der Wissenschaft

in Disziplinen mehr oder weniger kontingent, viele drängende Probleme, wie die bereits erwähnten Umweltprobleme, richten sich nicht nach dieser Einteilung. Auch die Zuordnung bestimmter Phänomene zu einer Disziplin ist mit Willkür behaftet, wie Mittelstraß' Beispiel der Wärme illustriert. Ist die Wärme nun ein Gegenstand der Physik oder der Chemie? Wie sich zeigt, war sie im Verlauf der Wissenschaftsgeschichte immer abwechselnd einer der beiden Disziplinen für eine gewisse Zeit zugeordnet.

Es scheint also viel dafür zu sprechen, transdisziplinäre Forschung zu betreiben und zu fördern. Wie steht es aber mit der Wirklichkeit der Transdisziplinarität? Welche Beispiele für erfolgreiche transdisziplinäre Forschung gibt es? Inwieweit, so möchte man fragen, ist etwa die mit den vier amerikanischen Schwerpunktprogrammen verbundene Forschung tatsächlich transdisziplinär ausgerichtet? Skeptiker mögen vermuten, dass das attraktive Etikett „Transdisziplinarität“ nur von findigen Forschern dazu verwendet wird, um große Summen von Forschungsgeldern zu aquirieren und anschließend jeder für sich innerhalb des eigenen disziplinären Kontextes weiterzuforschen wie zuvor.

Um zu klären, inwiefern diese Vermutung zutrifft, muss die Wissenschaft selbst zum Untersuchungsgegenstand werden. Eine der einschlägigen Disziplinen, die sich in den letzten Jahren herausgebildet haben um derartige Fragestellungen zu behandeln ist die Szientometrie. Was also ist die szientometrische Evidenz für Transdisziplinarität? Zu dieser Frage gibt es bislang nur wenige Untersuchungen, so dass es noch zu früh ist, um eine allgemeine Schlußfolgerung zu ziehen. Joachim Schummer (2004) kommt in Bezug auf die Naotechnologie zu einem eher ernüchternden Ergebnis. Jeder forscht, so Schummer, weiter wie zuvor, und die Zusammenarbeit zwischen Forschern mit verschiedenen disziplinären Hintergründen besteht oft nur auf dem Papier. Braun und Schubert (2003) äußern ebenfalls wenig Hoffnung in Bezug auf das Zunehmen wahrhaft interdisziplinärer Forschung.

Hier sollte es mehr Fallstudien und größer angelegte szientometrische Untersuchungen geben. Ein Anfang ist jedoch gemacht, und selbst wenn die Aussichten auf mehr wahrhaftige Transdisziplinarität bisher eher trübe sind, ist aufgrund der großen öffentlichen Förderung davon auszugehen, dass Transdisziplinarität zunehmend zur Wirklichkeit wird. Inwiefern die traditionellen Disziplinen dann weiterhin Bestand haben werden oder ob sich die Wissenschaft komplett neu organisiert, wird sich zeigen (für einige Spekulationen dazu siehe Hartmann und Mittelstraß (2000)). Im weiteren wird daher davon ausgegangen, dass der Trend in Richtung auf mehr Inter-, Multi- und Transdisziplinarität stabil ist, und es soll gefragt werden, welche wissenschaftstheoretischen Fragen sich dann stellen. Freilich ist es zu früh, hier abschließende Antworten zu erwarten.

#### **4. Wissenschaftstheoretische Fragen**

Eine wissenschaftstheoretische Analyse transdisziplinärer Forschung muss mit einer Unterscheidung beginnen, da verschiedene Spielarten der

Wissenschaftstheorie in unterschiedlicher Weise auf die Herausforderungen durch die Transdisziplinarität reagieren werden. Konkret gilt es, zwischen der empirischen (oder naturalisierten) und der normativen Wissenschaftstheorie zu unterscheiden. Für beide Spielarten der Wissenschaftstheorie ergibt sich offenbar ein neuer Untersuchungsgegenstand, und beide werden versuchen, methodologische Fragen der Transdisziplinarität zu reflektieren und grundlagenrelevante Fragestellungen zu adressieren. Es zeigt sich jedoch, dass weder die empirische noch Varianten einer normativen Wissenschaftstheorie der Transdisziplinarität auf angemessene Weise gerecht zu werden vermögen.

#### **4.1 Empirische und normative Wissenschaftstheorie**

Vertreter der empirischen Wissenschaftstheorie werden versuchen, die neuen Forschungsmethoden und Forschungskonstellationen zu beschreiben und – wenn möglich – zu erklären. Allerdings fehlt es der empirischen Wissenschaftstheorie an normativen Standards, mit deren Hilfe z.B. Forschungsstrategien kritisch reflektiert bzw. entwickelt werden können. Die bloße Abbildung der wissenschaftlichen Praxis (evtl. gewürzt mit dem einen oder anderen Vergleich mit anderen Forschungsgebieten) ist jedoch zu wenig, wenn es um gänzlich neue Probleme und um noch nicht ausgefeilte und begründete Forschungsstrategien geht.

In dieser Hinsicht sind normative Wissenschaftstheorien (wie der Bayesianismus, der Falsifikationismus oder der Erlanger bzw. Konstanzer Konstruktivismus) in einer besseren Position. Diese Ansätze stellen ausgefeilte und begründete wissenschaftliche Methodologien bereit, und so kann innerhalb dieser Ansätze danach gefragt werden, ob sich eine möglicherweise abzeichnende Entwicklung zu mehr Transdisziplinarität hin vor dem Hintergrund der jeweils akzeptierten Normen zu begrüßen oder zu erwidern ist. Die normative Wissenschaftstheorie wird desweiteren zur Etablierung von lokalen Methodologien (d.h. von Methodologien, die auf konkretere Probleme zielen) beizutragen versuchen. Hier zeigen sich jedoch die Grenzen des normativen Ansatzes in der Methodologie. Wie können lokale Methodologien entwickelt werden? Die Normen, die etwa der Bayesianismus oder der Falsifikationismus formuliert, erweisen sich als zu allgemein, um für lokale Methodologien relevant zu sein. So zeigt sich, dass sich zu viele Details der wissenschaftlichen Praxis als wichtig erweisen, wenn es etwa um die Akzeptanz einer bestimmten wissenschaftlichen Annahme geht. Die normative Wissenschaftstheorie ignoriert diese Details jedoch üblicherweise einfach. Dieser Punkt soll am Beispiel des Bayesianismus erläutert werden.

Der Bayesianismus stellt, ähnlich wie der Falsifikationismus, eine *globale* Methodologie dar. So wird etwa gefragt, unter welchen (wahrscheinlichkeitstheoretisch explizierten und mit Hilfe von sog. *Dutch book* Argumenten begründeten) Bedingungen eine wissenschaftliche Hypothese durch eine Evidenz (z.B. das Ergebnis eines Experimentes) bestätigt wird. Der Bayesianismus ist eine universelle Theorie, die auf alle

wissenschaftlichen Hypothesen anwendbar ist. Der Preis für diese Allgemeinheit ist jedoch, dass Beschränkungen der wissenschaftlichen Praxis nicht gebührend berücksichtigt sind. So wird etwa überlicherweise angenommen, dass die verwendeten Messinstrumente vollkommen zuverlässig sind. Das sind sie aber im allgemeinen nicht, und so stellt sich die Frage, inwiefern der Bayesianismus auf derartige Situationen überhaupt anwendbar ist. Dies ist offenbar nur dann möglich, wenn empirische Faktoren mit einbezogen werden. In Bovens and Hartmann (2002) wird gezeigt, wie auf diese Weise eine Bestätigungstheorie für nicht vollkommen zuverlässige Messinstrumente mit Hilfe von Methoden aus der Künstlichen Intelligenz (v.a. der Theorie Bayesianischer Netzwerke) formuliert werden kann.

Aus diesen Überlegungen folgt, dass die wissenschaftstheoretische Analyse transdisziplinärer Forschungsprogramme (und viele andere Fragestellungen in der Wissenschaftstheorie) normative und empirische Elemente erfordert. Im weiteren soll diese These anhand von einem Beispiel – der Methodologie transdisziplinärer Forschungsprogramme – etwas ausführlicher illustriert werden.

#### **4.2 Zur Methodologie transdisziplinärer Forschungsprogramme**

Inter-, multi- und transdisziplinäre Forschung ist nicht einfach. Die beteiligten Wissenschaftler haben unterschiedliche disziplinäre Hintergründe, sie verwenden ihre eigenen Spezial-Methodologien und ihre eigene Fachsprache. Falls auch noch, wie von manchen Politikern intendiert, Nicht-Wissenschaftler in die Forschung miteinbezogen werden, kompliziert sich die Situation noch zusätzlich und das gemeinsame Problemlösen wird sich schwierig gestalten. Wie kann ein solches Unternehmen dennoch erfolgreich sein? Wie ist die Forschungsarbeit zu organisieren? Zur Beantwortung dieser (und anderer) Fragen muss eine Methodologie für inter-, multi- und transdisziplinäre Forschungsprogramme entwickelt werden. Im weiteren beschränke ich mich auf einige Bemerkungen zur transdisziplinären Forschung. Wie wird eine solche Methodologie aussehen?

Eine solche Methodologie existiert bislang noch nicht, und so stellt sich die Frage, wie sie entwickelt werden kann. Eine naheliegende Möglichkeit besteht darin, alles den beteiligten Wissenschaftlern zu überlassen, die ihre Arbeit ja schließlich am besten kennen und damit vielleicht auch die beste methodische Kompetenz mitbringen. Dies mag für den vorliegenden Fall nicht zutreffen, da sich die Wissenschaftler auf etwas für sie methodisch Neues einlassen. Warum also nicht Wissenschaftstheoretiker in die Diskussion einbeziehen, die sich ohnehin hauptberuflich mit methodologischen Fragen befassen? Die Situation ist allerdings auch für den Wissenschaftstheoretiker neu.

An dieser Stelle ist es sinnvoll, auf die Unterscheidung zwischen lokalen und globalen (oder globaleren) Methodologien zurückzugreifen. Der wissenschaftlich informierte Wissenschaftstheoretiker kann einen reichen Fundus an Methoden aus den verschiedensten Wissenschaften einbringen

und auf diese Weise vielleicht dazu beitragen, ein konkretes wissenschaftliches Problem zu lösen. Damit trägt er zur Entwicklung lokaler Methodologien bei. Diese Kompetenz ist nicht zu unterschätzen, da es oft der Import von Methoden aus einer anderen Disziplin ist, der zu wissenschaftlichem Fortschritt geführt hat. Und hier hat der nicht an einen bestimmten Rahmen gebundene Wissenschaftstheoretiker vielleicht Vorteile gegenüber dem Fachwissenschaftler.

Interessanter wird es, wenn es um globalere Methodologien geht. Wie kann z.B. die Bestätigungstheorie angepasst werden, um für Episoden transdisziplinärer Forschung relevant zu sein? Da dazu bislang keine Ansätze existieren (und rein apriorische Methodologien wenig Aussicht auf Erfolg haben), scheint mir eine Behandlung dieser Frage nur dann möglich zu sein, wenn Wissenschaftler und Wissenschaftstheoretiker zusammen an der Aufgabe arbeiten und dabei empirische und normative Aspekte verbinden. Dabei bringt jeder seine eigenen Kompetenzen ein. Während der Wissenschaftler die Sachprobleme genau kennt, wird der Wissenschaftstheoretiker versuchen, eine Methodologie aus der wissenschaftlichen Praxis zu entwickeln und durch Einbettung in einen Rahmen wie den Bayesianismus zu begründen. Das erfordert eine Reihe von *feedback loops*, da die wissenschaftliche Praxis jeweils vom Wissenschaftstheoretiker auf der Grundlage vorläufiger Modelle zu bewerten ist, und die Verwendung moderner Modellierungstechniken. Im Rahmen des Bayesianismus kann dies mit Hilfe der bereits erwähnten Bayesianischen Netzwerke geschehen. In Bovens und Hartmann (2003) wird eine flexible Methodologie entwickelt, wie diese Methode auf philosophisch interessante Fragen angewendet werden kann.

In transdisziplinären Forschungszusammenhängen treten dabei zusätzliche Komplikationen auf, die damit zu tun haben, dass verschiedene Wissenschaftler an der Forschung beteiligt sind und keiner von diesen eine umfassende Kompetenz auf allen relevanten Gebieten hat. repräsentiert So repräsentiert die Wahrscheinlichkeitsverteilung, aus der der Bayesianer seiner Folgerungen zieht, nicht mehr notwendigerweise die Glaubensgrade eines einzigen Subjektes, sondern die der gesamten Gruppe. Die sozialen Mechanismen, die dazu führen, dass sich die Gruppe auf bestimmte Wahrscheinlichkeiten einigt (bzw. dass eine Wahrscheinlichkeitsverteilung rekonstruiert werden kann, die mit den Handlungen der Wissenschaftler im Einklang steht), müssen von Soziologen untersucht werden.

## **5. Ausblick**

Dieser Aufsatz ist eine Einladung an Wissenschaftstheoretiker, sich mit den neuen Organisationsformen der Wissenschaft zu befassen. Es besteht kein Zweifel, dass Inter-, Multi- und Transdisziplinarität Anlass zu weitreichenden methodologischen und Grundlagen-relevanten Fragestellungen geben. In erster Linie gilt es hier, eine Methodologie transdisziplinärer Forschungsprogramme zu entwickeln. Darüber hinaus müssen bestehende Theorien der Erklärung und der Bestätigung weiterentwickelt werden, um die

Spezifika transdisziplinärer Forschung zu berücksichtigen. Und schließlich gilt es, die metaphysischen Implikationen (und möglichen Voraussetzungen) transdisziplinärer Forschungsprogramme zu untersuchen. All das wird nur dann gelingen, wenn sich die Wissenschaftstheorie selbst mehr für andere Disziplinen öffnet. Disziplinen wie die Wissenschaftsgeschichte, Szientometrie, Soziologie, Psychologie, Kognitionswissenschaft sollten in einem weitaus engeren Kontakt zur Wissenschaftstheorie stehen, als das bislang der Fall ist. Kurzum: Wissenschaftstheoretiker sollten selbst transdisziplinär zu denken beginnen.

### **Danksagung**

Ich danke Roland Wagner-Döbler für wertvolle Hinweise.

### **Literatur**

Bovens, L. und S. Hartmann (2002): „Bayesian Networks and the Problem of Unreliable Instruments,“ *Philosophy of Science* 69, 29-72.

Bovens, L. und S. Hartmann (2003): *Bayesian Epistemology*. Oxford: Oxford University Press.

Braun, T. und A. Schubert (2003): „A Quantitative View on the Coming Age of Interdisciplinarity in the Sciences“. *Scientometrics* 58: 183-189.

Earman, J. (2004): „Laws, Symmetry, and Symmetry Breaking; Invariance, Conservation Principles, and Objectivity“. Erscheint in *Philosophy of Science (Proceedings)*.

Hartmann, S. und J. Mittelstraß (2000): „Physik ist Grundlage der Technik und Teil der Kultur“. In: Deutsche Physikalische Gesellschaft (Hg.), *Physik: Themen, Bedeutung und Perspektiven physikalischer Forschung*. Bonn: DPG, 185-188. Englische Übersetzung: „Physics is a Part of Culture and the Basis of Technology“, in: Deutsche Physikalische Gesellschaft (Hg.), *Physics – Physics Research: Topics, Significance and Prospects*. Bonn: DPG 2002, 195-98.

Horgan, J. (1997): *An den Grenzen des Wissens*. München: Luchterhand Literaturverlag.

Mittelstraß, J. (1992): *Leonardo-Welt*. Frankfurt: Suhrkamp.

Mittelstraß, J. (1997): *Der Flug der Eule*. Frankfurt: Suhrkamp.

Mittelstraß, J. (1998): *Die Häuser des Wissens*. Frankfurt: Suhrkamp.

Schummer, J. (2003): „Interdisciplinarity Issues in Nanoscale Research“. Unveröffentlichtes Manuskript.

Schummer, J. (2004): „Multidisciplinarity, Interdisciplinarity, and Research Collaboration in Nanoscience and Nanotechnology“. Unveröffentlichtes Manuskript.