



Klaus Mainzer

Von der interdisziplinären zur integrativen Forschung

Interdisziplinarität ist kein unverbindlicher Wunsch für akademische Festreden. Im weltweiten Wettbewerb globaler Märkte sind hoch entwickelte Gesellschaften wie diejenige der Bundesrepublik Deutschland auf die Innovationsdynamik ihrer Menschen angewiesen. Innovation setzt Kreativität voraus, die sich zunehmend in interdisziplinären Forschungsclustern bündelt. Innovationen entstehen heute vorwiegend fachübergreifend an den Schnittstellen traditioneller Fächergrenzen. Die Probleme dieser Welt kümmern sich nämlich nicht um traditionelle Organisationsstrukturen von Disziplinen und Fakultäten. Umwelt, Klimawandel, Energie, Materialforschung, Life Science und Gesundheit, um nur einige zu nennen, sind problemorientierte Forschungsgebiete, die viele Fächer interdisziplinär verbinden, über traditionelle Fächergrenzen hinausgehen und in neuen Forschungsclustern zusammenwachsen.

Man spricht daher auch von transdisziplinärer Forschung. Damit erlebt der traditionelle Begriff der Interdisziplinarität einen Bedeutungswandel. In der Vergangenheit wurden Plattformen für interdisziplinäre Dialoge geschaffen, um den Erkenntnisgewinn durch den Austausch von Wissen zwischen den Disziplinen zu fördern. Heute zielt problemorientierte (»transdisziplinäre«) Forschung darauf ab, aus der Grundlagen- und angewandten Forschung zur Gestaltung neuer Produkte und neuer Handlungskompetenz zu kommen. Sie wird damit zu einem entscheidenden Faktor für die Sicherung zukünftiger Märkte und der Lebensqualität einer Gesellschaft.

Diese Entwicklung hat wiederum Konsequenzen für unser Bildungssystem, für die Organisation der wissenschaftlichen Arbeit in Unternehmen wie auch für die öffentlich getragene Forschung. Kurzum: Inter- und transdisziplinäre Forschung führen heute zu Innovation und neuen Märkten. Ausbildung hat diesem Anforderungsprofil Rechnung zu tragen. Inter- und Transdisziplinarität werden zur Schlüsselqualifikation.

Philosophie in der interdisziplinären Forschung

In einer komplexen und globalen Welt reicht eine hoch spezialisierte Fachausbildung mit regionaler Orientierung nicht aus. Strategische Voraussetzung sind vielmehr Interdisziplinarität und Interkulturalität. Hier muss sich die Philosophie neu aufstellen. Sie ist seit der Antike der Ursprung der Wissenschaften, die sich im Laufe der Jahrhunderte immer weiter spezialisiert haben. Noch Newton als Begründer der neuzeitlichen Physik hatte einen Lehrstuhl für Naturphilosophie (natural philosophy) inne, während sein Landsmann Adam Smith als Begründer der Wirtschaftswissenschaften einen Lehrstuhl für Moralphilosophie (moral philosophy) besaß. Philosophie fragt auch heute noch nach den Prinzipien (Ursprüngen) unseres Wissens und seinen fachübergreifenden (interdisziplinären) Zusammenhängen in den verschiedenen Disziplinen, um so verantwortungsvoll entscheiden und handeln zu können. Daher gehören Logik, Grundlagen der Wissenschaften und Ethik seit der Antike in der Philosophie zusammen. Problem- und praxisorientierte interdisziplinäre Vernetzung mit den Wissenschaften macht das besondere Profil der Philosophie in der globalisierten Wissensgesellschaft aus.

Entscheidend dabei ist, dass Philosophie und Wissenschaftstheorie in den einzelnen Fächern der Ingenieur-, Natur-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften verankert sind. Nur durch den ständigen Forschungs- und Lehrkontakt wird nämlich verhindert, dass Philosophen in den Wolken der Abstraktion abheben, sich in der Historie der Disziplin verkriechen und den Kontakt zur Wissenschaft verlieren. Nur so wird aber auch die notwendige Grundlagendiskussion in den Wissenschaften vonseiten der Philosophie angeregt. Das setzt allerdings in zum Beispiel Mathematik, Informatik, Physik, Biologie, Soziologie und BWL entsprechend ausgebildete Philosophen voraus, die in diesen Disziplinen als kompetent akzeptiert werden (was in der deutschen Berufungs-



praxis der Philosophie leider zu wenig berücksichtigt wird).

Innovationsdynamik der Gesellschaft

Charakteristisch für die neuzeitliche Wissenschaftsentwicklung ist ihre schrittweise Verbindung mit Technik und Wirtschaft. Unter Erfindungen oder Inventionen versteht man technische Neuschöpfungen, die über den allgemeinen Stand der Technik hinausgehen und grundsätzlich den Anforderungen der Patentierbarkeit entsprechen. Innovationen sind Inventionen, die das Stadium ökonomischer Realisierung, also der Produktionsreife erlangt haben. Die jährlichen Zahlen von Erfindungen, Entdeckungen und anderen Leistungen in Naturwissenschaft und Technik lassen sich in Kurvenverläufen von Zeitreihen illustrieren. Bemerkenswert ist die Ähnlichkeit dieser Kurve mit dem Kurvenlauf der jährlichen Basisinventionen, bei der man sich auf die grundlegenden Erfindungen beschränkt. Die Zeitreihe der Basisinventionen ist offensichtlich mit der Entwicklungsdynamik der Basisinnovationen korreliert. Basisinnovationen antworten mit einer Art Echoeffekt auf die vorausgehenden Erfindungen und treten dann gehäuft in Clustern auf. Man beobachtet regelrechte Wellenentwicklungen, auf die bereits der österreichische Ökonom Joseph A. Schumpeter aufmerksam machte.

Damit kommen wir zur Analyse langfristiger Wachstumszyklen der Wirtschaft, die nach Schumpeter durch das zyklische Auftreten von Innovationsclustern bestimmt ist. Kurz: Innovationen sind der entscheidende Motor der Wirtschaftsdynamik. Umwälzende Neuerungen werden von risikofreudigen und imaginativen Unternehmern durchgesetzt, die einen Schwarm von Nachahmern und Nachfolgern nach sich ziehen. So kommt es zur Clusterbildung. Da Innovationen wiederum Erfindungen voraussetzen, nahmen Erfinder-Forscher-Unternehmer wie etwa Linde, Diesel oder Siemens eine Schlüsselfunktion im Zeitalter der Industrialisierung ein. Ende des 19. Jahrhunderts entstand so der Typ des ›science-based‹ Unternehmens, das besonders den deutschen Maschinenbau geprägt hat. Das Konzept des ›leading engineers‹ leitet sich aus diesem Verständnis von Innovation als Schlüsselfunktion der Wirtschaftsdynamik ab.

Schumpeter ging historisch von »Kondratieff-Wellen« (nach dem russischen Mathematiker Kondratieff bzw. Kondratjew) mit einer Länge von über 50 Jahren aus, die

durch Cluster von Basisinnovationen ausgelöst werden. Beispiele sind die Motortechnik (Otto- und Diesel-Motor) oder Elektrotechnik, die langfristige Umwälzungen der Gesellschaft nach sich zogen. Tatsächlich lösten Basisinnovationen wie der Computer, die Elektronenröhre, der Laser oder der Mikrochip eine Fülle weiterer Innovationen aus. Heute könnte die Erfindung des Internets angeführt werden, die aber wesentlich beschleunigter und kurzfristiger zu einer globalen Veränderung von Kommunikationsnetzen führte. Schumpeters Unterscheidungen von kleineren Wachstumszyklen nach Juglar und Kitchen, die sich in Kondratieff-Wellen überlagern, mögen heute im Einzelnen umstritten sein. Richtig bleibt aber Schumpeters Ansatz, wonach durch innovative Technologien entscheidende Wachstumsimpulse ausgelöst werden.

Es liegt auf der Hand, dass eine Häufung von Basisentdeckungen und Basiserfindungen mit wissenschaftlichen und technologischen Bestrebungen vieler Menschen verbunden sein muss. Wissenschaftlich und technologisch aktive Menschen setzen ein entsprechendes Bildungssystem voraus. Die Wellenbildungen von Innovationszyklen und damit verbundenen Wirtschaftszyklen müssen also mit entsprechenden Bildungszyklen korreliert sein. Wer daher Innovationsschübe der Wirtschaft nachhaltig will, muss in Bildung investieren. Analog zur Mahnung des Klimawandels hat das mittlerweile jeder schon einmal gehört. Die Umsetzung ist aber in beiden Fällen träge und durch vordergründige Interessen verstellt. Der kausale Zusammenhang kann auch in die umgekehrte Richtung gehen: Das Bildungssystem expandiert, weil das Interesse an technischen und wissenschaftlichen Erfolgen wächst. Wie immer die Bildungsquoten und Bildungszyklen in einzelnen Ländern aussehen mögen. Fest steht, dass Bildungsprozesse nicht nur mit schulischen und universitären Institutionen verknüpft sind, sondern fundamentale kognitive Voraussetzungen menschlicher Kreativität besitzen. Insbesondere Länder mit schwachen Rohstoffreserven sind auf die Kreativitätsressourcen ihrer Menschen angewiesen.

Von der Innovation zur Nachhaltigkeit

Klassisch wird Innovation durch Unternehmen, Markt, technische Forschung und Entwicklung angetrieben: Forschung und Entwicklung schaffen neue Technologie (›doing right things‹), Marktforschung und Unternehmen planen den Markteinsatz (›doing the right things‹). Anschaulich ergibt sich ein Push-Pull-Schema: Produkte



machen Markt (Technology Push), Markt macht Produkte (Technology Pull). Das reicht aber für die großen Probleme der Gesellschaft nicht aus. Für ein Technology Assessment, das die fertigen Produkte und Infrastrukturen erst nachträglich beurteilt, gilt der bekannte Spruch Gorbatschows, wonach diejenigen, die zu spät kommen, vom Leben bestraft werden. Integrative Forschung baut daher von vornherein gesellschaftliche Erfordernisse und Umweltfragen mit ein. Umwelt- und Gesellschaftsfragen sind integrativer Bestand der Entwicklungsphase von Forschungsprojekten. So entstehen nachhaltige Innovationen: Produkte schaffen Nachhaltigkeit (Sustainability Push), Nachhaltigkeit schafft Produkte (Sustainability Pull).

In der Vergangenheit wurden Plattformen für interdisziplinäre Dialoge geschaffen, um den Erkenntnisgewinn durch den Austausch von Wissen zwischen den Disziplinen zu fördern. Heute zielt problemorientierte (»transdisziplinäre« oder »integrative«) Forschung darauf ab, aus der Grundlagen- und angewandten Forschung zur Gestaltung neuer Produkte zu kommen. Sie wird damit zu einem entscheidenden Faktor für die Sicherung zukünftiger Märkte und der Lebensqualität einer Gesellschaft. Diese Entwicklung hat wiederum Konsequenzen für unser Bildungssystem, für die Organisation der wissenschaftlichen Arbeit in Unternehmen wie auch für die öffentlich getragene Forschung. Kurzum: Inter- und transdisziplinäre Forschung muss heute zu nachhaltiger Innovation führen.

Inter- und transdisziplinäre Forschung beschränkt sich aber keineswegs auf die genannten neuen Herausforderungen von zivilisatorischen und ökonomischen Problemen, die mit der Globalisierung der Weltgemeinschaft zusammenhängen. Auffällig ist, dass auch die traditionellen naturwissenschaftlichen Grunddisziplinen der Physik, Chemie und Biologie immer stärker auf wechselseitige Einsichten angewiesen sind. Sie wachsen methodisch und inhaltlich in vielen Gebieten zusammen. Diese Entwicklung zeichnet sich deutlich in der Angleichung der Strukturgrößen ab, mit denen sich die Disziplinen Physik, Chemie und Biologie seit ca. 1940 befasst haben. So sanken die Strukturgrößen in der angewandten Physik durch die Miniaturisierung vom Zentimeter-Bereich in der Elektrotechnik über die Elektronik und die Mikroelektronik bis hin zur Nano-Elektronik auf unter 100 Nanometer. Von der klassischen Biologie über die

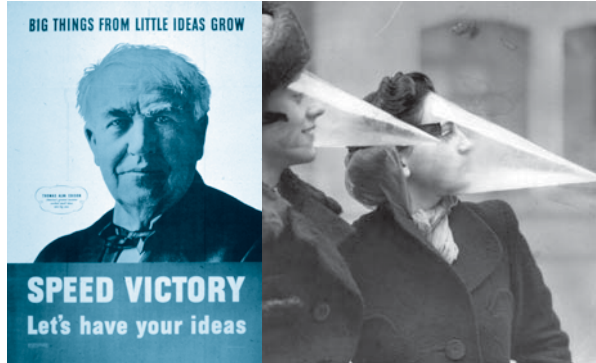
Zell- und Molekularbiologie ist die Biotechnologie heute beim funktionellen Moleküldesign bei denselben kleinen Strukturen angekommen wie die Physik. Umgekehrt entwickelte sich die klassische Chemie von sehr kleinen Molekülen in der anorganischen und organischen Chemie zu immer komplexeren nanometergroßen Strukturen in der supramolekularen Chemie.

In diesem gemeinsamen Größenbereich werden neue Technologieportfolios arrangiert, die durch integrierte Nutzung physikalischer Gesetze, chemischer Eigenschaften und biologischer Prinzipien möglich werden: Nano- und Materialforschung, Mechatronik, Bio- und Neurotechnologie sind nur einige Beispiele. In der Systembiologie werden die molekularen, zellulären, organischen, humanen und ökologischen Aspekte des Lebens integriert und in mathematischen Modellen abgebildet. In der Biophysik, Bioinformatik und Biomathematik wachsen Physik, Informatik und Mathematik mit der Biologie zusammen. Man spricht daher auch vom Cross-over der Disziplinen, das zu Converging Technologies, also zum Verschmelzen verschiedener Disziplinen und Technologien führt. Converging Technologies ist Ausdruck der Integration von Wissenschaft.

Beispielhaft seien die vier großen Forschungsfelder »Nano« (mit Nano- und Materialforschung), »Bio« (mit Bio-, Lebenswissenschaften und Medizin), »Info« (mit Informationstechnik und Informatik) und »Kogno« (mit Kognitionswissenschaft und Gehirnforschung) genannt. Schaut man sich die ausgezeichneten Exzellenzcluster der Exzellenzinitiative an, so gruppieren sie sich mit unterschiedlichen Gewichtungen in diesem interdisziplinären Quadrivium aus Nano, Bio, Info und Kogno. Obwohl in ihren disziplinären Fächern hoch qualifiziert ausgebildet wird, müssen Studierende heute lernen, über den disziplinären Tellerrand zu blicken, um auf inter- und transdisziplinäre Arbeit vorbereitet zu sein. Sie müssen die Integration des Wissens in praktische Bildung umsetzen.

Beispiel: Munich Center for Technology in Society (MCTS)

Ein aktuelles Beispiel für ein interdisziplinäres und interkulturelles Zentralinstitut ist das MCTS an der Technischen Universität München, das in der Forschung eng mit dem dortigen Institute for Advanced Study (IAS) kooperiert. Hier arbeiten Sozial- und Humanwissenschaftler mit Ingenieuren und Naturwissenschaftlern in



gemeinsamen Projekten zusammen. So werden zum Beispiel Philosophen mit methodisch-erkenntnistheoretischen und/oder ethischen Fragen in Cluster der interdisziplinären Forschung eingebunden. Damit eröffnet sich eine neue Qualität der Kooperation von Philosophie und Wissenschaft. Traditionell arbeitete etwa ein physikalisch und/oder mathematisch kompetenter Philosoph über zum Beispiel Interpretationen der Quantenmechanik oder Grundlagen der Mathematik. Diese Aufgaben bleiben natürlich auf hohem Niveau bestehen. In interdisziplinären Forschungsclustern der Medizin (z. B. Aging Society), Life Sciences (z. B. Systembiologie), Robotik (z. B. Cognition in Technical Systems), Neurowissenschaften (z. B. Theory of Mind), Umwelt- und Innovationsforschung (z. B. Innovation und Nachhaltigkeit), Risiko- und Komplexitätsforschung etc. sind Philosophen teilweise selber an der Theorieentwicklung oder an Strategiedebatten über Ausrichtung von Forschung beteiligt oder in Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz oder in der ethischen Beratung gefordert.

In diesen interdisziplinären Forschungsclustern zeichnet sich die Universität von morgen ab. Sie liegen quer zu den traditionellen Fakultätsunterscheidungen von Technik-, Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften. Hinter diesen veralteten Fakultätsgrenzen stehen häufig auch überholte Begriffsunterscheidungen aus früheren Jahrhunderten wie »Geist« und »Materie«, »Materialismus« und »Idealismus«, die diffus und leer werden und den Kontakt zur Forschungsrealität längst verloren haben. Weder ist »Materie« ein Grundbegriff etwa der Physik (bestenfalls »Masse«), noch wird »Geist« allein in den »Geisteswissenschaften« thematisiert. In den Neuro- und Kognitionswissenschaften geht es um Beobachtung, Experiment und von Messtechnik abhängige Untersuchungen mentaler und kognitiver Prozesse. Zudem entstammen diese metaphysischen Unterscheidungen der abendländischen Tradition und wurden in anderen Erdteilen keineswegs geteilt. Hier kommt eine immense Arbeit auf Philosophie und Wissenschaftstheorie zu, damit ihre Begriffsanalyse auch in der modernen Forschung greift.

Zudem arbeitet Wissenschaft nicht losgelöst von der Gesellschaft. Ohne soziale Strukturen und gesellschaftliche Prozesse zu berücksichtigen, kann kaum eine Innovation der Ingenieur- und Naturwissenschaften Erfolg haben. Wie ließen sich etwa neue Formen der Mobilität kreieren ohne Wissen über das künftige Zusammenleben

in den Städten? Wie sollten Forscher neue Nahrungsmittel für die wachsende Weltbevölkerung entwickeln, ohne die Lage in Entwicklungsländern zu beachten? Wie könnten Roboter alten Menschen helfen, ohne auf deren Bedürfnisse Rücksicht zu nehmen? Nicht nur der Anwendungsforschung, auch der Grundlagenwissenschaft stellen sich Fragen, die ohne Sozial- und Geisteswissenschaften nicht beantwortet werden können: Was sind die Kriterien, nach denen wir forschen? Wie kann Wissenschaft jenseits unserer gängigen Vorstellung funktionieren? Wie lernen wir aus gescheiterten Ansätzen?

Wissen, Bewerten, Kommunizieren

Das MCTS untersucht daher die Wechselwirkungen zwischen Wissenschaft, Technik und Gesellschaft aus drei Perspektiven – Wissen, Bewerten und Kommunizieren:

- *Naturwissenschaft- & Technik-Studien:* Sozial- und Humanwissenschaftler erforschen die gesellschaftlichen Aspekte von Naturwissenschaft und Technik – darunter Philosophen, Historiker, Soziologen, Politologen und Psychologen.
- *Ethik & Verantwortung:* Wirtschafts- und Medizinethiker, Umwelt- und Technikethiker bewerten Forschung und Entwicklung.
- *Medien & Wissenschaft:* Kommunikations- und Medienwissenschaftler untersuchen, wie sich Forschung und Gesellschaft austauschen können.

Dialog mit Bürgern, Beratung der Politik

Das MCTS initiiert zudem eigene Forschungsprojekte. Die Humanwissenschaftler konzentrieren sich dabei auf die empirische Untersuchung konkreter Probleme. Wegen ihres experimentellen Laborcharakters tragen die Projekte den Titel TUMLab. TUMLabs erfüllen drei Kriterien: 1) Forschungsprojekte entstehen interdisziplinär aus Technik-/Naturwissenschaften und Sozial-/Humanwissenschaften (»Interdisziplinarität«). 2) Sie sind projektorientiert, also entwickeln ethische und sozialwissenschaftliche Fragen aus konkreten Projekten »bottom up«. 3) Sie sind auf öffentlichen Dialog angelegt (»Transparenz«, »Gläsernes Labor«). Daher sind diese Laboren schon während der laufenden Forschung offen für die gesellschaftliche Diskussion. Dazu organisiert das MCTS Bürgerdialoge und experimentiert mit neuen Dialogformen, bei denen Menschen aus verschiedenen Bereichen mit Wissenschaftlern arbeiten. Die gemeinsamen



Erkenntnisse sollen auch der Politik als Grundlage für ihre Entscheidungen dienen.

Beispiel: Soziotechnische Großprojekte in Deutschland

Unsere Gesellschaft steht vor einer Reihe großer soziotechnischer Herausforderungen, deren Bewältigung innovative Lösungen im Zusammenspiel von Technikwissenschaften mit den Wirtschafts-, Sozial- und Humanwissenschaften erfordert. Darüber hinaus ist die enge Zusammenarbeit und Abstimmung mit und Einbezug der Perspektiven von unterschiedlichsten Anspruchsgruppen in Wirtschaft und Gesellschaft notwendig. Dazu gehören u. a. die Themen Mobilität und erneuerbare Energien. Sinnvolle Fortschritte in diesen Bereichen können oftmals nur im Rahmen von Großprojekten erzielt werden, die zu systemischen Änderungen führen. Großprojekte in Deutschland, aber auch in anderen europäischen Ländern, stehen seit einigen Jahren unter schwierigen Bedingungen. Dies hat mehrere Ursachen:

1. Deutlich gestiegene Aufmerksamkeit durch zivilgesellschaftliche Organisationen, NGOs und Öffentlichkeit insgesamt durch Digitalisierung von Wirtschaft, Gesellschaft und Politik. Dies bedingt »Echtzeit«-Informationsaggregation, neue basisdemokratische (»liquid«) Demokratieformen und höhere Reaktivität sowie soziale »Kaskadeneffekte«.

2. Rechtliche Rahmenbedingungen und ihre Auslegung haben sich in hohem Maße verändert, Akteure der Zivilgesellschaft müssen und können in verstärktem Maße einbezogen werden.

3. Lösungen müssen auf der individuellen, organisationalen und (wirtschafts-)politischen Ebene und unter Einbeziehung technischer, gesellschaftlicher und ökonomischer Dimensionen entwickelt werden und dabei auch Maßnahmen für die Implementierung in die Gesellschaft mit einschließen.

4. Lösungen müssen umso mehr multikriteriell bewertet werden und sind daher in ihren Folgen noch schwerer zu beurteilen und zu kommunizieren.

5. Es wurde der Komplexität soziotechnischer Systeme zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

6. Oftmals wurden subjektive (und damit eventuell »irrationale« oder unbegründete) Faktoren, welche Entscheidungen und Kauf- und Abstimmungsverhalten beeinflussen, nicht ausreichend beachtet.

Beispiele hierfür sind etwa der Großflughafen Berlin-Brandenburg, Stuttgart 21, der Bau neuer Wind-, Wasser- oder Biogaskraftwerke, Kernkraftausstieg, die Regulierung der Finanzmärkte oder die Entwicklung von Smart Grids, also vernetzten Energiesystemen.

Ziele des Projekts

Soziotechnische Großprojekte in Deutschland, aber auch in anderen Ländern, zu realisieren erfordert zum einen die Entwicklung soziotechnischer Lösungen in interdisziplinären Teams. Dies allein ist aber nicht ausreichend, sondern der Erfolg von Großprojekten ist maßgeblich von der geeigneten Einbettung in den gesellschaftlichen, politischen und sozialen Rahmen abhängig. Ziel des vorgeschlagenen Projekts ist daher, Aufschlüsse über die Erfolgsfaktoren (und Barrieren) für die Realisierung von Großprojekten im Bereich Mobilität und erneuerbare Energien auf technischer, organisationaler und gesellschaftlicher Ebene zu generieren und eine Plattform für deren erfolgreiche Implementierung in die Praxis zu schaffen.

An diesen Beispielen zeigt sich, wie integrative Forschung unter den Bedingungen hochtechnisierter Gesellschaften eine uralte Vision der Philosophie realisieren kann: In der aristotelischen Bedeutung ist Praxis nicht auf instrumentales Handeln reduziert, sondern umfasst das ethisch begründete Entscheiden und Handeln. In dieser Tradition steht Leibniz als Philosoph und Wissenschaftler, der zu Beginn der Neuzeit mit seinem Akademiemotto »Theoria cum Praxi« eine immer wieder einzufordernde Aufgabe stellte.

Literatur

K. Bengler, Chr. Lütge, K. Mainzer, C. Peus, C. Klüppelberg und I. Welp: *Large-Scale Projects Social Embedding Program*. Project MCTS: TU München 2012

K. Mainzer: »Interdisziplinarität und Schlüsselqualifikationen in der globalen Wissensgesellschaft«, in: M. Jungert, E. Romfeld, T. Sukopp und U. Voigt (Hg.): *Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme*. Darmstadt 2010, S. VII–IX

K. Mainzer: »Die Wirklichkeit und ihre Spiegelung in wissenschaftlichen Daten. Von Erkenntnismodellen zur Innovationsdynamik der Wissenschaft«, in: Österreichische Forschungsgemeinschaft (Hg.): *Ethos und Integrität der Wissenschaft*. Wien 2009, S. 45–66

K. Mainzer: *Komplexität*. Paderborn 2008

K. Mainzer: *Geistes- und Naturwissenschaften*. Berlin 1990