

Jost Halfmann

Wissenschaft, Methode und Technik. Die Geltungsprüfung von wissenschaftlichem Wissen durch Technik

(Beitrag zu dem Band: Christoph Engel, Jost Halfmann und Martin Schulte (Hg.), Wissen, Nichtwissen, unsicheres Wissen, Baden-Baden: Nomos 2001)

## 1 Einleitung: Methode und Technik

Die modernen Wissenschaften waren maßgeblich daran beteiligt, daß in der modernen Gesellschaft Wissen an Nicht-Wissen orientiert ist und daß Wissenschaft angesichts einer intransparenten Welt die Differenz von Nicht-Wissen und Wissen durch Strategien der Selbsterzeugung von Geltungsgewißheit des Wissens überbrücken muß. Es waren im wesentlichen zwei konzeptuelle Umstellungen, mit denen die modernen Wissenschaften gegenüber den bis in die Neuzeit geltenden Weltbeschreibungen den Zukunftsbezug neu bestimmten: die Abkehr von teleologischen Zukunftsvorstellungen und von ontologischen Realitätsbeschreibungen. Die teleologische Zukunftsdeutung, die von der antiken bis zur christlichen Kosmologie reichte und das Denken bis in die frühe Neuzeit beeinflusste, sah vor, daß die Welt sich auf einen Zustand der Ruhe oder Erlösung hin bewegt. Da der Mensch die Ordnung des Kosmos nie vollständig erkennen konnte, konnte er zwar den Endpunkt der Zukunft, aber nicht die Entwicklung dorthin wissen und mußte seine eigene Verwobenheit in die Bewegung auf das Ende der Welt hin als in vielen Hinsichten unkontrollierbares und (durch Hybris und Sünde) gefährdetes Schicksal erleben. Seit dem 17. Jahrhundert wird mit der schärferen Trennung zwischen Immanenz und Transzendenz die diesseitige Welt als eigenständiges Terrain der Menschen betrachtet, die mit den Mitteln der Naturwissenschaft und Technik eine eigene Schöpfung mit unbekanntem Ausgang erzeugen können (Stöcklein 1969). Im 18. Jahrhundert wird diese Auffassung durch die Einführung der Idee des Menschen als Subjekt, das über Qualitäten wie Freiheit und Selbstbestimmung verfügt (Taylor 1989), und der Idee des Fortschritts, der die Perfektionierbarkeit der menschlichen Schöpfungen avisiert, sekundiert und untermauert (Rohbeck 1987).

Die ontologische Realitätsdeutung (Tegtmeier 2000) beruhte – komplementär zur kosmologischen Teleologie – auf der Annahme, daß allen Dingen ein Wesen zugrunde liege, das die Zielbestimmung der Dinge auf dem Weg zum Endpunkt ihrer Bewegung in der Zukunft enthält und über das Philosophie und Wissenschaften – im Rahmen der eingeschränkten menschlichen Fähigkeiten – Auskunft geben können. Mit der Idee der diesseitigen Welt als Terrain

der eigenständigen Schöpfung durch den Menschen entstand eine empirische und praktische Orientierung an der Veränderbarkeit der Dinge, die den Boden für die moderne Forschungstradition bereitete (Böhme/Daele/Krohn 1977). Deren immanente Auflösungskraft, die eine potentiell unendliche Reduktion aller Dinge auf Letztelemente erzeugte, pulverisierte nicht nur die Vorstellung von einem Wesen der Dinge, sie korrumpierte auch den Glauben, daß die Wissenschaft auf Instanzen außerhalb der Wissenschaft (wie Natur oder Gott) zurückgreifen könne, die die Gewißheit der durch Forschung erzeugten Erkenntnisse verbürgen könnten. Nicht zuletzt die Entdeckung der Sprachabhängigkeit aller Beschreibungen der Welt und der Konventionsabhängigkeit des Verhältnisses von Bezeichnung und Bezeichnetem, von Aussagen und Tatsachen und des Verhältnisses dieser Differenz zu dem, worauf in der Realität referiert wird, löste das Vertrauen in die Möglichkeit sicheren Wissens über die Realität auf. Am Ende stand die Einsicht, daß das Wissen über die Realität ein Produkt der Realitätskonstruktion eines Beobachters (in diesem Fall: der Wissenschaft) ist.

Für eine auf die Folgen sozialer Evolution achtende Soziologie ist der Verlust direkter Geltungssicherung von Wissen ein Effekt funktionaler Differenzierung. Die Ausdifferenzierung der Wissenschaft zu einem auf wahre und objektive Erkenntnis spezialisierten Sozialsystem führt zu einer bestimmten Beobachtungsstrategie gegenüber der Welt: sie wird zu einem Reservoir von Nicht-Wissen, von Noch-nicht-Wissen, das mit jeder Wissensakquisition größer wird. Dies bedeutet, "daß die Wissenschaft kein Wissensziel mehr ausfindig machen kann, in dem sie, wenn sie es erreichte, zur Ruhe käme. Das System kann sich selbst dann schließlich nicht mehr teleologisch begreifen, sondern nur noch autopoietisch: als sich selbst fortsetzende Unruhe" (Luhmann 1990a, S. 371). Die sich seither den Wissenschaften aufdrängende Frage war, wie unter Bedingungen der Intransparenz der Welt und der Beobachterabhängigkeit aller Erkenntnis die Geltung von wissenschaftlichem Wissen als objektiv und/oder wahr begründet und gewährleistet werden könne.<sup>1</sup>

Es würde den Rahmen eines Aufsatzes übersteigen, wenn man versuchen wollte, die Vielzahl und Verschiedenheit der Entwürfe in den Wissenschaftstheorien der diversen wissenschaftlichen Disziplinen darzustellen und zu ordnen, die sich der Lösung dieses Problems widmeten. Die Spannbreite der Antworten im 20. Jahrhundert reicht von dem radikalen Reduktionismus des Logischen Empirismus, der die Differenz zwischen Tatsachenaussagen und Tatsachen

---

<sup>1</sup> Mit Wahrheit ist die Übereinstimmung einer wissenschaftlichen Aussage oder Theorie mit der Realität, mit Objektivität die Reproduzierbarkeit einer wissenschaftlichen Tatsachenfeststellung unter vergleichbaren Bedingungen gemeint.

durch unmittelbare Wahrnehmungserfahrungen überbrücken wollte (als grundlegendes Statement dieser Tradition Carnap 1961, zur Kritik dieses Programms Quine 1979), bis zu dem Vorschlag, die Differenz zwischen Natur und Kultur, zwischen Beobachtung und Welt aufzuheben und ein "Parlament der Dinge" über die angemessene Beschreibung der Welt entscheiden zu lassen (zu diesem Programm Latour 1998, zur Kritik dieses Programms s. Halfmann 2002). Man kann davon ausgehen, daß das Problem des Realitätsbezuges der Wissenschaft wegen der darin versteckten Paradoxien (s.u. dazu mehr) nicht befriedigend zu Ende diskutiert werden kann. Ich möchte der Vermutung nachgehen, daß in den meisten Disziplinen ein (wie immer selbst paradoxer) Ausweg gesucht wird, das Problem der Geltung von Aussagen über die Realität dadurch zu entparadoxieren, daß die Geltung von Aussagen oder Theorien über den Erfolg von Prognosen geprüft und daß funktionierende Technik als Indikator für Erfolg genommen wird.

In diesem Beitrag geht es also um die Funktion von Technik für die Zertifizierung von wissenschaftlichem Wissen. Dabei soll die moderne konstruktivistische Techniksoziologie für die Wissenschaftstheorie fruchtbar gemacht werden. Der hierfür verwendete Technikbegriff stammt aus der soziologischen Systemtheorie und ist so abstrakt gehalten, daß er sich eignet, die Funktion von Technik als Medium der Gewissheitserzeugung für das erzeugte Wissen des gesamten Spektrums der realitätsbezogenen Wissenschaften zu beschreiben. Technik wird hier als "kausale Simplifikation" verstanden (Luhmann 1995a, Luhmann 1995b), als die Konstruktion eines Erwartungszusammenhangs, der sich auf funktionierende Kausalbeziehungen zwischen Ereignissen bezieht. Technik (oder: Technologie)<sup>2</sup> wird als kommunikative Konstruktion gedacht, bei der Beschreibungen von Zuständen in der Umwelt konstruierender Systeme (seien es psychische Systeme oder Organisationen wie wissenschaftliche Forschungseinrichtungen) mit einer kausalen Codierung versehen werden, die Ereignisse in einer eindeutigen Ursache-Wirkungs-Beziehungen ordnen. Kausale Simplifikationen erlauben Zukunftsbindungen, also Erwartungen, daß bestimmte Ereignisse in der Zukunft eintreten. Sie können insofern als Stützen für Behauptungen über Realitätszustände dienen, die in wissenschaftlichen Theorien aufgestellt werden.

---

<sup>2</sup> Die beiden Begriffe werden in der Folge synonym gebraucht. Die Differenz zwischen Technik (als Sachtechnik) und Technologie (als "intelligenter" Technik) macht im Konstruktivismus keinen Sinn, da bei der kommunikativen Konstruktion von Kausalerwartungen immer ihr reflexiver Charakter (ihre "Konstruiertheit", wenn man so will) mitgedacht wird, gleichgültig ob es sich um materielle Artefakte oder blossе Zuschreibungen handelt.

Die These, daß Technik als Zertifizierungsinstanz für wissenschaftliches Wissen auftritt, ist nicht ganz neu. Gaston Bachelard hat schon in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts die Überlegung vorgetragen, daß die technischen Instrumente der Experimentalwissenschaften Verkörperungen der Theorien sind, die sie überprüfen sollen (Bachelard 1978); allerdings ging Bachelard nicht so weit zu behaupten, daß Technik als unabhängige Instanz der Geltungsüberprüfung von Aussagen über die Realität behandelt werden kann. Man findet die These der Geltungsüberprüfung durch Technik auch in der Tradition des kritischen Rationalismus von Popper und Albert, wenngleich wiederum nicht im Sinne einer expliziten erkenntnistheoretischen Aufwertung von Technik als Instanz der Geltungsüberprüfung (Popper 1969, Albert 1967b). Popper argumentiert, daß immer Probleme am Anfang aller theoretischen Anstrengungen stünden.<sup>3</sup> Man könne Theorien als Instrumente der Problemlösung verstehen. Popper verschafft damit der Wissenschaft einen praktischen Bezug, eine Auffassung, die Konsequenzen für den verwendeten Realitätsbegriff hat.

Hans Albert argumentiert im Anschluß an Popper, daß im Prinzip jedes wissenschaftliche Wissen auch praktische Wirkung entfalten kann, ohne daß es deshalb auf Werturteilsfreiheit und damit auf Objektivitätsgeltung verzichten müsse. Hans Albert stellt die Rolle von Technik für wissenschaftliche Geltungsüberprüfung in den Kontext der Frage nach der Werturteilsfreiheit der Wissenschaft. Albert führt damit ein Motiv fort, das schon Max Weber in die Debatte um die Objektivitätsgeltung sozialwissenschaftlichen Wissens eingeführt hatte (Weber 1988, s. dazu Ritsert 1976). Damit wissenschaftliches Wissen praktische Wirkung haben kann, muß es nur als Technologie eingeführt werden. Albert deutet "Technologie" als Transformation eines theoretischen in ein praktisches System, durch die sich der Informationsgehalt einer Theorie nicht ändert, wohl aber theoretischem Wissen für die Lösung praktischer Probleme in der Realität verwendbar gemacht wird (Albert 1967b, S. 192). Man kann Theorien als Instrumente sehen, die unter Hinzuziehung bestimmter empirischer Randbedingungen zukünftige Ereignisse prognostizierbar machen. Da das Ziel von wissenschaftlichen Theorien Erklärungen des "Verhaltens von Gegenständen ihres Objektbereiches" sind und da wissenschaftliche Theorien grundsätzlich handlungsbezogen sind, sind Erklärungen und Prognosen äquivalent (Albert 1967a, S. 126f.). Wenn man Theorien in Techniken transformiert, erlauben sie eventuell die Steuerung von Ereignissen. Technologien setzen, so Albert, Annahmen über gesetzmäßige Zusammenhänge in der Realität voraus und sind mit der Erwartung verknüpft, daß bei geeigneter Selektion von Steuerungsparametern erwünschte Effekte erzielt werden

---

<sup>3</sup> "Die Erkenntnis beginnt nicht mit Wahrnehmung oder Beobachtung oder der Sammlung von Daten oder von

können. Durch Technologien könnten Wissenschaften, jedenfalls solche, die mit Gesetzesannahmen arbeiten, Prognosen über zukünftige Ereignisse vornehmen.

Man muß aber nicht eine so starke Annahme wie Albert machen, daß die Anwendung von theoretischem Wissen als Technik das Wirken von Gesetzen in der Realität voraussetzt. Es genügt die Unterstellung, daß Technik "funktioniert", ohne daß selber wieder gezeigt werden müßte, warum Technik funktioniert, also ob dies daran liegt, daß die Realität gesetzmäßig aufgebaut ist oder daß sie eine (endliche?) Zahl von technischen Manipulationen toleriert. Dies führt zugleich zur ersten These dieses Beitrages: Die Erwartung, daß bestimmte wissenschaftliche Aussagen "stimmen" oder "wahr" sind, stützt sich auf die Chance, dieses Wissen in eine Technologie transformieren und das Funktionieren der Technologie für einen Geltungsbeweis halten zu können.

In diesem Beitrag soll es nicht primär darum gehen, die Frage zu erörtern, ob Wissenschaft verlässliche Prognosen formulieren kann. Dies hängt offensichtlich, wenn die erste These stimmt, von dem Funktionieren von Technologien ab. Zukünftige Ereignisse sind aber grundsätzlich nicht antizipierbar, selbst wenn man glaubt, über Gesetzeswissen zu verfügen, da die Randbedingungen, unter denen Gesetze anwendbar sind, nicht bekannt sein können. Dies versteht jede Wissenschaft mit Unsicherheit hinsichtlich der Frage, wie die Geltung des von ihr erzeugten Wissens geprüft werden kann. Die hier vorgeschlagene Antwort - durch Technik, also durch Transformation von wissenschaftlichem Wissen in Technik – geht davon aus, daß Technik als eine (in die Umwelt der Gesellschaft gesetzte) Brücke zwischen Wissen und Nicht-Wissen funktioniert. Die Geltung des wissenschaftlichen Wissens ist nun aber systematisch mit dem Risiko möglichen Nicht-Funktionierens von Technologien behaftet. Insofern kann Technik in einem strengen epistemologischen Sinn die durch die Deontologisierung und Enttologisierung des Weltbildes geschaffene basale Geltungsunsicherheit wissenschaftlichen Wissens nicht ausräumen. Aber sie transformiert die Unsicherheit in ein kalkulierbares Risiko, das auf mehr oder weniger langer Erfahrung mit dem Funktionieren von Technik beruht. Diese Unsicherheit ist allen Wissenschaften gemeinsam. Die Differenzen an Unsicherheit zwischen den Wissenschaften sind nur graduell und können nicht als Basis für die Behauptung einer grundsätzlichen Differenz zwischen Natur- und Sozialwissenschaften dienen, wie sie noch in der älteren sozialwissenschaftlichen Methodologie eine Rolle spielt (s. etwa Weber 1988, auch noch Habermas 1972). Dennoch haben sich in den Wissenschaften ganz

---

Tatsachen, sondern sie beginnt mit einem Problem" (Popper 1969b, S. 104).

unterschiedliche Grade des Vertrauens in Technik eingestellt. Die Unterschiede zwischen den diversen Wissenschaften hinsichtlich des Vertrauens in die Zertifizierungsleistung von Technik beruhen nicht, so die zweite These dieses Artikels, auf der unterschiedlichen Fähigkeit der Disziplinen, Gesetzeswissen zu erzeugen, sondern auf unterschiedlichen Chancen, funktionierende Techniken zur Geltungsüberprüfung zu konstruieren.

## 2. Wissenschaftlicher Konstruktivismus: Zur Frage der Erkennbarkeit der Realität

Die moderne "postempiristische Wissenschaftsphilosophie" (Popper, Kuhn, Lakatos, Feysabend, s. dazu Lakatos/Musgrave 1970, Halfmann 1980) und die wissenschaftssoziologische Kritik der (Natur)Wissenschaften (Latour/Woolgar 1979, Bloor 1991, Knorr-Cetina 1984, ein wissenschaftssoziologischer Überblick in: Heintz 1993, eine wissenschaftsphilosophische Auseinandersetzung in: Hacking 1999) haben den konstruktivistischen Charakter jeglicher Wissenschaft ins Relief erhoben (Luhmann 1990a). Die Kritik der "naturwissenschaftlichen Weltanschauung" (Rickert 1902, S. 8) bezog sich auf den Versuch der Bereinigung der Wissenschaft von "metaphysischen" d.h. einer logischen Überprüfung nicht zugänglichen Begriffen. Diese Erwartung an eine vollständige Erfassung der Realität erreichte im Logischen Empirismus einen gewissen Höhepunkt. Ein wichtiger Impuls dieser Kritik stammte von der Rehabilitierung des Gedankens, daß wissenschaftliches Wissen stets nur eine Selektion aus einer unendlichen Fülle von Nicht-Wissen darstellt (Huff 1984, S. 8). Dieser Gedanke kommt im kritischen Rationalismus in der These zum Ausdruck, daß wissenschaftliche Aussagen durch Zugriff auf bisher nicht bekannte Sachverhalte falsifiziert werden können.<sup>4</sup> In diesem Postulat war allerdings mitgemeint, daß es keine kognitive Instanz außerhalb der erkennenden Systeme (seien sie die psychischen Systeme von Forschern oder die Forschungsprogramme von wissenschaftlichen Organisationen) gibt, die über die Gültigkeit, Validität oder Objektivität von Erkenntnis entscheiden kann. Man kann dies das "autologische" Programm der Wissenschaft nennen (Halfmann 1999). Es bedeutet einerseits Beobachtungsabhängigkeit (bei Popper: Theorieabhängigkeit) der Realitätskonstruktion, andererseits Zirkularität der Geltungssicherung des in der Beobachtung erzeugten Wissens.

---

<sup>4</sup> Daß wissenschaftliche Hypothesen auf diese Weise empirisch nicht zurückgewiesen werden, hat Thomas S. Kuhn überzeugend demonstriert, s. mit Blick auf die Rolle von Messungen für die Geltungsprüfung von Theorien Kuhn 1977



Die Beobachtungsabhängigkeit der Konstruktion von Realität (z.B. von Natur) bedeutet, daß alle Erkenntnis relativ zu der gewählten Beobachterperspektive ist. Dies meint nicht, daß die Wahl der Perspektiven beliebig ist, sondern daß die Verfügbarkeit von Realität ein Produkt der Beobachtung ist. Beobachten ist in diesem Sinne Konstitution von Realität (eben auch von Natur) durch Gebrauch von Unterscheidungen (Luhmann 1990a: 68ff.). Die Verwendung von Unterscheidungen wie die von "Theorie und Realität" (Albert) oder "analytischen" und "synthetischen" Urteilen (Kant) ist jedoch voraussetzungsreich: sie setzt die Bildung eines zur Unterscheidung fähigen Systems voraus, und ist allein deshalb nicht beliebig verfügbar.<sup>5</sup> Beobachtungen (und die dabei verwendeten Unterscheidungen) können selber wiederum (mit anderen Unterscheidungen) beobachtet werden. Dabei ist jede Beobachtung aber im Akt des Beobachtens durchaus nicht in der Lage, das eigene Beobachten zu beobachten. Im Moment des Beobachtens wird die Welt behandelt, als sei sie so, wie sie ist. Dies bedeutet, daß Natur auch im Alltag der wissenschaftlichen Kommunikation oder der Technikverwendung ontologisch gefaßt wird, also Gegebenheit, womöglich gesetzmäßiger Aufbau und eindeutige Erkennbarkeit bzw. verlässliche Manipulierbarkeit der Welt unterstellt werden. Dies ist gar nicht anders möglich, da sonst Beobachten nicht möglich wäre. Dies gilt selbstverständlich auch für das Beobachten von Beobachtungen<sup>6</sup>.

Jede Beobachtung führt die Unterstellung einer unabhängig von der Beobachtung existierenden Realität mit sich, da sie selbst eine empirische Operation ist, also sich selbst nur als in der Realität stattfindend beschreiben kann. Aber erst die Beobachtung einer solchen Operation, etwa mit den methodologischen oder philosophischen Mitteln der Wissenschaftstheorie, wie sie für die Wissenschaft typisch ist, macht diese Implikation deutlich. Die Differenz zwischen Beobachtung als empirischer Operation und Beobachtung einer solchen Beobachtung ermöglicht es, "zwischen Realität und Objektivität des Beobachtens zu unterscheiden. Die Realität ist mit dem Vollzug der Operation gegeben, und insofern sind alle beobachtenden Systeme reale Systeme mit entsprechenden Realabhängigkeiten. Aus der Realität des operativen Vollzugs von Beobachtungen kann man jedoch nicht auf deren Objektivität schließen. Die Realität des Beobachtens ergibt sich, mit anderen Worten, nicht aus dem Ausgriff in eine Welt, die unabhängig von dem Beobachter existiert und von allen Beobachtern, wenn sie sich nicht irren,

---

<sup>5</sup> Diese Konstruktion ist offensichtlich zirkulär, da beobachterabhängig: Beobachten ist Voraussetzung wie Folge von Systembildung.

<sup>6</sup> "Auch ein Beobachter zweiter Ordnung ist immer ein Beobachter erster Ordnung insofern, als er einen anderen Beobachter als sein Objekt herausgreifen muß, um durch ihn (wie immer kritisch) die Welt zu sehen. Dies zwingt ihn zum autologischen Schluß, das heißt: zur Anwendung des Begriffs der Beobachtung auf sich selbst" (Luhmann 1997: 1117).

gleichsinnig erfaßt wird, weil sie unabhängig von ihnen existiert" (Luhmann 1990a, S. 78). Wenn Objektivität meint, daß jeder Beobachter eines Sachverhaltes zu der gleichen Beschreibung kommen muß, dann kann im Sinne der konstruktivistischen Epistemologie damit nur gemeint sein, daß Kommunikation und Verständigung zwischen Forschern über das, was als ein angemessenes empirisches Verfahren (wie z.B. ein Experiment) gilt, stattgefunden hat.

Die Feststellung der Objektivität einer Beobachtung (Aussage) ist so kein rein "subjektfreier", kognitiver Akt, wie etwa die analytische Wissenschaftstheorie unterstellt, die Objektivität durch "Intersubjektivität" übersetzt und "Subjektivität" durch Technik (Metrisierung) auszuschalten versucht. So heißt es bei Stegmüller: "Wir können durch Beobachtung feststellen, ob die Säule (eines Thermometers, das ins Wasser gehalten wird, J.H.) gestiegen, gesunken oder an derselben Stelle verblieben ist. Das Entscheidende dabei ist, daß verschiedene Beobachter zu demselben Resultat gelangen und nicht mehr in Streit geraten wie in dem Fall, wo sie sich für ihre Behauptungen über Wärme und Kälte nur auf ihre subjektiven Empfindungen berufen konnten... Hier zeigt sich deutlich, daß mit dem Prozeß des Metrisierens gleichzeitig ein Prozeß der Objektivierung, d.h. der Gewinnung gemeinsamer intersubjektiver Resultate eingeleitet wird" (Stegmüller 1970, S. 64). Die "Gemeinsamkeit" der Urteile ergibt sich natürlich nicht von selbst, etwa durch kommunikationsfreien Vergleich von Wahrnehmungen, sondern sie muß selber hergestellt werden. Die Feststellung der Objektivität wissenschaftlichen Wissens ist nur als sozialer Akt beschreibbar, der "Daumenpeilungen", (Wert)Urteile, ja sogar Absprachen unter Forschern einschließt, die konditioniert werden durch die suggestiven Effekte funktionierender technischer Messinstrumente.

Genau dies ist der Befund des "empiristischen Sozialkonstruktivismus" (s. Knorr 1989), der sich der Frage widmet, wie sich Forscher darüber einigen, ob und wie eine Tatsachenfeststellung als gültig betrachtet werden kann. Wichtigstes Resultat dieser empirischen Beschreibungen von Messvorgängen ist, daß das Lesen von Meßgeräten gerade bei neuen Meßbefunden Kompetenzen verlangt, die nicht jeder Forscher mit der gleichen Autorität für sich in Anspruch nehmen kann (Gooding 1986).<sup>7</sup> Jedenfalls hat eine solche Rekonstruktion des empirischen Zustandekommens von Urteilen deutlich gemacht, daß Metrisierung solche Absprachen nicht ersetzt, sondern nur anders konditioniert. Insbesondere durch das "starke Programm" der

---

<sup>7</sup> Als weitere Implikation dieser empirischen Beobachtungen von naturwissenschaftlicher Forschung erodiert die Trennschärfe der in der Wissenschaftstheorie verbreiteten Unterscheidung von "context of discovery" und "context of justification". Zur Geltungssicherung eines Forschungsergebnisses gehören das Rekalibrieren von Meßgeräten während des Experiments und das Aushandeln der Befunde von Meßvorgängen, also die "Verschmutzungen" des Entstehungskontextes wissenschaftlichen Wissens hinzu (s. dazu Nickles 1989).



Edinburger Schule der Wissenschaftssoziologie (Bloor 1991) wird die im kritischen Rationalismus Poppers herausgestellte Erkenntnis radikalisiert, daß Objektivität des wissenschaftlichen Wissens das Produkt einer wissenschaftsinternen Unterscheidung zwischen Theorie, Methode und Empirie ist. Poppers Grundsatz, daß Protokollsätze theoriegeleitet seien (Popper 1969b), wird dahingehend radikalisiert, daß Realität (und damit Überprüfung von Wissen an der Realität) eine wissenschaftsinterne Konstruktion ist, die die Forschung als Sozialsystem involviert (Luhmann 1990b).<sup>8</sup> "Die Unterscheidung objektiv/subjektiv (im Sinne des neuzeitlichen Sprachgebrauchs) kollabiert also und wird durch die Unterscheidung Selbstreferenz/Fremdreferenz ersetzt, die in jedem Falle und in beiden Richtungen ein Strukturmoment des Beobachtens selber ist" (Luhmann 1990a, S. 78).

Wenn (wissenschaftliche) Beobachtung den Realitätsbezug über die Differenz von Selbst- und Fremdreferenz herstellt, dann enthält jedes Beobachten (Erkennen) einen fundamental zirkularen Charakter. Da die Triftigkeit der Erkenntnisse nicht durch Ausgriffe auf die Natur (die Umwelt der Beobachtungssysteme) bestätigt werden kann, können beobachtende Systeme nur zwischen Sachverhalten unterscheiden, die dem System (Selbstreferenz) und solchen, die der Umwelt (Fremdreferenz) angehören. In beiden Fällen handelt es sich aber um systemintern erzeugte Beobachtungen (oder in der Sprache der philosophischen Wissenschaftstheorie: Aussagen). Die Geltung von Aussagen, die die Realität oder die wissenschaftlichen Beobachtungen selber betreffen, kann nur durch wissenschaftliche Verfahren selber bestimmt werden, vor allem durch die Verwendung von Theorien und Methoden, mit deren Hilfe Tatsachenfeststellungen in wissenschaftliche Aussagen transformiert werden. "Erkenntnisse können ... nur zirkulär begründet werden" (Luhmann 1999a, S. 294). Dies gilt auch für die Wahrheitsgeltung von Wissenschaft. Im Kontext konstruktivistischer Epistemologie ist Wahrheit zunächst ein kommunikativer Code, mit dessen Hilfe unterschieden werden kann, ob Wissenserzeugung innerhalb oder außerhalb der Wissenschaft stattfindet. In der Evolution der Gesellschaft hat sich das Wissenschaftssystem als das soziale System herausgebildet, das Wissen unter Wahrheitsgesichtspunkten erzeugt und verwendet. Wissenschaftsintern ist Wahrheit ein Medium (oder in der Sprache der philosophischen Tradition: eine regulative Idee), in dem wissenschaftliche Aussagen als Hypothesen formuliert und über empirische Methoden geprüft werden. In diesem Sinne orientiert sich die wissenschaftliche Wissensproduktion an Wahrheit. Dies macht Wahrheit zu einem rein wissenschaftsinternen Mittel der Wissensüberprüfung, das außerhalb der Wissenschaft (also im Recht oder in der Politik) per

---

<sup>8</sup> mehr dazu in Abschnitt 4 am Beispiel von Experimenten und Experimentaltechnik in der Physik

se keine Geltung beanspruchen kann (s. dazu Luhmann 1990a, S. 167ff.). Bei Luhmann führt die Ausdifferenzierung der Wissenschaft als Funktionssystem zur laufend sich steigenden Differenz von "Wissen und Wissenswerten", die sich nicht mehr teleologisch, sondern nur noch autopoietisch organisieren lassen. Genau dadurch werde die Welt intransparent und kontingent. "Wissenschaft wird so zu dem Mittel, durch das die Gesellschaft die Welt unkontrollierbar macht" (Luhmann 1990a, S. 371).<sup>9</sup> Da aber die Leistung der Wissenschaft darin besteht, die Gesellschaft mit neuem wahren Wissen zu versorgen, sieht sich die Wissenschaft unter irreversiblen Druck gesetzt, die Geltung ihres Wissens auf eine auch für die nicht-wissenschaftlichen sozialen Umwelten glaubwürdige Weise als gültig darstellen zu können. Hier wie auch in der wissenschaftsinternen Kommunikation spielt Technik wegen ihrer bewährten Kontrolleffekte eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung des Vertrauens in die Geltung wissenschaftlichen Wissens.

### 3. Technik und die Geltungsüberprüfung wissenschaftlichen Wissens

Seit Kant geht die herrschende Tradition der Wissenschaftstheorie davon aus, daß die Wahrheit von Theorien nicht in einer irgendwie konstruierten Entsprechung zur äußeren Realität bestehen kann. Man kann die post-kantianische Wissenschaftstheorie als immer wieder neue Versuche interpretieren, einen Ersatz für adäquationstheoretische Wahrheitskonzepte zu finden. Kaum eine Alternative, wie etwa die Annahme einer Annäherung der Theorie an die Realität (Popper), kann erkenntnistheoretisch überzeugen. Eine Möglichkeit besteht darin, Wahrheit durch Erfolg zu ersetzen. Erfolg kann sachlich oder sozial definiert werden. Eine soziale Beschreibung von Erfolg ist in dem Vorschlag von Imre Lakatos enthalten, zwischen progressiven und degenerativen Forschungsprogrammen zu unterscheiden. Progressive Forschungsprogramme zeichnen sich dadurch aus, daß sie neue Begriffe und Hypothesen generieren können, die die Problemformulierungen älterer Theorien abdecken und darüber hinaus neue Prognosen ermöglichen (Lakatos 1970). Eine sachliche Definition von Erfolg liegt in dem Vorschlag von Carl Friedrich von Weizsäcker, die Wahrheit von Wissenschaft durch ihre technische Leistungsfähigkeit zu bestimmen. Von Weizsäcker antwortete auf die Frage nach dem Erfolg der Naturwissenschaften: "Ich weiß keine andere Antwort als ihre Wahrheit."

---

<sup>9</sup> Wie im weiteren zu zeigen sein wird, soll Technik ein Moment von Kontrollierbarkeit in eine an sich unkontrollierbare Welt einführen. In diesem Sinne ist auch die Funktion von Technik für die Geltungsüberprüfung von wissenschaftlichem Wissen zu verstehen. Da Technik selber inhärente Risiken des Kontrollverlustes (im Falle des Nicht-Funktionierens) aufweist, wird die Unkontrollierbarkeit der Welt nur temporär und lokal aufgehoben.

Wenn man über fast 400 Millionen Kilometer (...) ein Instrument auf dem Mars weich landen lassen, seine Bewegungen über die Entfernung steuern und die von ihm aufgenommenen Photographien auf der Erde empfangen kann - ist das anders erklärlich, als weil man die Bewegungsgesetze der Körper und Lichtwellen wirklich kennt?... Die Macht der Naturwissenschaft beruht auf ihrer Wahrheit" (Zitat bei Mohr 1983, S. 16). Es wird ganz deutlich, daß die Beziehung zwischen Wahrheit und Erfolg in beide Richtungen konstruiert werden kann, denn in einem konventionellen erkenntnistheoretischen Sinn kann der technische Erfolg einer Raketensteuerung nicht als Geltungsbeweis der ihr zugrundeliegenden Physik dienen.

Technik bietet sich als ein Ersatz für die klassische ontologische Geltungssicherung an, da Technik in der Umwelt der Gesellschaft situiert ist, also wie Natur behandelt werden kann, aber trotzdem hergestellt ist und auf eine soziale Quelle zurückgeführt werden kann. Dies macht Technik zu einem naheliegenden Kandidaten als unabhängige Instanz der Geltungsüberprüfung von wissenschaftlichem Wissen. In diesem Sinn läßt sich behaupten, daß alle Wissenschaften Technik als "letzte" Instanz der Geltungsüberprüfung verwenden: die Technikwissenschaften über arbeitsleistende oder -messende Installationen, die Naturwissenschaften über Experimentalanordnungen, die Sozialwissenschaften durch Quasi-Technologien (wie etwa standardisierte Erhebungs- und Analysemethoden in der Soziologie, die Dogmatik in der Rechtswissenschaft, die Didaktik in der Erziehungswissenschaft etc.). Das zentrale Merkmal aller Technologien besteht darin, daß sie ihren Gegenstandsbereich in einer durch die Theorie prognostizierten Weise verändern. Das Paradox der Geltungsüberprüfung durch Technik besteht also darin, daß die Bestätigung von Theorien durch die kontrollierte Veränderung ihres Gegenstandsbereich erfolgt, also dadurch daß neues Wissen erfordert wird, um die Variation gegenüber dem ursprünglich beschriebenen Zustand zu erfassen. Auf diese Weise sorgt eine Technologie zugleich dafür, daß in der Wissenschaft die Differenz von Wissen und Nicht-Wissen durch selbsterzeugte Überprüfungsprozesse laufend in Richtung Nicht-Wissen verschoben wird. Die Chance des Nicht-Funktionierens von Technologie setzt diesen kontrollierten Prozeß der Ausdehnung des Wissens in den Raum des Nicht-Wissens dem Risiko des Scheiterns aus: die gewählte Pfadabhängigkeit der durch Technik geschlagenen Schneise in den Raum des Nicht-Wissens kann sich als "Holzweg" herausstellen, wenn die Technik auf Sachverhalte stößt, die sich von ihr nicht bearbeiten, subsumieren, kontrollieren lassen.

Technik wird hier verstanden als "feste Kopplung von kausalen Elementen, gleichviel auf welcher materiellen Basis diese Kopplung beruht. Dieser Begriff schließt menschliches Ver-

halten ein, sofern es 'automatisch' abläuft und nicht durch Entscheidungen unterbrochen wird" (Luhmann 2000, S. 370). Die feste Kopplung kann zwischen physikalischen, chemischen oder biologischen Elementen, aber auch zwischen menschlichem Verhalten oder zwischen Verhalten und physikalischen Elementen zustande kommen. "Technik kann, anders gesagt, aus ganz heterogenen Elementen funktionierende Netzwerke bilden, sofern nur die strikte Kopplung gelingt" (Luhmann 2000, S. 371).<sup>10</sup> Technik funktioniert, vor allem mit Blick auf soziale Kontexte, immer nur dann, wenn Operationen sinnfrei kausal verknüpft sind, was bei materiellen Operationen immer der Fall ist und bei menschlichen Operationen immer Reduktion auf automatisierte Verhaltensweisen voraussetzt, also auf solche Operationen, die nicht auf Kommunikationen beruhen.

Technik ist die Konstruktion (i.S. von "Bauen", wenn man an die Herstellung von Geräten und Apparaten denkt, aber auch von Zuschreibung, wenn man an die Funktionsweise von Gehirnzellen bei der Gedächtnistechnik denkt) durch Fixierung und Isolation von Kausalrelationen zum Zwecke ihrer redundanten Verwendbarkeit. Eine solche Auffassung führt aber von der herkömmlichen Einordnung von Technik als (materiellem) Artefakt weg. Statt dessen soll Technik, wie am Anfang eingeführt, über die Unterscheidung von loser und enger Kopplung definiert werden (s. auch Stückemann 1999). Enge Kopplung bedeutet, daß bei der Konstruktion von Technik Anstrengungen unternommen werden müssen, erwünschte Ursachen-Wirkungszusammenhänge in eine stabile Beziehung zu bringen und unerwünschte Ursache-Wirkungszusammenhänge auszuschließen – und zwar durch ein (im weitesten Sinn zu verstehendes) containment. (Man muß dabei nicht nur an Kernkraftwerke denken, deren Gehäuse den Kontakt des hochgiftigen Spaltmaterials mit der Umwelt verhindern soll; sondern auch an Vorrichtungen bei elektrischen Geräten, die den Einfluß störender elektromagnetischer Signale verhindern sollen; man kann aber auch bei der Mnemotechnik an 'Konzentration', denken, ein Verfahren, durch das störende Erinnerungen abgeschirmt werden sollen).

Technik wird also nicht in erster Linie als ein Apparat oder als eine rationale Zweck-Mittel-Kopplung (Weber<sup>11</sup>) oder ein mittel- bzw. zieleffizientes Tun verstanden. Technik wird viel-

---

<sup>10</sup> Die Beobachtung der Kopplung von Handlungen und materiellen Artefakten, also z.B. die Koordination von Rechenoperationen in Computern und audiovisuellen und taktilen Operationen von Bedienern, hat die Akteur-Netzwerk-Theorie der Technik zu der Annahme inspiriert, daß die Unterscheidung zwischen materiellen Artefakten und lebenden Akteuren aufgehoben sei (s. z.B. Callon 1983, Latour 2000) - eine Idee, die hier nicht aufgegriffen wird.

<sup>11</sup> "Technik eines Handelns bedeutet uns den Inbegriff der verwendeten Mittel desselben im Gegensatz zu jenem Sinn oder Zweck, an dem es letztlich orientiert ist, ‚rationale‘ Technik eine Verwendung von Mitteln, welche

mehr als eine "funktionierende Simplifikation" (Luhmann) behandelt, die auf einer sich im Medium der Kausalität ausdrückenden Erwartung beruht: daß auf eine bestimmte Ursache (oder einen bestimmten Ursachenkomplex) eine bestimmte Wirkung (ein bestimmter Wirkungskomplex) folgt. Diese Erwartung wird nicht in Form von Normen oder Intentionen, sondern von Installationen (physikalische, chemische oder neurologische "Maschinen") "formuliert" (zum Begriff der Installation s. Halfmann 1996). Technik ist also letztlich eine in einem Substrat "gelagerte" Erwartung über das Eintreten von eng (kausal) gekoppelten Ereignissen oder Operationen. Erwartungen können allerdings enttäuscht werden: die erwartete Ursache-Wirkungs-Kette tritt nicht ein – ein Vorgang, der als Nicht-Funktionieren von Technik beobachtet wird und den kontingenten Charakter aller Arten von Zukunftsbindung in Erinnerung ruft. Technik als Kausalitätserwartung zu verstehen, heißt immer, daß das Nicht-Funktionieren von Technik miterwartet wird, wenn Technik beobachtet wird. Die Erwartung kausaler Kopplung ist eine riskante. "Risiko ist ... ein inhärentes Merkmal von Kausalität, weil jede Formbildung in diesem Medium sich auf die innere Seite der Form, also auf angenommene feste Kopplungen, konzentrieren und die äußere Seite der Form, den unmarkierten Bereich anderer Möglichkeiten, außer Acht lassen muß" (Luhmann 1995b, S. 110). Das Risiko der Kausalerwartung der Technik besteht also darin, daß andere als die gewünschten kausalen Kopplungen auftreten und den antizipierten Effekt zunichte machen.

Bei der "Normalerwartung" funktionierender Technik beruht der Effekt der Kausalerwartung für die Umweltbeobachtung darin, daß die Umwelt so behandelt wird, als wäre sie "tatsächlich" deterministisch geordnet. Die bei der Umweltbeobachtung (erster Ordnung) mitgeführte Unterstellung ist, daß die Welt (insbesondere: "Natur") aus einem unendlichen Geflecht lose verknüpfter Kausalbeziehungen zwischen Ereignissen besteht, die sich für eine Formung, d.h. eine "künstliche" enge Kopplung eignen. Naturwissenschaftliche Modelle der Natur als eines gesetzmäßigen Ereigniszusammenhangs operieren mit einer solchen Unterstellung. Die experimentelle Überprüfung naturwissenschaftlicher Hypothesen (also die Formulierung von Erwartungen über bestimmte Ursache-Wirkungs-Beziehungen) ist also nicht nur ein Test dieser Erwartung durch Technik (Janich 1978), sondern stellt die der Erwartung zugrundeliegende Realität erst her. Da jede experimentelle Anordnung eine technische Installation ist, werden naturwissenschaftliche Hypothesen über das Funktionieren von Technik geprüft.

---

bewußt und planvoll orientiert ist an Erfahrungen und Nachdenken, im Höchstfall der Rationalität: an wissenschaftlichem Denken" (Weber 1976, S. 32)

Die Unterschiede zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen bestehen vor allem in dem Grad der Invisibilisierung des Risikos des Funktionierens von Technik als Instanz der Geltungsüberprüfung. Die Risiken des Funktionierens von Technik sind in dem Maße reduzierbar, wie sich die Techniken erfolgreich von intervenierenden Kausalitäten isolieren und sich die Kopplungen an soziale Systeme (und deren sinnhafte Operationen) minimieren lassen. Man kann auch sagen, daß zu den erprobtesten Strategien der Isolierung von Technik ihre erfolgreiche Externalisierung in die Umwelt der Gesellschaft gehört. Mit anderen Worten: je stärker Technik als nicht-sinnhafte kausale Ereignisverknüpfung von sinnhaften Interventionen entkoppelt werden kann, desto besser eignet sie sich zur Geltungsüberprüfung von Wissen. Andererseits: je stärker sich wissenschaftliche Disziplinen von funktionierender Technik als Medium der Geltungsüberprüfung abhängig machen, desto geringer fällt der Bedarf an wissenschaftstheoretischer Reflexion aus, der den "Realismus" der Beobachtung erster Ordnung relativieren könnte und das Risiko des durch Technik konditionierten Geltungsglaubens ins Relief heben würde.

Vor diesem Hintergrund lassen sich zwei Extreme der Verlässlichkeit von Technik für die Wissensüberprüfung konstruieren. Während die Sozialwissenschaften einerseits mit einem gravierenden "Technologiedefizit" konfrontiert sind, genießen die Technikwissenschaften (noch vor den Naturwissenschaften) die Vorzüge erfolgreicher Isolierung ihrer Technologien von intervenierenden Kausalitäten. Die Geltung des Wissens in den Ingenieurwissenschaften wird direkt in dem Funktionieren der von ihnen konstruierten Technik geprüft. Die Transformation von Theorie in Technik als Test des prognostischen Gehaltes der Theorie im Sinne Alberts ist geradezu die vorrangige Intention der Technikwissenschaften. In seiner "Systemtheorie der Technik", die Elemente einer Metatheorie der Technikwissenschaften enthält (Ropohl 1999, S. 71ff., S. 323ff.) spezifiziert Ropohl den Begriff des "technischen Wissens" so, daß er immer auf "technische Artefakte" referiert (Ropohl 1999, S. 208). Technik wird als (Teil der) Realität behandelt, auf die man durch Wahrnehmungen und Handlungen einerseits und durch Anwendung von Naturgesetzen andererseits direkt Zugriff hat (s. die Definition von Technik bei Ropohl 1999, S. 31). Die "reale" Verbindung von Technik und Natur wird darin gesehen, "dass die Sachen der Technik, die Artefakte, aus natürlichen Beständen gemacht sind und, als dingliche Gegebenheiten im Raum und Zeit existent, wie die Naturdinge den Naturgesetzen unterliegen" (Ropohl 1999, S. 33). Dieser "Realismus" schränkt eine Theorie des Wissens über Technik auf die Frage gelingender Anwendung von Modellierungen der Realität ein. Die empirische Sozialforschung auf der anderen Seite arbeitet letztlich mit einem



analogen "Realismus", wenn sie (z.T. technisch anspruchsvolle) Auswertungsmethoden dazu verwendet, die (zumeist durch Befragung) erhobenen Daten auf (statistisch signifikante) Korrelationen "durchzukämmen"; der häufige Verzicht auf Theorie als Hypothesengenerator läßt dann vergessen, daß die in der Forschung gewonnenen Daten nicht die außerwissenschaftliche Realität der befragten Probanden, sondern die wissenschaftlich konstruierte Realität repräsentieren (s. dazu auch Luhmann 1990a, S. 369f.).

Während in den Sozialwissenschaften andererseits wegen des Technologiedefizits der empirischen Sozialforschung<sup>12</sup> das Wissen um die Risiken der Geltungsüberprüfung von Technisierung wachgehalten und erkenntnistheoretisch reflektiert wird, werden in den Technikwissenschaften die Erfahrungen des Nicht-Funktionierens von Technik immer noch als nicht-technische Störungen (wie z.B. menschliches Versagen) behandelt, die durch noch mehr Technik kompensiert werden können.<sup>13</sup> Das "Technologiesurplus" behindert in den Technikwissenschaften eine ausreichende erkenntnistheoretische Reflexion auf die Geltungsgrenzen von Technik, die das Nicht-Funktionieren von Technik als Geltungstest für technikwissenschaftliches Wissen verwenden müßte. So wird zwar in den einschlägigen Publikationen zur Metatheorie der Technik unter den Stichworten "Zuverlässigkeit" oder "Mangel" auf die Risiken von Technik hingewiesen (s. etwa Ropohl 1985, S. 85ff., Ropohl 1999, S. 203ff.), aber ohne daß dies Folgen für den vorherrschenden epistemologischen "Realismus" einer ingenieurwissenschaftlichen Theorie der Technik hätte.

Wie müßte dann die Überprüfungsleistung von Technik erkenntnissoziologisch identifizierbar gemacht werden? Im strengen Sinn kann die Objektivität nur über Selbstreferenz, also durch die wissenschaftsinterne Unterscheidung von Datenerhebung und Datenanalyse, Theorie, Methode und Tatsachenfeststellung zustande kommen. Letztlich handelt es sich um den theore-

---

<sup>12</sup> Es gibt trotz gelegentlicher Ambitionen (Zimmermann 1972) in den Sozialwissenschaften kein echtes Äquivalent zum Experiment in den Naturwissenschaften oder zur externalisierbaren Technik in den Ingenieurwissenschaften. Der Hauptgrund besteht nicht so sehr darin, daß die sozialwissenschaftliche Tradition bisher keine Invarianzen (Gesetze) gefunden hat, an die die sozialwissenschaftlichen Disziplinen übereinstimmend anknüpfen würden. Er liegt eher darin, daß das, was im sozialwissenschaftlichen Experiment gemessen wird – nämlich die Macht der Sozialwissenschaft, Probanden nach ihren Forschungsinteressen zu konditionieren (s. dies als neue Einsicht annoncierend Latour 2000) – schnell entwertet wird, wenn dies sich herumspricht, da Sozialforschung "von dem Vertrauen in die Ethik, den Sinn und den Nutzen der Forschung" (Friedrich 1973, S. 336) zehrt. Diese Technik läßt sich schlecht in die Gesellschaft als universelle Technik exportieren bzw. verlangt zu spezielle oder zu aufwendig zu arrangierende Anwendungskontexte.

<sup>13</sup> Daß sich auf die Kopplung zwischen Technik und sozialen Systemen nicht völlig verzichten läßt, liegt auf der Hand. Es muß immer Individuen geben, die Meßgeräte bedienen und Meßergebnisse interpretieren (der Einhackpunkt der konstruktivistischen Wissenschaftssoziologie). Was in der Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaft nicht gesehen wird, ist, daß Individuen nicht einfach nur potentielle Störfaktoren einer selbstlaufenden

tisch substantiierten Glauben, daß Technik als Geltungsüberprüfung gelten kann, so wie es sich um einen Glauben handelt, daß Beobachtungsprotokolle die Geltung von wissenschaftlichen Hypothesen überprüfbar machen (Quine 1979, S. 49). Erkenntnistheoretisch ist das Verhältnis von Selbst- und Fremdreferenz, also von methodologischen und theoretischen zu tatsachenbezogenen Bestandteilen wissenschaftlichen Wissens hochgradig selbstreferenzlastig. Oder wie Quine dies in Auseinandersetzung mit dem Logischen Empirismus formuliert hat: "Die Gesamtheit unseres sogenannten Wissens oder Glaubens, angefangen bei den alltäglichsten Fragen der Geographie oder der Geschichte bis hin zu den grundlegendsten Gesetzen der Atomphysik oder sogar der reinen Mathematik und Logik, ist ein von Menschen geflochtenes Netz, das nur an seinen Rändern mit der Erfahrung in Berührung steht... Ein Konflikt mit der Erfahrung an der Peripherie führt zu Anpassungen im Inneren des Feldes" (Quine 1979, S. 47). Die "Unterdeterminierung" der Wissenschaft durch Erfahrung erlaubt deshalb auch einen gewissen Spielraum bei der Bewertung, wie die über Technik vermittelten Erfahrungen und wie die Erfahrung mit der Experimental- und Meßtechnik selber im Hinblick auf die Bestätigung oder Nicht-Bestätigung von Forschungshypothesen zu beurteilen sind.

#### 4. Geltungsüberprüfung in der Physik: Mikroskope und Prismen

In der modernen Physik ist die Annahme, daß die Physik die Natur oder die Wirklichkeit beschreibe, nachhaltig erschüttert worden. Dazu hat vor allem die Quantenphysik beigetragen, die als Grundlagentheorie der Physik behandelt wird. "Die Quantenmechanik hat die klassische Mechanik darin ersetzt, daß sie in der heutigen Physik die allgemeine Theorie der Veränderung beliebiger Objekte ist" (Drieschner 1996, S. 78). In der Philosophie der Physik sind genügend Argumente versammelt worden, die überzeugend darlegen, daß die Quantenmechanik keine Theorie der Natur, sondern eine Theorie ist, "die es gestattet, Wahrscheinlichkeiten für das Ergebnis von Messungen auszurechnen" (Drieschner 1996, S. 80). Dafür ist der Indeterminismus der Quantenphysik verantwortlich, der sich auf den Doppelcharakter quantenmechanischer Objekte als Teilchen und als Wellen bezieht und der besagt, daß quantenmechanische Objekte zwar immer nur als Teilchen nachweisbar sind, daß die Wahrscheinlichkeit des Nachweises sich aber wie eine Welle im Raum ausbreitet. Wahrscheinlichkeitskalküle über mögliche Meßergebnisse machen daher den Kern quantenmechanischer Realitätskonstruktion aus. Daraus folgt: "...man kann mit der Quantenmechanik also eine Voraussage errechnen für

---

Technik, sondern die Umschaltpunkte zur Kommunikation von Wissen in sozialen Systemen (wie dem Wissen-

die relative Häufigkeit, mit der man ein Teilchen in einem bestimmten Raumbereich finden wird" (Drieschner 1996, S. 86). Daraus folgt aber nicht, daß man streng genommen mit Hilfe der Quantenmechanik Aussagen über eine an sich vorhandene Wirklichkeit machen kann. Auf der Ebene der Beobachtung zweiter Ordnung, also der Ebene der Wissenschaftstheorie der Physik gibt es deshalb keine überzeugenden Argumente, die zu der Schlußfolgerung führen würden, "daß die einschlägigen Theorien – von den Kategorien des Denkens bis zur Relativitätstheorie und Quantenmechanik – in irgendeiner noch so kodierten Form ein Abbild realer Strukturen seien" (Diettrich 1989, S. 36).

Ganz anders sieht die Realitätsvorstellung in der Beobachtung erster Ordnung, also der empirisch verfahrenen Physik aus. In der experimentellen Physik wird die quantenmechanische Auflösung der Idee einer der physikalischen Forschung zugrundeliegenden Realität und einer Realität der Naturgesetze außerhalb der Theorie als unbefriedigend empfunden. Dies wurde auch von Theoretikern der Quantenmechanik selber erkannt, die, wie Nils Bohr, betonten, daß bei Experimenten eine zugrundeliegende Realität unterstellt werden muß. Dem wurde durch das Korrespondenzprinzip Rechnung getragen. Es besagt, daß in vielen Bereichen, vor allem im Bereich der Physik der Meßgeräte, klassische Theorien und Quantenmechanik bei genügender Annäherung im großen und ganzen gleich gültig sind (s. dazu Drieschner 1996, S. 90f.). In der experimentellen Physik dient funktionierende Meßtechnik als Indikator für die Geltung der den Messvorgängen zugrundeliegenden Theorien und Hypothesen, und zwar wegen der durch die Experimentalanordnung erzeugten Effekte.

Ian Hacking hat dies am Beispiel des Mikroskops demonstriert. Mikroskope sind nicht einfach technische Instrumente, die Objekte vergrößern und damit dem bloßen Auge Realitätsbereiche eröffnen, die ihm ohne solche Hilfe nicht zugänglich wären. Schon einfache Lichtmikroskope funktionieren nicht nach dem Prinzip der Lichtbrechung, sondern der Lichtbeugung. Bei Mikroskopen, die mit ultraviolettem Licht, Röntgenstrahlen oder Elektronen arbeiten, kann überhaupt nicht mehr davon die Rede sein, daß das Auge (im Sinne Gehlens) "verstärkt" wird (Hacking 1996, S. 311ff.). Damit soll nicht gesagt werden, daß das Auge einen irgendwie objektiven, "unverstellten" Zugang zur Realität bieten würde, der ohnehin nicht rein in Aussagen umsetzbar wäre, sondern selber zuvor im Gehirn, im Bewußtsein und in der Kommunikation bearbeitet werden müßte. Es soll nur gesagt werden, daß bestimmte Sachverhalte nur durch technische Meßinstrumente erfaßt werden können. Deren Leistung besteht nun dar-

---

schaftssystem) sind, in denen allein das Wissen um die Kontingenz der Realitätsbeobachtung formulierbar ist.

in, "Phänomene" zu erzeugen, als Ereignisse oder Prozesse, die unter bestimmten Umständen regelmäßig eintreten (Hacking 1996, S. 365). Zu diesen Umständen zählt vor allem die labormäßige Isolierung von Ereignissen oder Prozessen, ohne die eine einigermaßen eindeutige Messung von Effekten nicht zustande käme. Nach Beseitigung aller "Störungen", also all derjenigen Effekte, die durch das Meßgerät selber erzeugt sein können, operieren Experimentalphysiker mit der Unterstellung, daß der erzeugte Effekt einen Sachverhalt in der Natur abbildet. Hacking faß diese Unterstellung so zusammen: "Wenn man unter Benutzung mehrerer verschiedener physikalischer Systeme dieselben grundlegenden Strukturmerkmale sehen kann, verfügt man über einen ausgezeichneten Grund für die Feststellung 'So ist es wirklich' im Gegensatz zu 'Das ist eine künstliche Nebenwirkung'" (Hacking 1996, S. 339).<sup>14</sup> Hacking kommt zu dem Schluß, daß die Funktion von Experimenten (und damit von Technik in Experimenten) darin besteht, "Phänomene" (also experimentell erzeugte Sachverhalte) in einem Experiment zu verwenden, um einen neuen, bisher nicht bekannten Effekt zu erzeugen (Hacking 1996, S. 432). Mit anderen Worten: die Geltung von experimentell erzeugten Tatsachen wird dadurch gesichert, daß sie sich erfolgreich für die Erzeugung weiterer Phänomene eignen. Auf diese Weise wird über die Experimentalkunst, gestützt und/oder vorangetrieben durch Theorieentwicklung, ein selbsttragender empirischer Forschungsprozeß konstituiert, der es erlaubt, weitere Phänomene zu schaffen, also in das Terrain des Nicht-Wissens vorzudringen.

Die Kalibrierung und Überprüfung von Experimentalanordnungen kann in der Zweitbeobachtung durch Wissenschaftssoziologie etwa als Konstruktion von Tatsachen durch die Forscher selber beschrieben werden. Der Sozialkonstruktivismus in der Wissenschaftsforschung hat zeigen können, daß die Geltungsüberprüfung wissenschaftlichen Wissens per (Experimental)Technik impliziert, daß die Kopplung von Technik mit dem Sozialsystem der Forschung oder den psychischen Systemen von Forschern immer wieder neu geregelt werden muß, insbesondere wenn neue Technik eingeführt wird. Dies drückt sich in Kontroversen zur Frage aus, ob ein bestimmtes Experiment das mißt, was es messen soll. Fragen der Geltungsüberprüfung erscheinen im Sozialsystem der Wissenschaft dann als Fragen der Autorität und Reputation von Wissenschaftlern. Reputation ist ein entscheidender sozialer Mechanismus, der dem "experimenter's regress" (Collins 1985, S. 79ff.) ein Ende setzt, der droht, wenn nicht

---

<sup>14</sup> Hackings Argumentation läuft auf eine Rettung des "Realismus" hinaus, aber eines "Realismus" der Beobachtung erster Ordnung (s. bes. Hacking 1996, S. 47). Hackings Argumentation wäre wesentlich überzeugender, wenn er einen Unterschied zwischen den Realitätsbegriffen der Beobachtung erster und zweiter Ordnung in der Wissenschaft machen würde.

klar ist, ob der experimentell erzeugte Effekt ein "Phänomen" (also ein Zusammenhang in der "Realität") oder eine "Aberration" (ein Zusammenhang, der der Experimentaltechnik selber zuzuschreiben ist) ist. So zeigt Simon Schaffer am Beispiel der Kontroverse über Experimente mit Prismen, die Newton seit den sechziger Jahren des 17. Jahrhundert durchführte, daß die Anerkennung experimenteller Ergebnisse von der Akzeptanz der Angemessenheit der verwendeten Technik in der scientific community abhängt (Schaffer 1989). Newtons Erforschung von Prismen stand im Zusammenhang des zeitgenössischen Interesses an Teleskopen und Mikroskopen. Der damalige handwerkliche Stand der Linsenherstellung hatte Aberrationen verursacht, deren Eliminierbarkeit jedoch umstritten war. Um die Beugung von Licht und die Erzeugung von Spektralfarben besser verstehen zu können, verwendete Newton Prismen, die er für seine Experimente speziell bearbeitete. Seine Behauptung, auf diese Weise in einem experimentum crucis nicht weiter teilbare Farben erzeugt zu haben, stieß auf Kritik, vor allem von Seiten Sidney Hooks, der eigene Experimente mit Prismen durchgeführt hatte und Newtons Ergebnisse auf Materialfehler der verwendeten Prismen zurückführte. Im Verlaufe der Debatte änderte Newton seine Ansicht darüber, welches Phänomen in dem experimentum crucis tatsächlich erzeugt worden war, so daß sich schließlich in den zwanziger Jahren des 18. Jahrhunderts eine Lesart fand, der Newton und seine Kritiker zustimmen konnten. Das experimentum crucis habe den Effekt erzeugt, daß gebeugtes Licht seine Farbe nicht ändere. Erst diese Deutung begründete Standards für gute Prismen und kompetente Durchführung des Experiments. Sie machten die verwendeten Instrumente "transparent" und geeignet, das propagierte Phänomen tatsächlich zu erzeugen (Schaffer 1989, S. 99).

Die wissenschaftssoziologische Lesart der Verwendung von Technik bei der Erzeugung und Geltungsüberprüfung wissenschaftlichen Wissens bestätigt, daß sich für die (soziologische) Zweitbeobachtung der "Realismus" der Erstbeobachtung (Newtons und seiner forschenden Kollegen und Konkurrenten) auflöst. Sie ändert aber nichts an der von Hacking betonten Position, daß der "Realismus" zugleich eine operative Notwendigkeit der empirischen Forschung darstellt.<sup>15</sup> Der Realismus der Beobachtung erster Ordnung ist eine Voraussetzung für die

---

<sup>15</sup> Häufig hat sich der "Sozialkonstruktivismus" der wissenschaftssoziologischen Zweitbeobachtung von naturwissenschaftlicher empirischer Forschung selber "realistisch" mißverstanden, als wäre das Labor nichts anderes als ein sozialer Zusammenhang zur Erzeugung "fiktiver" Tatsachen, denen per bloßer Übereinkunft Objektivität zugeschrieben wird (s. zur Kritik dieser Strategie Hacking 1999). Die soziologische Beobachtung des Labors bleibt eben auch Beobachtung erster Ordnung mit den entsprechenden Realitätsunterstellungen, wenn sie sich nicht reflexiv über ihre Beobachtungsstrategie aufklärt. Das Fehlen einer wissenschaftstheoretischen oder zumindest wissenschaftssoziologischen Selbstbeobachtung ist dem wissenschaftssoziologischen "Sozialkonstruktivismus" aber gelegentlich auch aufgefallen (s. z.B. Knorr 1989).

Schaffung neuen Wissens, da nur die Praxis technikbasierter Erzeugung von "Phänomenen" weitere "Phänomene" zu schaffen erlaubt.

## 5. Schluß: Technik und Kontingenenz

Die vorhergehenden Überlegungen gingen von dem Gedanken aus, daß die Geltungsüberprüfung von wissenschaftlichem Wissen nicht von der Art sein kann, daß eine Realität außerhalb des erkennenden Systems als Entscheidungsinstanz für wahre oder falsche und für objektiv gültige oder nicht gültige Erkenntnisse verwendet werden kann. Hingegen wurde die These vertreten, daß das, was als Realität in der Erkenntnis behandelt ist, selber eine Konstruktion der Erkenntnisysteme ist. Die Funktion von Realität für die Geltungsüberprüfung wissenschaftlichen Wissens besteht darin, Invarianzen oder "Phänomene", also in der Vergangenheit der wissenschaftlichen Forschungspraxis erzeugte Effekte, an die weitere Forschung angeknüpft hat, als Wissen von "härterer" Qualität zu behandeln, als das, was durch aktuelle Forschung gewonnen wurde. Das bedeutet zweierlei: erstens, daß wissenschaftliches Wissen, auch wenn es als Problemlösungswissen konzipiert ist und insofern sich über die Konstruktion von Technologie als Grundlage von Prognosen anbietet, die Schranke des Nicht-Wissens über zukünftige Ereignisse nicht überschreiten, aber verschieben kann; zweitens, daß die Beobachtungsabhängigkeit jeglichen Realitätsbezuges auch ein grundsätzliches Nicht-Wissen über eine "an sich seiende" Realität voraussetzt. Das Nicht-Wissen über die Zukunft, das sich für die Wissenschaft nicht zuletzt in dem Nicht-Wissen über das Funktionieren der zur Geltungsüberprüfung verwendeten Technik ausdrückt, basiert auf dem noch fundamentaleren Nicht-Wissen über die Realität, auf das alle wissenschaftliche Beobachtung Bezug nimmt. Dennoch gewinnt Wissenschaft Problemlösungskompetenz durch die Erzeugung von Invarianzaussagen in der Realitätsbeobachtung, die auf einer wie immer verlässlichen Technologie basieren und einen wie immer eingeschränkt brauchbaren prognostischen Ausgriff auf die Zukunft erlauben.

Geltungsüberprüfung durch Technik ist zwar genau so anfällig für Kritik und Zweifel wie Geltungsüberprüfung durch die konventionellen Instanzen (wie Wahrnehmung)<sup>16</sup>, aber sie ist besser geeignet, den Bedarf an Wissenserzeugung zu befriedigen. Sie verlagert die Ungewiß-

---

<sup>16</sup> Geltungsüberprüfung durch Technik ist natürlich selber auch abhängig von Wahrnehmung; aber Technik führt zu einer Standardisierung von Wahrnehmung und reduziert dadurch die Kontingenenz von Kontroversen über Geltungsfragen.



heit über die Geltung des Wissens von einer als irrtumsanfällig geltenden Umwelt des Forschungssystems (der "Subjektivität" der psychischen Systeme der Forscher) in eine andere, scheinbar verlässlichere Umwelt (die "Objektivität" technischer Installationen). Technik hat sich bewährt als basaler Mechanismus der Kontrolle einer kontingenten Umwelt. Technik bindet trotz ihres inhärenten Risikos, unerwartet nicht zu funktionieren, Zukunft hoch wirksam, da selbst Enttäuschungserfahrungen nicht zur Abkehr, sondern zu verstärktem Einsatz von Technik führen. Technik ist deshalb eine geeignete Basis, um den steigenden Druck auf Wissenschaft, Nicht-Wissen in gültiges Wissen zu transformieren, tragbar zu machen.

Anhang: Kommentare zu den Beiträgen von Reiner Eichenberger, Weyma Lübbe, Arno Scherzberg und Michael Thompson

In dem vorhergehenden Aufsatz wurde argumentiert, daß Wissenschaft der Unsicherheit über die objektive Gültigkeit und Wahrheit des von ihr erzeugten Wissen durch die Verwendung von Technik zu begegnen versucht. Funktionierende Technik kann als Indikator für die Realitätstüchtigkeit des in ihr verkörperten Wissens genommen werden. Deshalb eignet sich Technik (vor allem Technik der Tatsachengenerierung bei der empirischen Forschung) zur Erzeugung neuen Wissens. Die Bedeutung von Technik für das Vertrauen der Wissenschaft in die Gültigkeit des von ihr erzeugten Wissens wird deutlich, wenn man den gestiegenen Druck auf die Wissenschaften in der modernen Gesellschaft in Rechnung stellt, der Zunahme des Kontingenzerlebens in der "Risikogesellschaft" durch sicheres Wissen zu begegnen. Dennoch muß betont werden, daß auch der Einsatz von Technik in der Geltungsüberprüfung von Wissen keineswegs "rückstandsfrei" die kontingenzsteigernde Wirkung wissenschaftlicher Forschung kompensiert, die in ihrer Orientierung am Nicht-Wissen begründet ist.

Während innerhalb der Wissenschaft wissenschaftstheoretische oder –soziologische Zweitbeobachtung die Grenzen der Geltungsüberprüfung durch Technik in Erinnerung hält, kann außerhalb der Wissenschaft übertriebenes Vertrauen (bei funktionierender Technik) in überzogenes Mißtrauen (bei Streit über die geltungssichernde Kraft von Technik) umschlagen. In diesem Sinne plädieren Lübbe und Thompson für "ehrliche" Wissenschaft, die die Abnehmer wissenschaftlichen Wissens nicht über die Unsicherheiten des wissenschaftlichen Wissens im Unklaren lassen dürfe. Beiden geht es darum, das Publikum an wissenschaftlicher Zweitbeobachtung teilhaben zu lassen. Thompson ermahnt die Wissenschaft, Normen von "good prac-

tice" einzuhalten, um den drohenden Glaubwürdigkeitsverlust vor allem der Wissenschaften "for public policy" abzuwehren. In diesen Kontext plziert er die Rolle von Technik bei der wissenschaftlichen Wissenserzeugung und –überprüfung. Experimente, Tests, Analogieschlüsse und technische Urteilskraft sollen garantieren, daß Sachverhalte angemessen erkannt werden können. Thompson interessiert sich weniger für die Frage, wie über diese vier Verfahren Realität zugleich erzeugt und erkannt wird. Ihm kommt es darauf an zu zeigen, daß mit der Beobachtbarkeit von Sachverhalten allein noch keine allgemein geltende Gewißheit erreicht werden kann, da dieselben Sachverhalte verschieden beobachtet werden. Im Sinne der Cultural Theory gibt es genau vier Typen von Realitätsdeutungen gibt (zu welcher aber gehört die wissenschaftliche?), die zu kontradiktorischen Evidenzen führen. Lübke argumentiert jedoch, daß der Qualitätskontrolle in der "science for public policy" Grenzen gesetzt sind, denn bei der skrupulösen Artikulation von Geltungsvorbehalten würde sich "das Wissenschaftssystem ... innerhalb der zu beratenden Einrichtungen ... reproduzieren". Während Lübke annimmt, daß es keine wirksamen Mechanismen der Beendigung von Expertenstreits gibt, sieht Thompson schon in der Möglichkeit, daß sich kontradiktorische Realitätsdeutungen öffentlich Gehör verschaffen können, einen Erfolg auf dem Weg zur Qualitätskontrolle wissenschaftlicher Wissenserzeugung.

Ganz anders geht Eichenberger an das Problem der Unsicherheit wissenschaftlichen Wissens heran. Die von ihm vertretene Tradition der Wirtschaftstheorie hat diese Frage in den Prämissen der Modellbildung deponiert. Diese Prämissen fordern, immer nur Situationen ins Auge zu fassen, bei der Entscheidungen bereits getroffen sind. Risikosoziologisch gesprochen, sind im Moment des Entscheidens Unsicherheiten über die zukünftigen Entscheidungsergebnisse bereits abgearbeitet. Wer entscheidet, hat schon ein Kalkül über Chancen (Nutzen) und Risiken (Kosten) vorgenommen. Der Moment vor der Entscheidung, in dem die Unsicherheit über Chancen und Risiken von Entscheidungen zum Tragen kommt, zählt nicht zu der von der Wirtschaftstheorie beobachteten Realität. In diesem Sinne gibt es kein unsicheres Wissen für die Ökonomik.

Der zentrale wissenschaftstheoretische Einwand gegen die neoklassische Ökonomie ist, daß sie einem Modellplatonismus (Albert 1967c) fröne, also eine empiriefreie Wissenschaft betreibe und damit gar nicht recht den Anspruch erheben könne, eine Wissenschaft zu sein. Diese Sorte von Einwänden haben die Ökonomie seit jeher unbeeindruckt gelassen, nicht zuletzt vielleicht deshalb, da Nobelpreise für Wirtschaftswissenschaften, aber nicht für diejeni-

gen Disziplinen (Soziologie, Wissenschaftstheorie, Psychologie) vergeben werden, aus denen die Kritiken stammen. Die ökonomische Theorie, so geht aus den einleitenden Überlegungen von Eichenberger hervor, stellt sich als Modell dar, das auf gewissen normativen Unterstellungen über die Rationalität des Marktverhaltens von Individuen beruht und das Aussagen über konsistentes Handeln von Individuen unter Bedingungen der Geltung dieser normativen Vorannahmen machen kann. Dieses Wissen kann durch Tatsachen nicht irritiert werden. Ohne Tatsachenbehauptungen, die durch empirische Methoden generiert werden, gibt es aber auch keine Geltungsprobleme des wissenschaftlichen Wissens, also auch keine Möglichkeit, Technik zur Zertifizierung des Wissens einzusetzen. Wenn es zutrifft, daß die Wirtschaftstheorie eher Gedankenexperimente und Modellkonstruktionen als Informationen über die Realität bevorzugt, dann spielt Technik allenfalls eine Rolle im Sinne einer Logik des Schließens. In diesem Sinne argumentiert Eichenberger ganz konsequent, daß Nicht-Wissen kein Problem für die Wirtschaftstheorie darstellt, da das Nachfragegesetz konstatiert, daß Wahlentscheidungen von Marktteilnehmern per se optimal seien, d.h. immer das gewünschte Informationsniveau ausdrücken. Die Tatsache einer Wahlentscheidung am Markt drücke aus, daß tatsächlich ein Schnittpunkt zwischen Grenzkosten und Grenznutzen gefunden wurde. Allerdings verweist Eichenberger auf empirisch generiertes Wissen (etwa über Risikoeinschätzungen von Individuen), das einige der Axiome der Wirtschaftswissenschaft tangiert und zu Modifikationen der Unterstellungen über (rationales) Verhalten der Marktteilnehmer Anlaß geben könnte. Da dieses empirisch gewonnene Wissen aber als Anomalien gefaßt wird, steht eine grundsätzliche Abkehr von der Tradition des Modellplatonismus in der Wirtschaftswissenschaft vorerst nicht ins Haus.

Auch Scherzberger konzentriert sich wie Eichenberger bei der Frage des Umgangs mit Unsicherheit und Nicht-Wissen auf den Gegenstand der Wissenschaft, das Recht, nicht so sehr auf die Rechtswissenschaft selber. Anders als in der Wirtschaft ist Ungewißheit im Recht eine starke Herausforderung, da Recht gerade Sicherheit des Erwartens über die zukünftige Gültigkeit von Rechtsnormen garantieren soll. Dieser Herausforderung wird rechtstechnisch durch Flexibilisierung, Temporalisierung, Entmaterialisierung und Prozeduralisierung des Rechts begegnet. Allerdings wird nicht das gesamte Recht von der Wucht der Ungewißheit erfaßt, sondern überwiegend der sog. Bereich des Risikoverwaltungsrechts. Die hier verfolgte Strategie des Risikomanagements weicht allerdings von der tradierten Rechtspraxis der Gefahrenabwehr und der Sicherheitsgewähr ab. Das Recht gelangt an die Grenzen seiner Steuerungsfähigkeit von Verhalten. Dieser Befund hat interessante Implikationen für die Rechts-

wissenschaft, sofern sie als Theorie der Handlungsnormierung mittels Rechtsregeln verstanden wird. Das Recht kann nur dann soziale Steuerungsleistungen erbringen, wenn die Effekte von Rechtsetzung und Rechtsprechung möglichst über das ganze Rechtssystem hinweg einheitlich sind, wenn das Recht sich so wenig wie möglich durch Entwicklungen in seiner gesellschaftlichen Umwelt (wie z.B. durch unbekannte Gefahren bestimmter Techniken) überraschen lassen muß. Sollte die Ungewißheitsbelastung des Rechts bei Risikotechnologien aber tatsächlich so stark werden, wie Scherzberg beschreibt, muß dies Folgen für die Beschreibbarkeit des Rechts als normengesteuerter Gewähr von Sicherheitserwartungen haben. Welche Rolle Technik bei der Geltungssicherung unscharf gewordener rechtswissenschaftlicher Realitätsbeschreibungen spielen kann, könnte zu einem zukünftigen Forschungsdesiderat der Rechtswissenschaft werden.

## Literatur

- Albert, Hans, 1967a (1957), Theorie und Prognose in den Sozialwissenschaften, in: Ernst Topitsch (Hg.), Logik der Sozialwissenschaften, Köln und Berlin: Kiepenheuer & Witsch, S. 126-143
- Albert, Hans, 1967b (1963), Wertfreiheit als methodisches Problem. Zur Frage der Notwendigkeit einer normativen Sozialwissenschaft, in: Ernst Topitsch (Hg.), Logik der Sozialwissenschaften, Köln und Berlin: Kiepenheuer & Witsch, S. 181-210
- Albert, Hans (1967c), Modell-Platonismus. Der neoklassische Stil des ökonomischen Denkens in kritischer Beleuchtung, in: Ernst Topitsch (Hg.), Logik der Sozialwissenschaften, Köln und Berlin: Kiepenheuer & Witsch, S. 406-434
- Bachelard, Gaston, 1978 (1938), Die Bildung des wissenschaftlichen Geistes, Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Bloor, David, 1991, Knowledge and Social Imagery, Chicago: Chicago University Press
- Böhme, Gernot/Daele, Wolfgang van den/Krohn, Wolfgang, 1977, Experimentelle Philosophie. Ursprünge autonomer Wissenschaftsentwicklung, Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Collins, H.M., 1985, Changing Order, Lonon: Sage
- Dietrich, Olaf, 1989, Kognitive, organische und gesellschaftliche Evolution. Gemeinsamkeiten und Unterschiede, Hamburg: Paul Parey
- Drieschner, Michael, 1996, Natur und Wirklichkeit in der modernen Physik, in: Lothar Schäfer et al.(Hg.), Naturauffassungen in Philosophie, Wissenschaft, Technik, Bd. IV: Gegenwart, Freiburg: Alber, S. 65-121
- Carnap, Rudolf, 1961 (1928), Der logische Aufbau der Welt, Hamburg: Felix Meiner

Callon, Michel, 1983, Die Kreation einer Technik. Der Kampf um das Elektroauto, in: Gott-hard Bechmann et al. (Hg.), Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 2, Frankfurt a. M.: Campus, S. 140-160

Diettrich, Olaf, 1989, Kognitive, organische und gesellschaftliche Evolution. Gemeinsamkeiten und Unterschiede, Hamburg: Verlag Paul Parey

Drieschner, Michael, 1996, Natur und Wirklichkeit in der modernen Physik, in: Lothar Schäfer/Elisabeth Ströker (Hg.), Naturauffassungen in Philosophie, Wissenschaft und Technik, Bd. IV: Gegenwart, Freiburg: Alber, S. 65-121

Friedrichs, Jürgen, 1973, Methoden empirischer Sozialforschung, Reinbek: Rowohlt

Gooding, David, 1986, How do scientists reach agreement about novel observations? In: Studies in History and Philosophy of Science, Vol. 17, S. 205-230

Habermas, Jürgen, 1967, Zur Logik der Sozialwissenschaften, Philosophische Rundschau, Beiheft 5, Tübingen: J.C.B. Mohr

Hacking, Ian, 1996, Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften, Stuttgart: Philipp Reclam jun.

Hacking, Ian, 1999, Was heißt "soziale Konstruktion"? Zur Konjunktur einer Kampfvokabel in den Wissenschaften, Frankfurt a.M.: Fischer

Halfmann, Jost, 1980, Innenansichten der Wissenschaft, Frankfurt a. M.: Campus

Halfmann, Jost, 1995, Soziologie als Wissenschaft. Der Konstruktivismus der modernen Soziologie, in: Sociologia Internationalis, H. 2, S. 165-184

Halfmann, Jost, 1996, Die gesellschaftliche "Natur" der Technik, Opladen: Leske & Budrich

Halfmann, Jost, 2002, Reflexiver und evasiver Konstruktivismus. Beobachtungszirkularität in den Sozial- und Naturwissenschaften, in: Sociologia Internationalis, H. 1 (im Erscheinen)

Heintz, Bettina, 1993, Neuere Entwicklungstendenzen der Wissenschaftssoziologie, in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Jg. 45, H. 3, S. 528-552

Huff, Toby E., 1984, Max Weber and the Methodology of the Social Sciences, New Brunswick/London: Transaction Books

Knorr-Cetina, Karin, 1984, Die Fabrikation von Erkenntnis. Zur Anthropologie der Naturwissenschaft, Frankfurt a. M.: Suhrkamp

Knorr, Karin, 1989, Spielarten des Konstruktivismus, in: Soziale Welt, Jg. 40, H. 4, S. 86-96

Kuhn, Thomas S., 1977, Die Funktion des Messens in der Entwicklung der physikalischen Wissenschaften, in: Thomas S. Kuhn, Die Entstehung des Neuen, Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 254-307

Lakatos, Imre, 1970, Falsification and the methodology of scientific research programmes, in: Imre Lakatos/Alan Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press, S. 91-195

Lakatos, Imre/Musgrave, Alan (eds.), 1970, *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press

Latour, Bruno, 1998, *Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie*, Frankfurt a.M.: Fischer

Latour, Bruno, 2000, When things strike back: a possible contribution of 'science studies' to the social sciences, in: *British Journal of Sociology*, Vol. 51, No. 1, S. 107-123

Latour, Bruno/Woolgar, Steve, 1979, *Laboratory Life. The Social Construction of Scientific Facts*, London

Luhmann, Niklas, 1990a, *Die Wissenschaft der Gesellschaft*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp

Luhmann, Niklas, 1990b, Das Erkenntnisprogramm des Konstruktivismus und die unbekannt bleibende Realität, in: N. Luhmann, *Soziologische Aufklärung 5*, Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 31-58

Luhmann, Niklas, 1995a, Kausalität im Süden, in: *Soziale Systeme*, Jg. 1

Luhmann, Niklas, 1995b, Das Risiko der Kausalität, in: *Zeitschrift für Wissenschaftsforschung*, H. 9/10, S. 107-119

Luhmann, Niklas, 1995c, *Die Kunst der Gesellschaft*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp

Luhmann, Niklas, 2000, *Organisation und Entscheidung*, Opladen: Westdeutscher Verlag

Luhmann, Niklas/Schorr, Eberhard, 1982, Das Technologiedefizit der Erziehung und die Pädagogik, in: Niklas Luhmann/Eberhard Schorr (Hg.), *Zwischen Technologie und Selbstreferenz: Fragen an die Pädagogik*, Frankfurt: Suhrkamp, S. 11-40

Mohr, Hans, 1983, Evolutionäre Erkenntnistheorie, in: *Biologie in unserer Zeit*, 13. Jg., Nr. 1, S. 16 - 20

Nickles, Thomas, 1989, Justification and experiment, in: David Gooding et al. (eds.), *The uses of experiment. Studies in the natural sciences*, Cambridge: Cambridge University Press, S. 299-333

Popper, Karl R., 1969a (1934), *Logik der Forschung*, Tübingen: J.C.B. Mohr

Popper, Karl R., 1969b, Die Logik der Sozialwissenschaften, in: Theodor W. Adorno et al., *Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie*, Neuwied: Luchterhand, S. 103-123

Quine, Willard Van Orman, 1979 (1951), Zwei Dogmen des Empirismus, in: Willard Van Orman Quine, *Von einem logischen Standpunkt. Neun logisch-philosophische Essays*, Frankfurt a. M.: Ullstein, S. 27-50



Rickert, Heinrich, 1902, Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung, Tübingen/Leipzig: J.C.B. Mohr

Ritsert, Jürgen, 1976, Praktische Implikationen in Theorien, in: J. Ritsert (Hg.), Zur Wissenschaftslogik einer kritischen Soziologie, Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 46-83

Rohbeck, Johannes, 1987, Die Fortschrittstheorie der Aufklärung, Frankfurt a. M.: Campus

Ropohl, Günter, 1985, Die unvollkommene Technik, Frankfurt a. M.: Suhrkamp

Ropohl, Günter, 1999, Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik, München: Hanser

Schaffer, Simon, 1989, Glass works: Newton's prisms and the uses of experiment, in: David Gooding et al. (eds.), The uses of experiment: Studies in the natural sciences, Cambridge: Cambridge University Press, S. 67-104

Stegmüller, Wolfgang, 1970, Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie, Bd. II: Theorie und Erfahrung, Berlin: Springer

Stöcklein, Ansgar, 1969, Leitbilder der Technik. Biblische Tradition und technischer Fortschritt (1550 - 1750), München: Heinz Moos

Stückemann, Thomas, 1999, Technikentwicklung als reflexiver Modernisierungsprozeß, Dissertation, TU Dresden, Institut für Soziologie

Taylor, Charles, 1989, Sources of the Self. Cambridge, Mass.: Harvard University Press

Tegtmeier, Erwin (Hg.), 2000, Ontologie, Freiburg: Alber

Weber, Max, 1976, Wirtschaft und Gesellschaft, 5. Auflage, Tübingen: J.C.B. Mohr

Weber, Max 1988, (1904), Die "Objektivität" sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis, in: Max Weber, Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre, hrsg. von J. Winkelmann, Tübingen: J.C.B. Mohr, S. 146-214

Zimmermann, Eckart, 1972, Das Experiment in den Sozialwissenschaften, Stuttgart: Teubner