

WISSENSCHAFTSTHEORIE ALS TECHNOLOGIE DES ERKENNTNISFORTSCHRIFTS

Erhard Oeser

Seit ihrer Entstehung als selbständige, systematisierte Theorie hat die Wissenschaftstheorie mehrere Richtungsänderungen hinter sich gebracht, die gerade deswegen notwendig waren, weil Wissenschaft ein vieldimensionales, komplexes Phänomen ist, das nicht in nur einer Sichtweise adäquat behandelt werden kann.

Das zeigt sich gleich an jener ersten Wende, der die Wissenschaftstheorie ihren eigentlichen Ursprung als systematisierte Disziplin verdankt. Denn diese erste Wende war nicht schon eine Wende der Wissenschaftstheorie, sondern eine Wende der Philosophie, aus der erst Wissenschaftstheorie als reine Formalwissenschaft entstanden ist. Diese Wende der Philosophie, weg von jedem Inhalt und ausschließlich auf formal-sprachliche Strukturen gerichtet, bezeichnet man als *linguistic turn*. Für die Wissenschaftstheorie bedeutete diese linguistische Wende der Philosophie jedoch ein letztes Ende nicht akzeptierbare Restriktion, die in dem Augenblick deutlich wurde, als sich die begründungsphilosophischen Ansprüche, die sich auf die Errichtung eines absolut widerspruchsfreien Universal-systems unseres Wissens bezogen, als nicht einlösbar erwiesen. Denn die schwächere, liberalisierte Form einer sprachlogischen Rekonstruktion der Wissenschaft als Aussagensystem hat, wie auch QUINE einsehen mußte, «alle Vorteile verloren, die die stärkere Form noch besessen hat» (QUINE 1971). Deshalb begann auch die sprachanalytische Wissenschaftstheorie, nach mehreren Richtungsänderungen, notgedrungen ihre eigenen Restriktionen aufzuheben. Diese Richtungsänderungen, die sich zum Teil auch vermengt haben, sind folgende :

1. *Die historische Wende*, die eigentlich nur eine Rückwende zur vorwiegend historisch ausgerichteten Wissenschaftstheorie des 19. Jahrhunderts war, z.B. WILLIAM WHEWELL, aber auch MACH und später BOLTZMANN, die beide ihre wissenschaftstheoretischen Überlegungen am Beispiel der Entwicklungsgeschichte der Mechanik illustriert haben (vgl. OESER 1979).

Die *neue*, damit erreichte erweiterte Zielsetzung der Wissenschaftstheorie ist nicht auf bloße historische Beschreibung ausgerichtet, sondern besteht darin, eine Entwicklungstheorie der wissenschaftlichen Erkenntnis zu liefern. Sie verbindet sich dadurch auf fruchtbare Weise mit der Historiographie der Wissenschaften, insbesondere der Geschichte der Naturwissenschaften und der Geschichte der Philosophie, sowie in weiterer Folge mit der systematischen Disziplin der Geschichtsphilosophie. Denn die Geschichte der Naturwissenschaften ist ein wesentlicher Teil der Geschichte der Menschheit. Ja, ich wage zu behaupten: Seit der Neuzeit ist sie der zentrale Motor der Entwicklungsdynamik der Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, zumindest aber seit der sog. industriellen Revolution.

2. *Die soziologische Wende der Wissenschaftstheorie*. Sie erweitert die Betrachtungsweise der Wissenschaft als bloß kognitives Phänomen oder logisches Aussagensystem zu einem sozialen System und analysiert die Forschergemeinschaften in Institutionen. Von den Wissenschaftstheoretikern wird diese soziologische Wende bis heute mit berechtigtem Mißtrauen angesehen, wenn die externen Bedingungen zu den vorrangigen gemacht und die internen Strukturen logisch-erkenntnistheoretischer Art vernachlässigt werden. Trotzdem war die soziologische Wende notwendig, weil sie nicht nur ein realistischeres Bild der faktischen Wissenschaft lieferte, sondern auch in weiterer Folge zu den tiefer liegenden sozialphilosophischen Problemen des Verhältnisses von Individuum, Forschergemeinschaft und Gesellschaft geführt hat.

3. *Die naturalistische Wende der Wissenschaftstheorie*. Sie wurde schon von QUINE propagiert. Gerechtfertigt wird sie durch folgende Argumentation: Wenn Wissenschaft überhaupt als Produkt menschlicher Tätigkeit im sozialen Kontext gesehen wird und damit die empirisch-soziologische Betrachtungsweise einen metat-

heoretischen Charakter bekommt, dann gilt das Prinzip der Rückanwendung empirisch-wissenschaftlicher Methoden auf das Phänomen Wissenschaft für jeden Bereich empirischer Wissenschaft. Dann gibt es nicht nur eine Soziologie oder Psychologie des Wissens, sondern auch eine Neurobiologie der Erkenntnis (OESER und SEITENBERGER 1988), die die materiellen empirischen Bedingungen untersucht und bis in die Evolution der Lebewesen zurückreicht. Die Erweiterungsmöglichkeit, die die zunächst nur formalistische Wissenschaftstheorie dadurch erhält, läßt sich durch folgenden Vergleich ausdrücken: Wie die traditionelle Logik durch ihre Verbindung mit der Mathematik neue Dimensionen gewonnen und ihre jahrhundertelange Stagnation überwunden hat, so wird auch die Erkenntnistheorie durch ihre Verbindung mit den biologischen Disziplinen neuen Auftrieb erhalten. Die Formalisierung und Kalkülisierung der traditionellen Logik war ebenso eine Bedingung des Fortschritts der Philosophie und Wissenschaftstheorie, wie es die Naturalisierung der Erkenntnistheorie heute ist. (OESER 1987).

Aber auch hier handelt es sich wiederum um Rückgriffe auf ältere Konzepte, wie sie von den Vorläufern des Wiener Kreises, MACH und BOLTZMANN, als evolutionäre Wissenschaftstheorie entwickelt worden sind, d.h. also längst vor der evolutionären Erkenntnistheorie der Biologen. Allerdings gibt es auch in diesem Vergleich einen wesentlichen Unterschied: Während die Mathematisierung oder Kalkülisierung der traditionellen Logik grenzenlos ist, sodaß auch die alte Streitfrage, welches das übergeordnete System ist — die Mathematik oder die Logik —, ganz im Sinne von LEIBNIZ' *Characteristica universalis* gleichgültig wird, ist das Verhältnis zwischen empirischen Untersuchungen des empirischen Erkenntnissubjektes und der metaempirischen oder transzendentalen Theorie des nicht-empirischen Erkenntnissubjektes ein anderes. Denn keine der empirischen Analysen erreicht das, was KANT das transzendente Subjekt der Erkenntnis als «Bedingung der Möglichkeit der Erfahrung» genannt hat. Das heißt: Es ist trotz aller Naturalisierung des Erkenntnissubjektes möglich, ja sogar notwendig, in einem nichtsoziologischen, nichtpsychologischen, nichtbiologischen Sinn von Bewußtsein zu reden, das nicht ein Teil, sondern die «Grenze

der Welt» (WITTGENSTEIN) ist. Um nun das Verhältnis von naturalisierter Erkenntnistheorie und nicht ersetzbarer transzendentaler, metaempirischer Erkenntnislogik und ihr aufeinander Angewiesensein kurz zu erklären, genügt daher folgende Behauptung: Das nichtempirische Bewußtsein ist zwar unentbehrlich, bleibt aber, wie schon KANT wußte, in sich leer, ohne jede Anweisung zur Realisierung im konkreten realen wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß mit allen seinen Erfolgen, wie auch Fehlern und Irrtümern. Will man in der Wissenschaft zu pragmatischen Handlungsanweisungen kommen, so geht das nur über die empirische Analyse des realen Funktionierens der Wissenschaft, die nicht von logischen Subjekten, sondern von wirklichen Menschen betrieben wird. Denn die Natur antwortet nur dem, der ausdrücklich zugibt, ein Teil von ihr zu sein.

4. *Die technologische Wende der Wissenschaftstheorie.* Während sich der Wiener Kreis im Sinne von CARNAPs Wissenschaftslogik auf logische Syntax und Semantik der Wissenschaftssprache beschränkt hat, erweitert sich nun die Wissenschaftstheorie als Methodologie zu einer Technologie des wissenschaftlichen Fortschritts und in weiterer Folge zu einer praktischen Anwendungsdisziplin, die die normative Terminologie und Wissenstechnik umfaßt. Auch diese technologische Wende der Wissenschaftstheorie zur Wissenstechnik ist eigentlich eine Rückwende zu den klassischen Konzepten der Methodologie als

ars inveniendi und
ars iudicandi,

wie sie von den Stoikern und CICERO aus der Aristotelischen Topik und Syllogistik abgeleitet worden ist und als umfassendes Programm über gewisse Anfänge im Mittelalter bei RAIMUNDUS LULLUS und in der Neuzeit von LEIBNIZ bis zu BOLZANOs Wissenschaftslehre reicht, der die *ars inveniendi* mit der Heuristik oder «Erfindungskunst» gleichsetzt. Eine Idee, die neben der *ars iudicandi* als bloßer formaler Beweistheorie oder *ars demonstrandi* immer wieder unter dem Titel der heuristischen Induktion behandelt wurde und erst durch den deduktivistischen Falsifikationalis-

mus POPPERs zu Unrecht aus der Wissenschaftstheorie beseitigt worden ist (OESER 1976). Für diese technologische Wende der Wissenschaftstheorie ist jedoch der Informationsbegriff unentbehrlich.

Noch vor wenigen Jahren wäre die Behauptung von der Unentbehrlichkeit des Informationsbegriffs in den modernen Wissenschaften unseres Jahrhunderts als eine Trivialität angesehen worden. War man sich doch trotz unterschiedlichen Gebrauchs dieses Begriffes darüber einig, jenen Grundbegriff erfaßt zu haben, der den gesamten Bereich der Wissenschaften, angefangen von der Physik und Technik über die Biologie, Medizin, Psychologie und Sprachwissenschaft auf transdisziplinäre Weise wie eine Brücke umspannt. Wobei zu beachten ist, daß mit der Einführung des Informationsbegriffes in die Technik und Physik die Idee verbunden war, der naturwissenschaftlichen Methode einen neuen Bereich erobert zu haben: «Information ist Information, weder Materie noch Energie» heißt es bei NORBERT WIENER, der damit zwar nicht sagt, was «Information» ist, aber auf jeden Fall dem physikalischen Denken einen weiteren Grundbegriff hinzufügt. In der Technik spricht man von einer «transklassischen Maschine», die sich im Unterschied zur klassischen Maschine, die bedient und gesteuert werden muß, als «Automat» durch interne Informationsverarbeitung selbst steuert. Damit glaubte man zugleich einen Zugang zu den Phänomenen des Lebens gefunden zu haben, der sich von den älteren Entwürfen der Biologie dadurch unterscheidet, daß er die Existenz eines logischen Systems von Grundbegriffen voraussetzt, mit dem man ganz allgemein komplexes Verhalten von Organismen beschreiben kann. «Begriffe dieses Systems sind etwa: Programm, Information, Steuerung, Regelung, Führungsgröße, Sollwert und Sollwertverstellung, Rückkoppelung usw. Weiterhin gehören hierzu Regeln für eine Sprache, die Informationen mit hinreichender Genauigkeit und Spezifität übermittelt, sowie Regeln für den Aufbau nervöser und biochemischer Netzwerke» (WIESER 1972, 26 f).

Die Computer-Analogie wurde bekanntlich auch auf die Neurobiologie ausgedehnt. Insbesondere in der Pathologie hatte man dafür sehr gute Gründe: Denn eine Störung in der Funktion des zentralen Nervensystems hat einen anderen Charakter als die Störung

etwa der Funktion der Leber, die durch bestimmte physikalisch-chemische Vorgänge und Produkte definierbar ist. Die spezifische Gehirnfunktion läßt sich, im Unterschied zu den Funktionen anderer Körperorgane, als «Informationsverarbeitung» verstehen (vgl. OESER und SEITELBERGER 1988). Integrationsversuche zwischen diesen Wissensgebieten in bezug auf die einheitliche Verwendung des Informationsbegriffes gibt es zwar immer wieder (FOLBERTH und HACKL 1985), aber sie zeigen viel mehr die differenzierte Problematik als schon die Lösung.

Das gilt nicht nur für alle Fachwissenschaften, in denen heute der Informationsbegriff verwendet wird, sondern auch für die Wissenschaftstheorie. Mit dieser Behauptung wird aber gleichzeitig auch die sonst in der Wissenschaftstheorie übliche Trennung von Objekttheorie und Metatheorie aufgehoben oder zumindest relativiert. Und zwar gerade im Hinblick auf die allgemeinen transdisziplinären Strukturtheorien, wie Informationstheorie, Kybernetik, Systemtheorie und Spieltheorie, die zwar aus einem bestimmten Wissensbereich entstanden (aus der Nachrichten- und Regelungstechnik, aus der Biologie, den Wirtschaftswissenschaften...), aber auch sogleich in andere Disziplinen übertragen worden sind. Denn man kann natürlich auch diese Disziplinen und die darin enthaltenen Grundbegriffe, wie z.B. Information, System, Prozeß usw. wissenschaftstheoretisch «analysieren» und «rekonstruieren», aber es ist m.E. durchaus möglich, auch die Wissenschaftstheorie selbst in informationstheoretischen, systemtheoretischen oder kybernetischen Modellen darzustellen (OESER 1976).

Zumindest andeutungsweise ist diese Idee auch bei den Philosophen des *linguistic turn* aufgetreten: z.B. beim WITTGENSTEIN des Tractatus oder bei HEMPEL, der den bekannten Vergleich zwischen Wissenschaftssprache und räumlichen Netzstrukturen geliefert hat; während die alten Philosophen seit PLATON Analogiemodelle der Erkenntnis gerade bei der Darstellung des Kreislaufes von Induktion und Deduktion benützt und den Analyse-Synthese-Kreislauf von Auffindung und Beweis von den Mathematikern übernommen haben (z.B. DESCARTES). Von den Physikern ganz zu schweigen, die seit GALILEI und NEWTON, über MACH und BOLTZMANN bis zu EINSTEIN, das komplexe Phänomen Wissenschaft nie bloß

als Aussagensystem, sondern als ein dynamisches Informationssystem gesehen haben. Und längst vor der Entstehung der Kybernetik und Systemtheorie von der wissenschaftlichen Theorie als einem System mit rückwirkender Verfestigung gesprochen haben (VOLKMANN, OSTWALD und OESER 1976).

In der modernen Wissenschaftstheorie unseres Jahrhunderts war der Anlaß zur Einführung des Informationsbegriffes die Diskussion um den Informationsgehalt wissenschaftlicher Begriffe Hypothesen und Theorien, wie sie noch innerhalb und auch außerhalb des Wiener Kreises geführt worden ist.

Carnap hat sich zunächst mit Bar Hillel auf eine reine semantische Theorie der Information beschränkt, die explizit jede Pragmatik ausschließt. Sie sollte aufgrund einer rein formalen Präzisierung des Maßes des semantischen Informationsgehaltes ein Instrument für die Beurteilung von Hypothesen bezüglich der Schätzung ihres Wahrscheinlichkeitsgrades liefern.

Demgegenüber hat Popper in der Logik der Forschung eine weitere Unterscheidung hinzugefügt. Er unterscheidet den empirischen (Informations)gehalt von dem «logischen Gehalt» eines Satzes, den er Carnap zuschreibt. Der «*logische Gehalt*» ist durch die Folgerungsmenge aller aus dem betreffenden Satz ableitbaren nichttautologischen Sätze definiert. Das Problem dabei ist, daß man die Folgerungsmenge von ableitbaren Sätzen aus einer Theorie nicht kennt. Sie ist unendlich. Der *empirische oder «informative» Gehalt* eines Satzes ist dagegen nach Popper als die Klasse seiner Falsifikationsmöglichkeiten definiert. (Abschnitt 35 d Ld. F) Wesentlich ist aber, daß mit solchen Diskussionen über den «informativen» Gehalt einer Theorie, d.h. ihrer «Aussagemöglichkeit» und «Erklärungskraft» in bezug auf bestimmte Tatsachenfeststellungen, die formalistische Wissenschaftstheorie ihren betont *apragmatischen* Charakter verloren hat und zu den früher pragmatisch orientierten Ansätzen eines Ernst Mach zurückfindet.

Das Machsche Ökonomieprinzip bedeutet letzten Endes nichts anderes als *Informationsverdichtung*. D.h. Begriffe, Hypothesen und Theorien machen aus scheinbar zufälligen elementaren Ereignissen gesetzmäßige Notwendigkeiten (Redundanzen). Verkürzt also lange

unzusammenhängende Ereignisfolgen zu allgemeinen Schemata oder Kompaktalgorithmen, die, wie bereits Mach wußte, Reaktionsschemata des erkennenden Subjekts darstellen. Das gilt für Begriffe ebenso wie für Hypothesen (z.B. Brechungsgesetz) und ebenso für Theorien. Das Bekanntsein von Theorien läßt empirische Betrachtungen und experimentelle Handlungen einsparen. Und die Wahrheit von Theorien ergibt sich dadurch, daß sie *funktionieren*, d.h., daß man mit ihnen vergangene Ereignisse erklären und zukünftige Ereignisse voraussagen kann. Machs intuitive Einsichten lassen sich heute mit den Begriffen der heutigen Informationstechnologie präzisieren, in dem man den wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß als systemtheoretisches Funktionsmodell in Form eines Informationskreislaufes aufbaut.

Damit wird die Methodologie zu einer Technologie des Wissens umgeformt. Wobei aber wichtige Unterschiede zur «Technologie» im engeren Sinn aufrecht erhalten bleiben. Auf diese Unterschiede hat Radnitzky im Gegensatz zu Hans Albert, der ebenfalls die Auffassung von der prinzipiellen Identität von Methodologie und Technologie vertritt, hingewiesen.

Diese Unterschiede sind: 1. Die Anwendung einer Technologie ist Routine, während eine Methodologie Raum für Kreativität lassen muß. 2. Eine effektive Technologie bietet ein sicheres Verfahren zur Zielrealisierung, während die Methodologie bestenfalls die Erfolgsaussichten verbessern kann. 3. Bei einer Technologie kann das Ziel angegeben werden, ohne daß diese Technologie selbst zur Zielangabe herangezogen wird. Dagegen gehört es zu den Aufgaben der Methodologie, das Ziel- Erkenntnisfortschritt - zu klären. 4. Verlässliche Technologien basieren auf hochbewährtem wissenschaftlichem Gesetzeswissen. Die Frage, ob eine bestimmte Gesetzhypothese genügend bewährt ist, ist eine methodologische Bewertungsfrage.

Die prinzipielle (Homomorphie) Gleichwertigkeit von Technologie und Methodologie bleibt jedoch erhalten. Die Methodologie der wissenschaftlichen Erkenntnis als «*Wissenstechnologie*» baut einen auch technisch realisierbaren, teilweise sogar computerisierbaren Informationskreislauf auf.

Dieser Informationskreislauf beginnt mit bestimmten Daten oder Meßgrößen, die jedoch ihre Bedeutung erst durch ihre Interpretation im Rahmen einer Theorie bekommen. Denn auch hier gilt, daß Information nur ist, was verstanden wird, nicht das nackte Ereignis selbst, das beobachtet und gemessen werden kann. Nur dann, wenn die Daten eines Einzelereignisses mit Hilfe einer Theorie als Bestandteil von Strukturen erkannt werden, können sie als relevante Informationen betrachtet werden, die eine Theorie entweder bestätigen oder falsifizieren. In einem Modell läßt sich dieser Rückkoppelungsmechanismus von Theorie und empirischer Erfahrung als ein Prozeß der Verdichtung und Auflösung von Informationen darstellen: Begriffsbildungen durch Abstraktion liefern die relevanten Informationen, die induktiv zu Hypothesen verdichtet werden, aus denen dann wiederum einzelne Prognosen über zukünftige Ereignisse deduktiv abgeleitet werden, und nach Eintreten des Ereignisses reduktiv mit den durch Beobachtung gewonnenen Informationen verglichen werden können.

Eine wissenschaftliche Theorie funktioniert so lange, wie sie den ständig wiederholbaren Erkenntnisprozeß leiten kann, durch den ihr Informationsgehalt erhöht wird. Der Informationsgehalt ist auch das entscheidende Kriterium bei der Bewertung von Theorien. Grob ausgedrückt, ist eine Theorie umso informativer, je überflüssiger die von ihr erklärten Sätze werden. Theorienbildung bedeutet daher, ganz entsprechend dem klassischen Ökonomieprinzip von MACH, Redundanzverminderung. Positiv ausgedrückt heißt das, daß eine Theorie umso besser ist, je größer ihre Erklärungskraft und Prognosefähigkeit ist. Theorien sind daher abstrakte Abkürzungen der empirischen Erfahrung oder Kompaktalgorithmen zur Erzeugung von empirischen Erfahrungen im Sinne der algorithmischen Informationstheorie (B.O. KÜPPERS 1983). Denn das Ordnungsprinzip des Algorithmus ist gerade die Rückkoppelung einer Funktion mit sich selbst, um sich auf diese Weise durch (Wiederholung) Iteration der Lösung zu nähern. In diesem Sinne läßt sich auch die Theoriendynamik, in der die Information das grundlegende strukturbildende Element bildet, als ein spiralenförmiger Selbstkorrektur- und Selbsterweiterungsprozeß darstellen, in dem man sich schrittweise, durch Wiederholung eines Verfahrens, einem unbekanntem Ziel nähert, ohne es jemals wirklich zu erreichen.

LITERATUR

- BRILLOUIN, L., 1962: Science and Information Theory. New York-London.
- CHAITIN, G., 1966: On the length of programs for computing finite binary sequences. Journal of the Association for Computing Machinery 18: 547 ff.
- KOLMOGOROV, A.N. 1965: Drei Zugänge zur Definition des Begriffes «Informationsgehalt» (russ.). Probl. Peredeci Inform. 1: 3-11.
- KÜPPERS, B.O., 1983: Zufall oder Planmäßigkeit. Erkenntnistheoretische Aspekte der biologischen Informationsverarbeitung. Biol. i. u. Z. 13(4).
- MAOKAY, D.M., 1950: Quantal Aspects of Scientific Information. Philosophical Magazine 41.
- MACKAY, D.M., 1969: Information, Mechanism and Meaning. MIT, Cambridge Mass.-London.
- NEUMANN, J.V., 1956: The General and Logical Theory of Automata. In: J.R. Newman (Hrsg.): The World of Mathematics. Vol. 4. New York.
- OESER, E., 1976: Wissenschaft und Information. 3 Bde. Oldenbourg, Wien.
- OESER, E., 1979: Wissenschaftstheorie als Rekonstruktion der Wissenschaftsgeschichte. 2 Bde. Oldenbourg, Wien.
- OESER, E., 1986: Der Informationsbegriff in der Philosophie und in der Wissenschaftstheorie. In: O.G. Folberth und C. Hackl (Hrsg.): Der Informationsbegriff in Technik und Wissenschaft, Oldenbourg, München-Wien.
- OESER, E., 1987: Psychozoikum. Parey, Berlin-Hamburg.
- OESER, E. und F. SEITELBERGER, 1988: Gehirn, Bewußtsein und Erkenntnis. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt.

- PETRI, C.A., 1962: Kommunikation mit Automaten. Rheinisch-Westphälisches Institut für Instrumentale Mathematik an der Universität Bonn, Schrift Nr. 2.
- PETRI, C.A., 1967: Grundsätzliches zur Beschreibung diskreter Prozesse. In: W. Händler, E. Peschl und H. Unger (Hrsg.): 3. Colloquium über Automatentheorie. Basel-Stuttgart.
- QUINE, W.V.O., 1971: Epistemology naturalized. In: Akten des XIV. Internationalen Kongresses f. Philosophie. Band VI. Wien: 96 ff.
- SHANNON, C.E., and W. WEAVER, 1949: The Mathematical Theory of Communication. Urbana IH. Dt. Übersetzung 1976: Mathematische Grundlagen der Informationstheorie. Oldenbourg, München-Wien.
- SZILARD, L., 1929: Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen. Zs. f. Physik 53.
- TURING, A.M., 1956: Can a Machine Think? In: J.R. Newman (Hrsg.): The World of Mathematics. Vol. 4. New York.
- Voss, K., H.J. GENRICH and G. ROZENBERG (eds.), 1987: Concurrency and Nets. Advances in Petri Nets. Springer, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokio.
- WEIZSÄCKER, C.F.V., 1971: Die Einheit der Natur. Hanser, Hamburg.
- WIESER, W. 1972: Genom und Gehirn. München, dtv.
- WITTGENSTEIN, L., 1963: Tractatus logico-philosophicus. Logisch-philosophische Abhandlung. Suhrkamp, Frankfurt a. M.
- ZEMANEK, H., 1986: Information und Ingenieurwissenschaft. In: O.G. Folberth und G. Hackl (Hrsg.), Der Informationsbegriff in Technik und Wissenschaft. München.