

Marco Buzzoni

## **Teleologie und Kausalität in der Biologie** (Kurze Beschreibung des Forschungsprojekts)

### **1. Zusammenhang der geplanten Arbeit mit einer früheren Forschungsarbeit in Deutschland als Humboldt-Stipendiat.**

Das Projekt, das ich bei und mit Professor Dr. Dirk Hartmann in Essen durchführen möchte, ist dem Thema „Teleologie und Kausalität in der Biologie“ gewidmet. Man kann sagen, dass es in gewisser Hinsicht an meine 2004 in Marburg bei Prof. Peter Janich durchgeführte Forschung als Humboldt-Stipendiat anknüpft, die sich u.a. in folgenden Veröffentlichungen niedergeschlagen hat: *Esperimento ed esperimento mentale*, Angeli, Mailand, 2004; “Das Verhältnis zwischen Experiment und Gedankenexperiment in den Naturwissenschaften”, in *Journal for General Philosophy of Science/Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 38 (2007), S. 219-237; *Thought Experiment in the Natural Sciences. A Transcendental-Operational Conception*, Königshausen+Neumann, Würzburg 2008. In diesen Veröffentlichungen bin ich, um das Verhältnis zwischen Experiment und Gedankenexperiment in den Naturwissenschaften zu bestimmen, ausführlich auf die Frage eingegangen, was ein (Real-)Experiment ist. Das nun geplante Forschungsprojekt soll jetzt, ausgehend von der in den genannten Veröffentlichungen entwickelten transzendental-operationalen Auffassung des Experimentes, den wissenschaftstheoretischen Status der Biologie sowie einige weitere grundlegende Fragen der Philosophie der Biologie erörtern.

### **2. Ziele des geplanten Arbeitsprojekts.**

#### 1. STATUS QUAESTIONIS UND FRAGESTELLUNG.

In der Biologie haben sich sehr früh zwei Standpunkte herausgebildet, von welchen aus man versucht hat, zu verstehen, was die Eigentümlichkeit von Lebewesen ausmacht. Der eine ist durch die These gekennzeichnet, nach der sich alle Lebewesen aus ähnlichen oder gleichen niederen, primitiven Organismen entwickelt haben, der andere geht von der Tatsache aus, dass alle Lebewesen aus Zellen bestehen, über die eigentlich nur Physik und Chemie weiter Auskunft geben können. Der eine dieser Standpunkte betrachtet Lebewesen in ihren teleologischen Wechselwirkungen mit der Umwelt (nicht nur aus der Sicht der Evolutionstheorie, sondern auch der Ethologie, Ökologie, usw.), der andere als physikalisch-chemisches System, das imstande ist, Nukleinsäuren und Proteine zu synthetisieren, und das mindestens tendenziell in sich geschlossen ist (Molekularbiologie, Biophysik, Biochemie, usw.).

Welches Verhältnis besteht zwischen diesen beiden Standpunkten, den zugleich zwei verschiedene Weisen entsprechen, Biologie zu betreiben? Zweifellos konnten beide ihre wissenschaftliche Fruchtbarkeit beweisen, aber sie scheinen doch andererseits miteinander nicht ohne weiteres vereinbar zu sein. Ernst Mayr drückte den Konflikt folgendermaßen aus:

“This battle over the status of biology has been waged between two distinct camps. One claims that biology does *not* differ in principles and methods from the physical sciences, and that further research, particularly in molecular biology, will in time lead to a reduction of all of biology to physics. [...] The other camp claims that biology fully merits status as an autonomous science because it differs

fundamentally in its subject matter, conceptual framework, and methodology from the physical sciences [...]” (Mayr 1988, chap. 1)

Eine wissenschaftstheoretische Position, welche die Unabdingbarkeit der Molekularbiologie für das Verständnis des Phänomens „Leben“ betont, läuft immer – auch wenn sie die Naivität der klassisch-mechanistischen Naturbetrachtung anerkennt – das Risiko, in einen Reduktionismus zu verfallen (vgl. Hempel 1965 u. Brooks 1994). Zwar sind offene Bekenntnisse zum Reduktionismus im Laufe des 20ten Jahrhunderts immer seltener geworden, aber es ist nicht schwer, viele stillschweigend reduktionistische Züge auch an Auffassungen aufzudecken, die von ihren Vertretern explizit als antireduktionistisch bezeichnet wurden (vgl. z.B. Jacob and Monod 1961, Nagel 1962 und 1977, Wright 1976), insbesondere wenn sie mit dem in der „philosophy of mind“ vorherrschenden Naturalismus verbunden sind (vgl. Kimbrough 1979 and vor allem Rosenberg 1985 u. 1994).

Antireduktionistische Autoren, die ihre Position meistens auf die Komplexität und den holistischen Charakter von Lebewesen stützen, konnten die teleologische Natur lebender Systeme allerdings ebenfalls nicht überzeugend erklären. Wenn sie im Zuge ihrer Bemühungen nicht doch in mehr oder weniger implizite Formen des Reduktionismus abglitten (was meines Erachtens etwa auch bei Maturana und Varela 1980 der Fall ist), so verfielen sie stattdessen meist in einen Vitalismus (diese Diagnose dürfte beispielsweise auf Polanyi 1968 zutreffen).

Mit der Zeit wurde man sich immer stärker darüber bewusst, dass der Gegensatz zwischen beiden Auffassungen irgendwie überwunden werden müsse. Mayr etwa machte einen ernsten und vieldiskutierten Versuch, Mechanismus und Teleologie in der Biologie zu versöhnen, indem er bei grundsätzlicher Bejahung der Möglichkeit biophysikalischer Beschreibungen des Lebens bestritt, dass das Organische aus dem Anorganischen und der evolutionäre aus dem biophysischen Standpunkt abgeleitet werden könne:

“the same event may have entirely different meanings in several different conceptual domains. The courtship of a male animal, for instance, can be described in the language and conceptual framework of the physical sciences (locomotion, energy turnover, metabolic processes, and so on), but it can also be described in the framework of behavioral and reproductive biology. And the latter description and explanation cannot be reduced to theories of the physical sciences. Such biological phenomena as species, competition, mimicry, territory, migration, and hibernation are among the thousands of examples of organismic phenomena for which a purely physical description is at best incomplete if not irrelevant” (Mayr 1988, S. 62-63).

Es wird angebracht sein, diesen Vermittlungsversuch Mayrs (vgl. auch Mayr 1991) einer ausführlichen kritischen Erörterung zu unterziehen.

Die Grundunterscheidung, die Mayr verwendete, war die zwischen den für biophysikalische Erklärungen typischen Bezugnahmen auf “proximate causes” einerseits, und Bezugnahmen auf “ultimate causes” andererseits, in welchen die Autonomie der Biologie begründet liegen soll. Nach Mayr sind solche „letzten“ Ursachen allerdings nicht mit den traditionellen Zweckursachen zu verwechseln. Zweckursachen im Aristotelischen Sinne innerhalb der Biologie zu akzeptieren würde nach ihm bedeuten, den Sinn von Darwins Evolutionstheorie zu verfehlen. Durch eine Argumentation, die inzwischen ein Gemeinplatz in der wissenschaftstheoretischen Diskussion der Evolutionstheorie geworden ist, weist Mayr nach, dass die im Laufe der Evolution errungenen komplexeren Stufen des Organischen nicht als das Ergebnis eines teleologischen Plans göttlicher Vorsehung verstanden werden müssen, sondern sich durch den einfachen Mechanismus von Variation und Selektion ohne weiteres erklären lassen (vgl. z.B. Mayr 1991).

Wenn Mayr damit Recht hat, dann fragt sich allerdings, inwieweit dies mit seinem Ziel vereinbar ist, die Nichtreduzierbarkeit von „ultimate causes“ – und damit letztlich der Biologie selbst – zu rechtfertigen. Wäre es möglich, Zweckursachen in jedem Sinn auf Wirkursachen zu reduzieren, dann würde auch die Autonomie der Biologie zum reinen Schein. Und umgekehrt: ist die Biologie ein autonomer Forschungsbereich, der durch die Verwendung von Zweckursachen gekennzeichnet ist, müsste es möglich sein, einen Sinn anzugeben, in welchem Zweckursachen eben *nicht* vollständig auf Wirkursachen reduzierbar sind. Das zu tun, ist eines der Grundziele dieses Forschungsprojektes.

## 2. ZIELE UND GRUNDLEGENDE ARBEITSHYPOTHESE DES FORSCHUNGSPROJEKTS.

Die grundlegende Arbeitshypothese des Forschungsprojekts – das, wie erwähnt, von einer transzendental-operationalen Auffassung von Kausalität und Naturwissenschaft ausgeht (vgl. Buzzoni 2004 u. 2008a) – ist die, dass der ‚mechanistische‘ und der ‚teleologische‘ Standpunkt erstens aufeinander nicht reduzierbar, zweitens (bei korrektem Verständnis) miteinander kompatibel und drittens notwendig miteinander verbunden sind. Dieser Doppelcharakter der Biologie ist in dem Sinne in ihrem Wesen enthalten, als es einerseits keine Experimentalwissenschaft ohne das „Prinzip des Mechanismus der Natur“ (Kant) geben kann, aber andererseits die Biologie keinen eigenständigen Gegenstand hätte, wollte sie von der Fähigkeit der Organismen absehen, in ihre Umgebung nach Zwecken einzugreifen, die im Dienste ihres Leben (und Über-Lebens) stehen.

Um die Funktionsweisen eines Organismus zu verstehen, ist es zwar durchaus möglich und fruchtbar, ihn analog einer künstlichen, vom Menschen für einen bestimmten Zweck (dem alle einzelnen Teile untergeordnet sind) gebauten Maschine zu beschreiben. Diese heuristische Vorgehensweise hat die Geschichte der Biologie stark geprägt und wird immer öfter in der Biorobotik angewendet (vgl. z.B. Machamer, Darden, and Craver 2000; Woodward 2002; Bechtel, W., and A. Abrahamsen 2005; Glennan, 2005). Gleichwohl bedeutet das keineswegs eine komplette Reduzierbarkeit von teleologischen Erklärungen des Organischen auf rein mechanische.

Der Wahrheitskern der mechanischen Betrachtungsweise ist darin zu sehen, dass eine wissenschaftlich legitime Untersuchung des Organischen experimentell vorgehen muss. Prinzipiell soll jede hypothetisch angenommene Korrelation zwischen biologischen Variablen auch experimentell reproduzierbar sein.<sup>1</sup> Das schließt aber für sich genommen noch keineswegs, einen Bezug auf Zweckursachen bei der biologischen Forschung aus.

Die moderne, galileische Naturwissenschaft konnte zwar nur dadurch entstehen, dass der Anthropomorphismus im Sinne einer Erfassung von Naturvorgängen nach dem Ebenbilde menschlicher (oder göttlicher) Handlungen entschieden verworfen wurde. In diesem Sinne ist die Kritik am Anthropomorphismus teleologischer Erklärungen durch Bacon, Spinoza oder Voltaire endgültig. In einem anderen Sinne gibt es aber auch eine Form von „Anthropomorphismus“, ohne die sich der Horizont nicht aufhellen könnte, in dem sich wissenschaftliche Forschung jedweder Art abspielt. Wollen wir etwas naturwissenschaftlich erklären, dann müssen wir es so darstellen, als ob es Folge unseres Handelns, genauer experimentellen Handelns, wäre bzw. sein könnte. Diese „Teleologie“ ist harmlos in dem Sinne, dass sie überhaupt keinen Einfluss auf die Forschungsinhalte und –resultate als solche ausübt, sondern nur den Hintergrund bildet, vor dem sich diese Inhalte *eben als mechanische Ursachen und Wirkungen* von bloß kontingenten Ereignisabfolgen abheben können.

---

<sup>1</sup> Zur These, dass die Biologie prinzipiell eine Experimentalwissenschaft ist, siehe etwa Janich 1997 und Lange 1999.

Der Biologe kann die Abhängigkeit oder Unabhängigkeit voneinander verschiedener Faktoren (oder Umstände) nur dadurch nachweisen, dass er die „Methode der Variation“ (Mill, Mach) aktual oder hypothetisch anwendet. Zwar kann der Biologe auf diese Methode oft nicht direkt zurückgreifen, weil er z.B. den Gang der Evolution nicht mehr verändern kann, aber auch dann muss er sich zuerst einmal Zielzustände vorstellen, die durch gezielte Veränderungen erreicht werden könnten. Er muss sich dabei eine gewisse Gruppe oder auch ein Element eines zu erklärenden Phänomens als (kontrafaktisch) verändert denken, um zu „prüfen“, ob hierdurch im Phänomen Veränderungen resultieren würden, die als *Endergebnis* bereits festgehalten sind.

Mit anderen Worten muss der heutige Biologe, auch wenn er sich dessen nicht bewusst ist, sich zuerst einmal einen Naturvorgang als Folge einer möglichen Handlung (nämlich einer Variation von Umständen) vorstellen, um ursächliche Zusammenhänge etablieren zu können, denn nur im Hinblick auf als mögliche Ziele einer Handlung gedachte und als solche gedanklich „festgehaltene“ Endzustände von Verläufen können einige situative Faktoren als deren nicht-akzidentelle „Ursachen“ ausgezeichnet werden, die mit dem Endzustand als Wirkung *rein mechanisch* verbunden sind.

Auf diese Form von Teleologie kann die Biologie nicht verzichten. Weil sie die Grundlage kausaler Erklärbarkeit von Phänomenen darstellt, kann sie auch nicht – etwa auf Mayrs Art und Weise – wieder auf Kausalerklärungen reduziert werden. Sie muss das auch nicht, weil diese Teleologie auf der Objektebene fachwissenschaftlicher Theoriebildung gar nicht in Erscheinung tritt: Sie ist zwar (philosophische) Bedingung der Möglichkeit, dass die Welt als Zusammenhang von wechselseitig wirkenden physikalisch-chemischen Ursachen erscheint, bestimmt aber andererseits nicht die besonderen (wissenschaftlichen) Inhalte biologischer Forschung und die für diese etablierbaren Kausalzusammenhänge. Diese sind allein Sache der empirischen Forschung selbst, auch wenn sie – innerhalb des *mare magnum* der abstrakt denkbaren Bedingungen eines Phänomens – nur auf dem Hintergrund einer impliziten Teleologie *als* kausale Zusammenhänge konstituiert werden können. (Zur weiteren Klärung dieses letzten Punktes wird es angebracht sein, an einige Aspekte der Theorie der Handlungskausalität anzuknüpfen, die bereits Gegenstand einer früheren Veröffentlichung von mir waren (vgl. Buzzoni 2008b).

Trotz dieser prinzipiellen Trennung einer rein philosophischen von der fachwissenschaftlichen Ebene, folgt daraus allerdings nicht die Unfruchtbarkeit philosophischer Überlegungen für die Fachwissenschaft. Ich werde versuchen, zu zeigen, dass die Anerkennung des erläuterten Bezugs von Wirk- auf Endursachen für den Biologen auch *at work* von Nutzen sein kann. Biologen haben teleologische Sprechweisen einerseits immer wieder verwendet, und andererseits dabei immer ein schlechtes Gewissen an den Tag gelegt, das sich in den mannigfaltigen Beteuerungen zeigt, dass diese Sprechweisen eben als „bloße“ *façon de parler* zu interpretieren seien. Richtig zu verstehen, wie der mechanistische und der teleologische Standpunkt auf methodischer Ebene innerlich miteinander verbunden sind, befreit m.E. die biologische Forschung von gedanklichen Fesseln, die für sie hinderlich, ja wahrscheinlich sogar schädlich waren und sind. Das geplante Projekt könnte in diesem Sinne nicht nur für die Philosophie der Biologie, sondern (in bescheidenem Maße) auch für die Biologie selbst von Nutzen sein: Eine reflektierte Verwendung teleologischer Sprache bleibt biologischen Darstellungen nicht äußerlich, sondern erfüllt eine prinzipiell heuristische Funktion, die methodisch nicht nur zulässig, sondern ganz unverzichtbar ist.

#### 4. Literatur, auf die sich das Forschungsprojekt stützt (Auswahl, derzeitiger Stand)

- Bechtel, W., and A. Abrahamsen (2005), "Explanation: A Mechanist Alternative", *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 36, 421–444.
- Beckner M. (1959), *The Biological Way of Thought*. Columbia University Press, New York.
- Buzzoni M. (2004), *Esperimento ed esperimento mentale*, Angeli, Milano.
- Buzzoni M. (2008a), *Thought Experiment in the Natural Sciences*, Königshausen+Neumann, Würzburg.
- Buzzoni M. (2008b), Causalité et temporalité du point de vue opérationnel, in *Epistemologia. An International Journal for the Philosophy of Science*, Special Issue, 14 : *Time in the Different Approaches/Le temps appréhendé à travers différentes disciplines*, 45-58.
- Bock W. J. (1994), Ernst Mayr, naturalist: His contributions to systematics and evolution. *Biology and Philosophy*, 9, 267-327.
- Bohr N. (1933), Licht und Leben, in *Die Naturwissenschaften*, 21, 245-50.
- Brandon R. and R. Burian (1984, eds.), *Genes, Organisms, and Populations: Controversies Over the Units of Selection*, MIT Press, Cambridge.
- Brooks D.H.M. (1994), How to Perform a Reduction, in *Phil. and Phenom. Research*, 54, 803-14.
- Dawkins, R. (1986). *The Blind Watchmaker*, Longman, Harlow.
- Dawkins, R. (1976), *The Selfish Gene*, Oxford University Press, Oxford (new ed. 1989).
- Dobzhansky T. (1937), *Genetics and the origin of species*, Columbia University Press, New York.
- Dupré J. (1983), The Disunity of Science, in *Mind*, 92, pp. 321-46.
- Emmeche C., Køppe S. and F. Stjernfelt (1997), Explaining emergence: Towards an Ontology of Levels, in *Journal for General Philosophy of Science*, 28, 83-119.
- Engels E.-M. (1982), *Die Teleologie des Lebendigen*, Duncker & Humblot, Berlin.
- Flohr Has and Kim Jaegwon (1992, eds.), *Emergence or Reduction?*, De Gruyter, Berlin 1992.
- Glennan S. (2005), "Modeling Mechanisms", in *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36, 443–464.
- Greene J. C. (1994). Science, Philosophy, and Metaphor in Ernst Mayr's Writings, in *Journal of the History of Biology*, 27, 311–347.
- Gutmann M. (1996), *Die Evolutionstheorie und ihr Gegenstand*, Verlag für Wissenschaft und Bildung, Berlin.
- Haffer J. (2007), *Ornithology, Evolution, and Philosophy - The Life and Science of Ernst Mayr (1904–2005)*, Springer, New York.
- Hanekamp G. (1997), *Protochemie*, Königshausen & Neumann, Würzburg.
- Hausmann R. (1995), *Und wollten versuchen, das Leben zu verstehen. Betrachtungen zur Geschichte der Molekularbiologie*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Hempel C. G. (1965), *Aspects of Scientific Explanation and other Essays*, Free Press, New York.
- Hölldobler B. (2004), Ernst Mayr: The Doyen of Twentieth Century Evolutionary Biology, in *Die Naturwissenschaften*, 91, 249-254.
- Hull D.L. (1974), *Philosophy of Biological Science*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Hull D.L. (1989), *The Metaphysics of Evolution*, SUNY Press, Albany (N.Y.).
- Hull D. L. (1994), Ernst Mayr's Influence on the History and Philosophy of Biology: A Personal Memoir, in *Biology and Philosophy*, 9, 375-386.
- Hudson R.G. (1999), Mesosomes: A Study in the Nature of Experimental Reasoning, in *Phil. of Science*, 66, 289-309.
- Jacob F. (1970), *La logique du vivant: Une histoire de l'héritité*, Gallimard, Paris.
- Jacob F. and J. Monod (1961), Genetic Regulatory Mechanisms in the Synthesis of Proteins, in *J. Mol. Biol.*, 3, 318-56.
- Janich P. (1997), Experiment in der Biologie, in *Theory in Biosciences* 116, n. 1, 33-64, rist. in P. Janich, *Kultur und Methode. Philosophie in einer wissenschaftlich geprägten Welt*, Suhrkamp, Frankfurt a.M. 2006, 330-366.
- Janich P. (2001), Der Status des genetischen Wissens, in L. Honnefelder u. P. Propping (hrsg.), *Was wissen wir, wenn wir das menschliche Genom kennen?*, Köln, 70-89, rist. col titolo *Was ist genetisches Wissen?*, in P. Janich, *Kultur und Methode. Philosophie in einer wissenschaftlich geprägten Welt*, Suhrkamp, Frankfurt a.M. 2006, 369-390.
- Junker T. (1996), Factors shaping Ernst Mayr's concepts in the history of biology, *Journal of the History of Biology*, 29, 29-77.
- Junker T. (2004), *Geschichte der Biologie: Die Wissenschaft vom Leben*, Beck, München.
- Kant I. (1790), *Kritik der der Urtheilskraft*, in *Kants Werke*, Akademie Textaufgabe, Bd. V, Berlin, 165-486.

- Kimbrough S. O. (1979), On the Reduction of Genetics to Molecular Biology, in *Phil. Sci.*, 46, 389-406.
- Kitcher Ph. (1984), 1953 and All That: A Tale of Two Sciences, in *The Philosophical Review*, 93, 335-373.
- Lange R. (1999), *Experimentalwissenschaft Biologie. Methodische Grundlagen und Probleme einer technischen Wissenschaft vom Lebendigen*, Königshausen+Neumann, Würzburg.
- Lenoir T. (1982), *The Strategy of Life*, Reidel, Dordrecht.
- Lovejoy A. O. (1936), *The great chain of being: A study of the history of an idea*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- Machamer, P., L. Darden, and C.F. Craver (2000), "Thinking about Mechanisms", *Philosophy of Science* 67, 1-25.
- Maturana H. and F.J. Varela (1980), *Autopoiesi and Cognition*, Reidel, Dordrecht, tr. it., *Autopoiesi e cognizione*, Marsilio, Padova 1988.
- Mayr E. (1942), *Systematics and the Origin of Species*, Columbia University Press, New York.
- Mayr E. (1959), Darwin and the Evolutionary Theory in Biology, in B.J. Meggers (ed.), *Evolution and anthropology: A centennial appraisal*, The Anthropological Society of Washington, Washington (D. C.), pp. 1-10.
- Mayr E. (1961), Cause and Effect in Biology. Kinds of Causes, Predictability, and Teleology are Viewed by a Practicing Biologist, in *Science*, 134, 1501-1506.
- Mayr E. (1962), Accident or Design: the Paradox of Evolution, in *The Evolution of living organisms. Proceedings of the Darwin Centenary Symposium of the Royal Society of Victoria* (Melbourne 1959), Melbourne University Press, Melbourne, 1-14.
- Mayr E. (1963), *Animal Species and Evolution*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- Mayr E. (1981), *La biologie de l'évolution*, Hermann, Paris, tr. it. di M. Merz, *Biologia ed evoluzione*, Boringhieri, Torino 1982.
- Mayr E. (1982), *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- Mayr E. (1988). *Toward a New Philosophy of Biology: Observations of an Evolutionist*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- Mayr E. (1991), *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- Mayr E. (1991), *Toward a New Philosophy of Biology*, Harvard Univ. Press, Cambridge.
- Mayr E. (1997), *This is Biology. The Science of the Living World*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- Mayr E. (2004), *What Makes Biology Unique? Considerations on the Autonomy of a Scientific Discipline*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Nagel E. (1962), *The Structure of Science*, Harcourt-Brace, London-New York 1961 (Hackett Publishing, Indianapolis 1979), tr. it. di A. Monti, *La struttura della scienza*, Feltrinelli, Milano 1968 e<sup>3</sup> 1978.
- Nagel E. (1977), Teleology Revisited, in *J. Phil.*, 74, 261-301.
- Polanyi M. (1968), Life's Irreducible Structure, in *Science*, 160, 1308-12.
- Rosenberg A. (1978), The Supervenience of Biological Concepts, in *Phil. Sci.*, 45, pp. 368-86.
- Rosenberg A. (1985), *The Structure of Biological Science*, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Rosenberg A. (1994), *Instrumental Biology or The Disunity of Science*, University of Chicago Press, Chicago.
- Ruse M. (1988), *The Darwinian Paradigm*, Routledge and Kegan Paul, London.
- Ruse M. (1989), *What the Philosophy of Biology Is*, Reidel, Dordrecht.
- Salmon W.C. (1998), *Causality and Explanation*, Oxford Univ. Press, New York/Oxford.
- Scriven M. (1959), Explanation and Prediction in Evolutionary Theory, in *Science*, 130 (28), 477-482.
- Simpson G.G. (1949), *The Meaning of Evolution: A Study of the History of Life and of its Significance for Man*, Yale University Press, New Haven.
- Smocovitis V.B. (1996), *Unifying Biology: The Evolutionary Synthesis and Evolutionary Biology*, Princeton University Press, Princeton.
- Sober E. (1984a, ed.), *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*. MIT Press, Cambridge.
- Sober E. (1984b, ed.), *The Nature of Selection*, MIT Press, Cambridge.
- Toulmin S. (1972), *Human Understanding*, Clarendon Press, Oxford.
- Woodward J. (2002), "What Is a Mechanism? A Counterfactual Account", in *Philosophy of Science*, 69 (Proceedings), S366-S377.
- Wright L. (1976), *Teleological Explanation*, Univ. of California Press, Berkeley.