

GRUNDPROBLEME DER WISSENSCHAFTSPHILOSOPHIE (ÜBERBLICK
20. JAHRHUNDERT)

Thomas Kuhn über wissenschaftliche Revolutionen (Zusammenfassung
vom 12.6.2007)

1 Thomas Samuel Kuhn

1. 1922 – 1996. Promotion in theoretischer Physik in Harvard, anlässlich eines Kurses über Wissenschaftsgeschichte erwacht Interesse an Wissenschaftsgeschichte. Karriere als Wissenschaftshistoriker und -philosoph in Berkeley, Princeton und am MIT.
2. Hauptwerk: „The Structure of Scientific Revolutions“ (Kuhn 1962); wissenschaftsgeschichtliche Studien zur Kopernikanischen Revolution (1957) und zu den Beginnen der Quantenmechanik.
3. Außergewöhnliche Wirkung von „The Structure ...“. Obwohl es in einer Reihe, die vom Wiener Kreis herausgegeben wurde, veröffentlicht wurde, Abschied vom logischen Positivismus/Empirismus.

Im folgenden konzentrieren wir uns auf Kuhns Hauptwerk und behandeln die wichtigsten Themen. Zitate nach Kuhn (1976).

2 Die Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte

1. „Wenn man die Geschichtsschreibung für mehr als einen Hort von Anekdoten oder Chronologien hält, könnte sie eine entscheidende Verwandlung im Bild der Wissenschaft, wie es uns zur Zeit gefangen hält, bewirken.“ (15)
2. Die bisherige Auffassung von Wissenschaftsentwicklung: „Wissenschaftliche Entwicklung ist demnach der schrittweise sich vollziehende Prozeß, durch den solche Einzelheiten [...] zu einem immerwährenden wachsenden Bestand zusammengefügt worden sind, der die wissenschaftliche Methode und Erkenntnis bildet. Und die Geschichte der Wissenschaft wird zu der Disziplin, die sowohl diesen allmählichen Zuwachs wie auch die Hindernisse, die sich der Ansammlung entgegenstellen, chronologisch aufzuzeichnet.“ (16). Das Bild, das wir uns von der wissenschaftlichen Entwicklung machen, ist durch das Studium von Lehrbüchern verfälscht.
3. Modell, von dem sich Kuhn lösen möchte: „Entwicklung durch Anhäufung“ (16).
4. Konsequenz: „eine historiographische Revolution“ (17).
5. Einwand: Wie kann die Wissenschaftsgeschichte für philosophische Zwecke relevant werden? Verwechslung von „context of justification“ und „context of discovery“? Kuhn (24): „Wie wäre es möglich, daß die Geschichte der Wissenschaft nicht eine

Quelle von Phänomenen wäre, von denen mit Recht erwartet werden kann, daß Theorien über das Wissen auf sie anwendbar sind.“

3 Normalwissenschaft und das Paradigma

1. Normalwissenschaft: „Forschung, die fest auf einer oder mehreren wissenschaftlichen Leistungen der Vergangenheit beruht, Leistungen, die von einer bestimmten wissenschaftlichen Gemeinschaft eine Zeitlang als Grundlage für ihre weitere Arbeit anerkannt werden.“ (25).
2. Normalwissenschaft an Paradigma gebunden.
3. Was ist ein Paradigma? Kuhn:
 - (a) neue Leistung, die eine Gruppe von Wissenschaftlern überzeugt, ihnen aber auch Probleme offenläßt (10, 25). Paradigmata werden über Lehrbücher vermittelt.
 - (b) Ein Paradigma läßt gewisse Interpretationsspielräume zu (Kap. 5).
 - (c) Ein Paradigma läßt sich nicht im Sinne von bestimmten Regeln definieren (Kap. 5).
 - (d) Ein Paradigma legt auch Normen für die Forschung fest (122): „Paradigma [versorgen] die Wissenschaftler nicht nur mit einer Landkarte [...], sondern auch mit einigen wesentlichen Richtlinien für die Erstellung der Landkarte.“
 - (e) definiert wissenschaftliche Disziplinen (116).
 - (f) Vergleich mit einer Schublade (38).
 - (g) „Aufeinanderfolgende Paradigmen teilen uns verschiedene Dinge über das, was es im Universum gibt, und sein Verhalten mit.“ (115).

Einwand gegen Kuhn: Sein Paradigmenbegriff ist vieldeutig. Etwa: Paradigma im Sinne einer disziplinspezifischen Matrix (Annahmen über einen bestimmten Gegenstandsbereich, methodologische Richtlinien) und eines Schulbeispiels (186 f.; Ladyman 2002, 98 f.).

4. Beispiele für ein Paradigma: Maxwells Entwicklung der elektro-magnetischen Feldgleichungen (37). Die Leidener Flasche und die Vorstellung, Elektrizität sei eine Art von Flüssigkeit (vgl. 73 ff.). Newtons Behandlung der Planetenbewegung (Paradigma für weitere Physik).
5. Bevor sich eine wissenschaftliche Disziplin ausbildet: vorparadigmatische Phase – viele unvereinbare Theorien, Unklarheiten bezüglich der Frage, was relevant ist.
6. Wie prägt das Paradigma die Normalwissenschaft?

„Die normale Wissenschaft besteht in der Verwirklichung jener Verheißung [auf Erfolg], einer Verwirklichung, die durch Erweiterung der Kenntnis der vom Paradigma als besonders aufschlußreich dargestellten Fakten, durch Verbesserung des Zusammenspiels dieser Fakten mit den Voraussetzungen des Paradigmas sowie durch weitere Artikulierung des Paradigmas herbeigeführt wird.“ (38).

Normalwissenschaft „Aufräumarbeit“ (38).

„Bei näherer Untersuchung, sei sie historisch oder im modernen Labor, erscheint dieses Unternehmen [normalwissenschaftliches Aufräumen] als Versuch, die Natur in die vorgeformte und relativ starre Schublade, welche das Paradigma darstellt, hineinzuzwängen. In keiner Weise ist es das Ziel der normalen Wissenschaft, neue Phänomene zu finden [...]“ (38).

7. Die Aufgaben der Normalwissenschaft (47):

- (a) Bestimmung von Fakten, die im Sinne des Paradigmas relevant sind (Bestimmung von Planetenpositionen, 39)
- (b) Versuch, die Passung zwischen der Theorie und den Daten zu verbessern (Näherungsverfahren, um aus den Theorien Vorhersagen abzuleiten, 45, Bestimmung von Gravitationskonstante;)
- (c) Alternative Artikulation der Theorie (Lagrange-Formulierung der Newtonschen Mechanik, 46).

Dabei experimentelle und theoretische Aspekte.

8. Vergleich: Normalwissenschaft wie Rätsellösen („puzzle solving“; dabei ist etwa an Kreuzworträtsel zu denken). Hinsichten des Vergleichs: a. Wer ein Rätsel zu lösen versucht, der nimmt an, daß es eine Lösung gibt, nicht aber notwendig, daß das Rätsel wichtig ist (51). b. Das Rätsel ist durch Regeln definiert (im Falle der Normalwissenschaft ergeben sie sich aus dem Paradigma).

9. Normalwissenschaft ist kumulativ (65).

10. Normalwissenschaft ist zwar durch das Paradigma beschränkt, dadurch ist aber eine Konzentration möglich, die zu Erfolgen (insbesondere zu einer Tiefe und einer Genauigkeit) führt, die es anders nicht geben würde (38).

4 Anomalien und Krisen

1. Definition: Anomalie ist ein „Phänomen[...], auf welches das Paradigma den Forscher nicht vorbereitet hatte“ (70).

2. Beispiele: Die Entdeckung des Sauerstoffes (66 ff.), der Röntgenstrahlung (69 ff.) und Leidener Flasche (73 ff.).

3. Mithilfe des Begriffs der Anomalie rekonstruiert Kuhn die Intuition, daß in den Wissenschaften Neues entdeckt wird.

4. Entdeckungen, die nicht in ein Paradigma passen, oft unbeabsichtigt (70); lassen sich nicht genau datieren, da sie ein komplexer Vorgang sind (67 f.).

5. Hinreichend viele/wichtige Anomalien können zu einer Krise führen. Beispiele für Krisen: Ptolemäische Astronomie (80 ff.); Chemie vor der Zeit Lavoisiers (82 ff.), Ätherphysik (85 ff.). Kennzeichen: Wucherung von Theorieansätzen (vgl. vorparadigmatische Zeit). Übliches Rätsellösen bricht zusammen (82).

6. Reaktion der Wissenschaft: zunächst nicht Verwerfen des alten Paradigmas. Ein Paradigma wird erst verworfen, wenn man ein neues hat (gegen Popper, 90).

7. Wirkungen einer Krise: 1. „Aufweichung Paradigma“ (97). 2. Ende der Krise (98):
 - a. Das alte Paradigma meistert die Probleme doch.
 - b. Vertagung der Probleme
 - c. Neues Paradigma; Paradigmenwechsel: grundlegender Neuaufbau einer Disziplin im Rahmen einer wissenschaftlichen Revolution.

5 Wissenschaftliche Revolutionen

1. Definition: Revolutionen „jene nicht-kumulativen Entwicklungsepisoden [...]“, in denen ein älteres Paradigma ganz oder teilweise durch ein nicht mit ihm vereinbares neues ersetzt wird.“ (104).
2. Kuhn denkt nicht nur an die großen Revolutionen in der Wissenschaftsgeschichte, diskutiert aber hauptsächlich diese (21).
3. Beispiel: Einsteins Spezielle Relativitätstheorie löst die Newtonsche Mechanik ab.
4. Revolutionen sind notwendig, weil die Normalwissenschaft innerhalb eines feststehenden Paradigmas bleibt und so nichts Neues zutage fördern kann (109 f.).
5. Vergleich mit politischen Revolutionen. Hinsichten: 1. „Politische Revolutionen werden durch ein wachsendes, doch oft auf einen Teil der politischen Gemeinschaft beschränktes Gefühl eingeleitet, daß die existierenden Institutionen aufgehört haben, den Problemen, die eine teilweise von ihnen selbst geschaffene Umwelt stellt, gerecht zu werden.“ (104). 2. Auseinandersetzungen im Rahmen politischer Revolutionen sprengen den Rahmen der vorher als legitim angesehen Institutionen, finden nicht in ihnen statt (105); es „*versagt die eigentliche politische Auseinandersetzung.*“ (105).
6. Wesentliche Voraussetzung: Im Rahmen einer wissenschaftlichen Revolution stehen sich zwei (oder vielleicht auch mehr) Paradigmen gegenüber. Die Theorien/Paradigmen, die sich in einer wissenschaftlichen Revolution gegenüberstehen, widersprechen einander. Warum muß das so sein? Kuhn: Die neue Theorie muß ja etwas leisten, was die alte nicht kann (110). Einwand: Im Rahmen einer wissenschaftlichen Revolution stellt sich oft heraus, daß die alte Theorie ein Grenzfall der neuen Theorie ist (Beispiel: Newtonsche Mechanik Grenzfall der Speziellen Relativitätstheorie für kleine Relativgeschwindigkeiten; 111 f.). Antwort Kuhn: a. Newtonsche Theorie wurde nicht explizit bloß auf kleine Relativgeschwindigkeiten angewandt. b. Beide Theorien verwenden zwar dieselben Begriffe, aber diese Begriffe bekommen neue Bedeutungen. Beispiel: „Masse“ bedeutet für Newton etwas anderes als für Einstein (etwa, weil Masse bei Einstein geschwindigkeitsabhängig ist, was nicht der Fall ist bei Newton; vgl. 114). Konzeptuelle Entwicklung: „die wissenschaftliche Revolution [ist] eine Verschiebung des Begriffsnetzes [...], durch welches die Wissenschaftler die Welt betrachten.“ (115).
7. These der semantischen Inkommensurabilität: Bei einem Paradigmenwechsel ändern Begriffe ihre Bedeutung; die alten Begriffe lassen sich nicht einfach in den neuen ausdrücken oder in die neuen übersetzen; es gibt kein gemeinsames Maß zwischen ihnen. Daher kommt es bei einer Revolution notwendig zu einem Aneinander-Vorbei-Reden (122). Hintergrund: Bedeutungstheorie: Holismus (vgl. Quine).

8. methodische Inkommensurabilität (116): 1. Die unterschiedlichen Paradigmata haben ihre eigenen Standards (Beispiel: Im Sinne von Paradigma 1 darf man Bewegungen nur durch Kontaktwechselwirkungen erklären, im Sinne von Parameter 2 ist dagegen auch das Postulieren von unbeobachtbaren Kräften erlaubt; vgl. 116 ff.) 2. es gibt keine/kaum überparadigmatische Kriterien. 3. Keine Standards sind objektiv besser.

Anhand von Beispielen versucht Kuhn zu zeigen, wie Fragen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt als wissenschaftlich interessant galten, von neuen Paradigmen ausgeblendet wurden, um nach einem erneuten Paradigmenwechsel wieder „salonfähig“ zu werden (116 ff.).

Weitere Schwierigkeit beim Vergleich der Paradigmata: Es gibt unterschiedliche Aspekte, die man gewichten muß. Vertreter unterschiedlicher Paradigmata sind sich nicht einig, wie man diese Aspekte zu gewichten hat (122).

Weil sich die Wissenschaftler bei der Auseinandersetzung um die Paradigmata auf ihr Paradigma berufen, wird die Argumentation zirkelhaft (106). Überredung statt Überzeugung.

„In dem Maße [...], in dem die Auffassung zweier wissenschaftlicher Schulen darüber, was ein Problem und was eine Lösung ist, auseinandergehen, werden sie zwangsläufig aneinander vorbeireden, wenn sie über die relativen Vorzüge ihrer jeweiligen Paradigmata diskutieren.“ (122).

9. Zusätzlich: „methodologische Richtlinien für sich allein [können] auf vielerlei wissenschaftliche Fragen keine eindeutige inhaltliche Antwort herbeiführen“ (18). Rolle von „Willkür“ (19).

6 Die Paradigmenabhängigkeit/Theoriebeladenheit der Erfahrung

1. Im Rahmen einer wissenschaftlichen Revolution sogar Umwandlung der Welt (123): „die Wissenschaftler nach einer Revolution [haben] es mit einer anderen Welt zu tun.“
2. Begründung: Was jemand sieht (erfährt), hängt von den Paradigmen ab, an die er sich hält. Wo Herschel einen Kometen sieht, sieht Lexell einen Planeten (127). Im Rahmen eines Paradigmenwechsel kommt es zu einer (kollektiven) Wahrnehmungsverschiebung. Kuhn: Eine wissenschaftliche Ausbildung lehrt uns immer auch Dinge zu sehen, die der Laie nicht sieht. Weil die wissenschaftliche Ausbildung meist im Rahmen eines Paradigmas erfolgt, kann es dazu kommen, daß die Wahrnehmung abhängig vom Paradigma ist.
3. Hintergrundinformation: Das Verb „sehen“ ist das, was man im Englischen „factive“ nennt. Wer sagt: „X sieht, daß p“, der unterstellt, daß p wahr ist. Kuhns Idee vermutlich: Unmittelbarer Ausdruck unserer Erfahrung durch Sätze der Art: „Ich sehe, daß p“ und „Ich sehe, daß q“. Übergang zu einer Feststellung in der dritten Person: „X sieht, daß p“ und „Y sieht, daß q“. „sehen“ „factive“, daher: p *und* q sind wirklich wahr; daher: X und Y leben in verschiedenen Welten.

Dieser Gedankengang ist aber problematisch, da man beim Übergang von der ersten auf die dritte Person der Vorsicht halber sagen sollte: „X glaubt, p zu

sehen.“ Wenn das richtig ist, dann ist Kuhns These, daß die Wissenschaftlicher in unterschiedlichen Welten leben, übertrieben.

Kuhn selber (123) rechtfertigt seine These, daß Wissenschaftler mit unterschiedlichen Paradigmen (zum selben Sachgebiet) in unterschiedlichen Welten leben, indem er sagt, die Wissenschaftler hätten keinen anderen Zugang zur Welt außer dem, was sie wahrnehmen.

Kuhns Redeweise, daß Wissenschaftler mit unterschiedlichen Paradigmen nicht dasselbe sehen, ist mit einem radikalen Konstruktivismus vereinbar. Der radikale Konstruktivist verneint, daß es eine von der Wahrnehmung (allgemeiner: dem menschlichen Geist) unabhängige Welt gibt.

Egal, wie es sich mit der Veränderung der Welt verhält, Kuhn hat in jedem Fall einen Punkt: Wenn X zu sehen glaubt, daß p, und Y in derselben Situation zu sehen glaubt, daß q, wie kann es dann noch intersubjektive Erfahrung geben?

4. Wir verfolgen zunächst Kuhns These der Wahrnehmungsverschiebung. Ist diese These überhaupt plausibel? Kuhn: Parallele zu Wechseln in der Gestaltwahrnehmung (Beispiele: alte/junge Frau; Ente/Kaninchen; Kubus, der hervorsteht/ein Loch bildet).
5. Analogie zur Gestaltwahrnehmung nicht vollkommen, da Wissenschaftlern nach Revolution nicht zwischen beiden Wahrnehmungen hin- und herschalten, was bei Wechsel in der Gestaltwahrnehmung vorkommen kann (126 f.).
6. historische Belege für die Theorieabhängigkeit der Erfahrung: Bsp.: Herschel, Herabfallen von Spreuteilchen–Abstoßung (129 f.). Schwingender Körper als ein Körper, der am Fallen gehindert wird/als eine Art von Pendel (Aristoteles vs. Galilei, 130–2).
7. Einwand: Können wir nicht sagen, daß Aristoteles und Galilei dieselben Daten gesehen haben, diese aber unterschiedlich interpretiert haben (132)?
8. Kuhns Antwort: 1. Diese Sichtweise entstammt aus einem wahrnehmungspsychologischen Paradigma, das an Grenzen stößt (132 f.). 2. „Interpretation“ heißt bewußte Deutung, gerade eine solche Deutung findet jedoch nicht statt; ein Wandel in der Gestaltwahrnehmung erfolgt plötzlich (134 f.). 3. Der Versuch, eine interpretationsfreie Wahrnehmungssprache zu finden, ist bisher gescheitert (139).
9. Weitere Überlegungen: Wenn sich das Paradigma ändert, dann achtet man auf neue Aspekte, macht andere Experimente, mißt andere Parameter (141 ff.).
10. „Wissenschaftliches Faktum und wissenschaftliche Theorie lassen sich nicht streng trennen, außer vielleicht innerhalb einer einzelnen Tradition normal-wissenschaftlicher Praxis“.
11. Andere Philosophen haben ähnliche Thesen wie Kuhn aufgestellt. Dabei jedoch nicht Bezug auf Paradigma, sondern auf Theorien.

These von der Theorieabhängigkeit/Theoriebeladenheit der Erfahrung

Was jemand erfährt/zu erfahren glaubt, hängt von Theorien ab, die er für richtig hält. Beispiel: Jemand, der in eine bestimmte Richtung blickt und Theorie T1 vertritt, sieht etwas anderes, als jemand, der in dieselbe Richtung blickt und Theorie T2 vertritt.

Schwächere These:

These von der Annahmenbeladenheit der Erfahrung Was jemand erfährt/zu erfahren glaubt, hängt von Annahmen ab, die er für richtig hält (aber bei den Annahmen muß es sich nicht um Theorien handeln).

Mit Erfahrung ist hier meist Wahrnehmung gemeint.

Bezug zur Frage: Was sind die unmittelbaren Objekte der Wahrnehmung (2. Vorlesung). Die These der Theoriebeladenheit der Erfahrung ist plausibler, wenn die unmittelbaren Objekte etwa physikalische Gegenstände statt Wahrnehmungseindrücke (Locke: „ideas“) sind.

Die Theoriebeladenheit der Erfahrung wurde von Hanson und Feyerabend behauptet.

Folgeproblem für die Wissenschaftsproblem: Wir begründen Theorien durch die Erfahrung. Wenn die Erfahrung theorieabhängig ist, dann kann es zu einem Begründungszirkel kommen. Beispiel: Person P1 vertritt Theorie T1, P2 vertritt T2, das T1 widerspricht. Wir wollen zwischen den Theorien entscheiden und führen ein Experiment durch, in dem T1 und T2 zu unterschiedlichen Resultaten führen würden. Nun sehen aber P1 und P2, die den Experimentausgang verfolgen, Unterschiedliches, z. B. P1 sieht etwas, das mit T1 verträglich ist, P2 sieht etwas, das mit T2 verträglich ist. Dann ist das Experiment aber wertlos für eine Entscheidung zwischen den Theorien.

Zwei mögliche Zirkel: 1. Die Begründung von Theorie T1 beruht auf Erfahrung, die durch T1 beladen ist. 2. Die Begründung von Theorie T1 beruht auf Erfahrung, die durch andere Theorien T2,... beladen ist.

Systematische Ordnung (Godfrey-Smith 2003, 10.3): a. Theorien entscheiden darüber mit, worauf jemand seine Aufmerksamkeit richtet. b. Mithilfe von Theorien wird bestimmt, welche Beobachtungen als zuverlässig gelten. c. Theorien liefern eine Sprache, mit deren Begriffen wir Erfahrung beschreiben. d. Die Wahrnehmung selbst ist theoriebeladen.

7 Zum Wesen einer wissenschaftlichen Revolution

1. Revolutionen bleiben den Wissenschaftlern oft unsichtbar, da diese ihr Wissen aus Lehrbüchern beziehen, die nur ein bestimmtes Paradigma entfalten und von anderen Paradigmen absehen (Kapitel X).

„[Lehrbücher] müssen im Gefolge jeder wissenschaftlichen Revolution neu geschrieben werden, und wenn sie neu geschrieben sind, verschleiern sie zwangsläufig nicht nur die Rolle der Revolutionen, die sich hervorgebracht haben, sondern sogar deren Existenz.“ (148).

„Die Abwertung historischer Tatsachen ist tief und wahrscheinlich mit bestimmter Funktion in der Ideologie des wissenschaftlichen Berufs verwurzelt, jenes Berufs also, der den sachlichen Einzelheiten bei anderen Dingen den höchsten Wert beimißt.“ (152).

Weil Revolutionen oft unsichtbar bleiben, dürfte es mehr Revolutionen geben, als man denkt.



Abbildung 1: http://www.uni-erfurt.de/kommunikationswissenschaft/forschungsprojekte/WaKo3D_Web/Texte/03_Programme/Schema/uebmat_frau_m.htm.

2. Weitere Frage: Wie kommt es zu einem Paradigmen*wechsel*? Kuhn: Wichtige Rolle von jungen Leuten, die nicht fest in einem Paradigma verwurzelt sind (155; Dalton, der Begründer der modernen Chemie, kam gar nicht aus der Chemie).

3. Frage dann: Wie kommt es, daß sich die „scientific community“ ein paar jungen Leuten anschließt?

Kuhn: Faktor Generationenwechsel (162). Nicht durch Beweise. Im Idealfall: ein neues Paradigma löst Probleme, vor denen das alte Paradigma stand. Aber oft ist das neue Paradigma noch nicht gut genug entwickelt, um Probleme wirklich lösen zu können. Daher oft: Problemlösungskapazität des neuen Paradigmas. Manchmal: durch Beobachtungen auf Randgebieten, wo das neue Paradigma sich bewährt (heute würde man von „novel predictions“ sprechen). Wichtig auch: ästhetische Vorlieben in der scientific community und andere historisch kontingente Faktoren (Kapitel 12).

4. Gibt es Fortschritt in den Wissenschaften? Innerhalb eines Paradigmas gibt es Fortschritt, aber

„Wir müssen vielleicht die – ausdrückliche oder unausdrückliche – Vorstellung aufgeben, daß der Wechsel der Paradigmata die Wissenschaftler [...] näher und näher an die Wahrheit heranhöhrt.“ (182).

Im Rahmen einer Revolution „Verlust und Gewinn“ (178; „Kuhnian losses“).

8 Literaturhinweise

1. Kuhn im Original auf deutsch: Kuhn (1976).
2. Lehrbücher: Godfrey-Smith (2003), Kapitel 5 und 6. Ladyman (2002), Kapitel 4.
3. Zur Theoriebeladenheit der Erfahrung: Adam (2002).

Literaturverzeichnis

- Adam, M., *Theoriebeladenheit und Objektivität. zur Rolle von Beobachtungen in den Naturwissenschaften*, Ontos, Frankfurt am Main und London, 2002.
- Godfrey-Smith, P., *Theory and Reality. An Introduction to the Philosophy of Science*, University of Chicago Press, Chicago, 2003.
- Kuhn, T. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago, 1962, hier nach der deutschen Übersetzung der zweiten Auflage, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1976.
- Kuhn, T. S., *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1976, zweite Auflage.
- Ladyman, J., *Understanding Philosophy of Science*, Routledge, London and New York, 2002.