Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Theoretische Physik/Philosophisches Seminar
Hauptseminar: Philosophische Aspekte der Physik
Wintersemester 07/08, 27.11.2007
Dozenten: Prof. Münster, Dr. Suhm

Der Zusammenhang von Gesetzen und wissenschaftlicher Erklärung

Ausarbeitung eines Referats anhand zweier Texte von
Carl Gustav Hempel und Karel Lambert & Gordon Brittan

Marcus Oberreuter

Steinfurter Straße 9
48149 Münster
0251-3821840
oberreuter@uni-muenster.de

Religionswissenschaft (HF)
Philosophie (NF)
ev. Theologie (NF)
6. Fachsemester

Münster, den 07.03.2008

0. Vorbemerkungen

Um zu verstehen, was eine wissenschaftliche Erklärung ist, bedarf es einiger vorausgehenden Erklärungen, damit anschließend die Begriffe sicher eingesetzt werden können, aber auch damit das Feld dieser Ausführung genauer abgesteckt ist.

„Ziel der Wissenschaft [seien] zuverlässig untermauerte Erklärungen", zitieren Lambert und Brittan den amerikanischen Wissenschaftstheoretiker Ernest Nagel. Was aber sind Erklärungen?

Heute gelten wissenschaftliche Erklärungen als wirkliche Erklärungen. Die Wissenschaft hat in der Gesellschaft einen hohen Stellenwert. So hoch, dass besonders Erklärungen naturwissenschaftlicher Art bei den Menschen als wahr gelten und nur selten hinterfragt werden. Dennoch kann man es sich nicht leisten, Erklärungen unreflektiert für sich stehen zu lassen. Was braucht es, um eine „zuverlässig untermauerte Erklärung" für ein Phänomen, also ein Vorgang oder eine Tatsache, zu liefern?

Die wissenschaftliche Erklärung umfasst eine Theorie, z.B. ‚Menschen sterben, wenn sie keine Nahrung zu sich nehmen'. Diese Theorie muss sich festsetzen, das heißt verschiedenen Argumenten standhalten und ‚in ein System passen' (darauf gehe ich später noch ein). Am besten lässt sich das mit einem Beispiel aus der Debatte innerhalb der Biologie zwischen den Evolutionisten und den sog. Kreationisten (Intelligent Design)[1] verdeutlichen: Die einen stützen sich auf biologische Untersuchungen und entwickeln daraus eine Theorie (Evolution), die anderen folgen ihrem Glauben, d.h. sie verneinen eine Entwicklung, sind sich aber des Problems des ersten Anfangs bewusst und können hier eine Erklärung im Gegensatz zu den Evolutionisten liefern. Diese stützt sich jedoch nicht auf Tatsachen oder Empirie.

Die Erklärung muss als eine Antwort auf eine Frage gelten. Warum passiert das? Warum reagiert A auf B? Um sich die Erklärung von Phänomenen zu erleichtern, ist es laut Lambert und Brittan vernünftig, die Frage nach dem Warum einzugrenzen. Warum das ein Vorteil sein kann, und welche Problematiken es nach sich zieht, wird sich im Schlussteil zeigen.

Wie geht man nun vor? Jeder Theorie müssen Daten zugrunde liegen. Diese können aus Beobachtungen resultieren, oder aber aus anderen Theorien entnommen sein. Wichtig ist dabei nur, dass sie sich in einen gewissen ‚Faden' in der Untersuchung einfügen (also eine

1 Kreationisten vertreten die Theorie des ‚Intelligent Design', in dem, im Gegensatz zur Evolution aller Entwicklung eine intelligente Kraft (Gott) zugrunde liegt.

stringente Fortführung der Erklärungsmuster) und dass, um die Theorie anschließend überprüfbar zu machen, stets versucht wird, in einer ‚wissenschaftlichen Haltung' objektive Aussagen ohne persönliche Überzeugungen zu formulieren. Das heißt, dass sie nicht aus dem Kontext der Untersuchung herausgezogen werden oder durch nicht fundierte Aussagen ergänzt oder ersetzt werden. Mithin schaffen die Daten Abhängigkeiten für eine Theorie. Werden die Daten verfälscht oder aber die ‚Haltung' zu ihnen – werden sie z.B. aufgrund von religiösen Überzeugungen falsch interpretiert –, ist die Lösung eines Problems unmöglich. Das zeigt vor allem folgendes Beispiel:
Ein Mensch erkrankt und stirbt an Tuberkulose. Die Angehörigen und Freunde finden als Grund für den von niemand verschuldeten Tod eine Erklärung: Ein Teufel hat die Krankheit zu dem Menschen gebracht.
Dabei wurden aber die Daten völlig missachtet: Die Krankheit war in Ausprägung und Verlauf der Grund für den Tod des Menschen. Die Erklärungsnot der Menschen mag zwar mit so einer Theorie befriedigt sein, die Art und Weise weist jedoch Lücken in der Überprüfbarkeit und der Akzeptierbarkeit auf.
Verwirrung kann außerdem im Verlauf der Theoriebildung entstehen, wenn die Daten nicht zu den möglichen Beobachtungen des Menschen zählen. So könnte aus reiner Beobachtung vermutlich nie erkannt werden, dass sich die Erde um die Sonne dreht, weil augenscheinlich die Sonne über den Himmel und somit um die Erde kreist.

Im Folgenden gehe ich zunächst auf das Leben Carl Gustav Hempels ein, der eine gute Definition von wissenschaftlicher Erklärung erarbeitet hat, und beleuchte diese näher.

1. Historischer Aspekt/Klassische Theorie

a. Zum Leben Carl Gustav Hempels

Carl Gustav Hempel wurde 1905 in Berlin geboren. Er studiert Mathematik, Philosophie und Physik und interessiert sich schon früh für die Fragen der Wissenschaftstheorie. Er tritt dem Wiener Kreis (--> Logischer Empirismus, Rudolf Carnap) bei. Während des zweiten Weltkrieges übersiedelt Hempel nach Amerika (dort Lehre u.a. in Yale und Princeton). Er stirbt 1997 in Princeton, USA.

b. Nähere Betrachtung der Hypothesen- und Theorienbildung der wissenschaftlichen Erklärung nach Hempel

Die Voraussetzung für Hypothesen und Theorien in der wissenschaftlichen Erklärung ist die Überprüfbarkeit mittels einer Test-Implikation, also einer möglichen Anwendung der Theorie. In der Test-Implikation unterzieht man – wenn auch theoretisch – die Theorie einem Test, dem sie standhalten muss. Das Ziel ist die empirische Korrektheit der Theorie.
Die Überprüfbarkeit der Test-Implikation ist dabei essenziell. Denn sind die Testbedingungen nicht erfüllt, oder tritt das vorher vermutete Ergebnis aus der Hypothese nicht ein, kann von vornherein die Theorie verworfen werden.
Manche Testbedingungen sind überprüfbar obgleich nicht durchführbar. Man denke dabei an die Theorie der Schwerkraft auf dem Mond, bevor man dorthin fliegen konnte. Hempel vergleicht so die Schwerkraft mit der Liebe, die unsichtbar ist und zumindest bis vor einiger Zeit noch als völlig unerklärlich und zufällig erschien. Anziehung finde auch hier statt, allerdings fuße sie nicht auf Daten und sich daraus ergebenden Abhängigkeiten. Anhand dieses Beispiels kann man aber auch eine Lösung für das Problem der Theoriebildung finden: Sobald keine Test-Implikation möglich ist, können Hilfshypothesen zur Hand genommen werden, die eine hinreichende Testumgebung erzeugen können. In diesem Fall kämen der Liebe somit Abhängigkeiten der neueren Neurobiologie zu Hilfe, indem Liebe als Produkt von Hormonen und sozialpsychologischen Einflüssen verstanden wird. Sie wäre somit zu weiten Teilen erklärbar.

Laut Hempel müssen für die wissenschaftliche Erklärung Kriterien für die Bestätigung und Akzeptierbarkeit derselben formuliert werden. Das sind zum Beispiel die Umstände, unter welchen Tests geschehen. Führt man z.B. einen Versuch zur Lichtbrechung zwischen zwei Medien durch, so sollte man das auch in verschiedenen Situationen und Umgebungen durchführen. Was passiert im luftleeren Raum? Verändern sich die Testergebnisse, wenn ich die Raumtemperatur erhöhe? Denn jeder Test kann nur eine Bestätigung oder eine Stützung für eine Hypothese liefern. Je nach Quantität der Tests wird auch die ‚Stützung' erhöht. So könnte es für viele Tests genaue Ergebnisse unter einer passenden Testumgebungen geben, das heißt, dass die Tests der Hypothese folgen. Genau so kann es aber sein, dass die Hypothese nicht bestätigt werden kann, weil schlicht die Möglichkeit der Überprüfung fehlt. Oder aber es treten Faktoren hinzu, die (vorher) nicht erkannt wurden (man nehme Versuche von Schwerkraft auf dem Mond).
Generell lässt sich feststellen, dass Tests eine Ungenauigkeit aufweisen, weil sie immer nur Annäherungen an die Wirklichkeit sind. Ein Hilfsmittel dafür, um der Problematik der

Ungenauigkeit zu begegnen, wäre das Mittel der Parität. Das bedeutet, dass ein Test auch in gespiegelter Weise genau so ablaufen muss wie sonst. Mittels der Parität lässt sich die Umkehrbarkeit und somit die Universalität der Hypothese feststellen. Die starke Erhöhung der Quantität der Tests wäre überdies auch eine probate Methode, Hypothesen zu stärken.

Neue Test-Implikationen: Sollte es zu Tests neue Ergebnisse der Messungen geben, so kann auch das eine Hilfe auf dem Weg zur Entsprechung der Wirklichkeit mit der Hypothese sein. Besonders wichtig dabei ist, ob eine Formel oder ein Gesetz vor den zugehörigen Messungen entstanden ist oder danach. Denn die theoretische Tragweite hängt davon ab. Denn es könnte sein, dass die Messungen in eine andere theoretische Richtung weisen, als es die Gesetzesformulierung vor den Tests beabsichtigte. Neue Probleme tun sich auf. Genauso kann es auch übergeordnete Hypothesengebilde geben: Hat sich in der Zukunft ein anderes Gesetz gefunden, welches mit dem vorherigen Gesetz übereinstimmt? Gibt es vielleicht nur wenige theoretische Berührungspunkte? Das würde reichen für eine theoretische Stützung.
Das folgende Zitat verdeutlicht, was maßgeblich für eine Test-Implikation ist:

Zitat von Carl Gustav Hempel (1966, S. 59):

> „Die Wissenschaft ist nicht daran interessiert, gewisse beliebte Auffassungen gegen alle möglichen ihnen widersprechende Befunde zu verteidigen. Sie strebt vielmehr nach einer umfassenden Menge verlässlichen empirischen Wissens, wie sie durch ein gut bestätigtes System empirischer Aussagen repräsentiert wird, und sie ist dementsprechend bereit, jede Hypothese, die sie zuvor akzeptiert haben mag, aufzugeben oder zu modifizieren. Befunde, die eine gut begründete Theorie entkräften können, müssen jedoch gewichtig sein, und insbesondere müssen einer Theorie widersprechende experimentelle Ergebnisse wiederholbar sein.
> [...] Von einer weit gefächerten Theorie, die in vielen Bereichen erfolgreich war, wird man normalerweise nur dann abgehen, wenn eine befriedigende Alternativtheorie verfügbar ist [...].“

Weitere Punkte auf dem Weg zu einer guten Theorienbildung sind die Prinzipien der Einfachheit und der Wahrscheinlichkeit von Hypothesen.
Sollte eine Formel nicht einfach sein? Es kann sein, dass für ein und dasselbe Ziel zwei

verschiedene Wege beschritten werden. Der eine ist steinig und somit komplex, der andere ist kurz bzw. einfach. Das verdeutlicht sich an einem simplen Vergleich dreier Funktionen und ihrer Graphen (im Anhang):

H1: f(x)=x^4-6x^3+11x^2-5x+2

H2: f(x)=x^5-4x^4-x^3+16x^2-11x+2

H3: f(x)=x+2

Die Kurven aus diesen Funktionen sind sehr verschieden, dennoch besitzen sie gemeinsame Schnittpunkte und vor allem alle den gleichen Punkt auf der y-Achse. Suchte man jetzt nach diesem Punkt, so wäre es sicherlich unpraktisch H1 oder H2 dafür anzuwenden, denn wir erhielten den Punkt doch auch mit H3.

Einfachheit ergibt sich aus der Forderung nach Ökonomie in der Wissenschaft. Diese Forderung muss sich rechtfertigen: kann ein einfaches Gesetz alle Bedingungen und möglichen Nebeneffekte aufnehmen und darstellen? Denn jedes einfache und richtige Gesetz sollte imstande sein, alle Fälle eines Phänomens abzudecken. Ein einfaches Gesetz beinhaltet komplexere oder lässt sich durch diese ergänzen. Gegen die Einfachheit spricht, dass in ihr Wichtiges vergessen werden kann oder wird. Ein Beispiel für diese gegenteilige Auffassung von einfach und komplex ist das heliozentrische System des Kopernikus gegenüber der geozentrischen Weltsicht des Ptolemäus. Das System des Ptolemäus benötigte viele und komplexe Berechnungen, um den Beobachtungen und den daraus folgernden Hypothesen Stand zu halten. Kopernikus fand ein besseres, das zudem noch einfacher war.

Der Philosoph Karl Popper erweiterte das Prinzip der Einfachheit um die Frage nach der Falsifikation. Je einfacher eine Formel oder ein Gesetz, desto leichter trifft es nicht zu, und man kann die Stärke und Geltung der erprobten Gesetze erkennen. Diese Methode sei empirisch gehaltvoller als die vorherigen, so Popper, weil sich Fehler sofort zeigen.

Neben dem Prinzip der Einfachheit muss auch dem Stand der Wissenschaft entsprochen werden (Hempel). Im Verhältnis zu einem vorliegenden Wissensstand muss eine Hypothese glaubwürdig sein, das heißt sie muss zu anderen, wissenschaftlich akzeptierten Aussagen passen. Dieses Verhältnis lässt sich in einer Formel darstellen:

Glaubwürdigkeit (Aussagen, Hypothesen)

Man kann anhand dieses Wertes die Wahrscheinlichkeit von ähnlichen oder naheliegenden Theorien der wissenschaftlichen Landschaft im Verhältnis zu eigenen Hypothese einstufen

und feststellen, ob die Hypothese darin standthaft ist. Auch hier gibt es aus kritischer Perspektive wieder Probleme, auf die ich später eingehen will.

c. Form der wissenschaftlichen Erklärung

Hier kommen wir zum Kernstück der Arbeit Hempels. Wie sieht die Form der wissenschaftlichen Erklärung aus? Es geht darum, ein deduktiv oder induktiv richtiges Argument anzuführen. Wichtig ist, dass dabei eine Prämisse der Erklärung ein wissenschaftliches Gesetz sein muss. Die Deduktion, das heißt aus Tatsachen und Gesetzen ableitend, leistet dabei mehr als die Induktion (eine Erklärung, die sich in Form der Wahrscheinlichkeit dem zu erklärenden Ereignis annähert, bzw. der Mensch das Ereignis aus Erfahrung (wieder-) erkennt und erklärt) denn in der Induktion folgt der Schluss nicht logisch zwingend den Prämissen.

d. Die deduktiv- bzw. induktiv-nomologische Methode

1. Prämisse (Explanans) (ein wissenschaftliches Gesetz)
2. Prämisse (Explanans)
3. Prämisse (Explanans und Antezendens- oder Anfangsbedingung)
4. Konklusion (Explanandum)

Warum gilt diese deduktiv- bzw. induktiv-nomologische Methode? Weil man mittels dieser Methode Voraussagen treffen kann. Und diese Voraussagen führen zu einer valide Erklärung.
Bei dieser Erklärungsmethode gilt, dass die Konklusion richtig sein kann, aber nicht pragmatisch – aber dazu am Ende mehr.
Veranschaulichen wir das Ganze mit zwei Beispielen:

1. Eine Ratte läuft, nachdem sie einen Tag ohne Nahrung in einem sog. T-Labyrinth abgerichtet wurde, am Ende in die Richtung, in der sie über die Zeit hin und wieder Nahrung fand. Das heißt, die Ratte hat über die Zeit und die Not gelernt, in jene Richtung zu gehen, wo sie Nahrung fand.
2. Ein Soldat ist während einer Atombombenexlosion zwei Kilometer vom Epizentrum entfernt. Er ist ungeschützt. Er bekommt Jahre nach dem Vorfall

Leukämie. Sein Anwalt beruft sich auf die starke Strahlung, der der Soldat ausgesetzt war, und weist darauf hin, dass diese radioaktive Strahlung Krebs verursacht.

Wenden wir diese Beispiele auf die deduktiv-nomologische Methode an:

1. Ein Tier/Ratte lernt bei entsprechender Abrichtung.
2. Das Tier wendet das Gelernte gemäß seinem Instinkt an.
3. Die Ratte hat Hunger (--> Anfangsbedingung).
4. Also folgt die Ratte der Nahrung.

Oder das Beispiel für Induktion:

1. Radioaktive Gammastrahlung verursacht Krebs.
2. Der Soldat war ungeschützt.
3. Der Soldat war der Strahlung ausgesetzt (--> Anfangsbedingung).
4. Daher bekam er Leukämie.

Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Ereignis zu erwarten war? Oder wodurch wäre es nicht eingetreten? Oder ist gar das Nichtvorkommen ausgeschlossen?
Aus den Vorbemerkungen ergeben sich einige Anknüpfpunkte, die hier wichtig sind: die implizite oder explizite Berufung auf bestehende Gesetze bzw. allgemein gültige Gesetze oder statistische Wahrscheinlichkeiten.
Am nomologischen Modell wird sichtbar: Die Erklärung von Gesetzen ist immer ein Ableiten von allgemein(er)en Gesetzen. Ist ein Teil der Erklärung kein immer gültiges Gesetz sondern ein Wahrscheinlichkeitsgesetz, so folgt auch die Konklusion mit Wahrscheinlichkeit. Das zweite Beispiel bezieht sich auf eine hohe Wahrscheinlichkeit von Krebserkrankungen durch Verstrahlung. Es ist aber eine unumgängliche Folge. So gibt es auch Menschen, die danach nie erkrankten. Dennoch lässt sich auch mittels dieser induktiven Methode eine Voraussage treffen. Sollte aber die Wahrscheinlichkeit zu gering werden, so kann unter Mithilfe von Teilerklärungen oder zusätzlichen Faktoren ein besseres Ergebnis herbeigeführt werden. Mit jeder Teilerklärung würde eine Voraussage sicherer. Das kann man sich daran veranschaulichen, indem man behauptet, durch radioaktive Strahlung entstünde ausschließlich Leukämie. Die Erklärung würde damit

plausibler und fast zu 100% sicher. Gefeit ist diese Methode jedoch nicht vor Irrtümern; so z.B. eine Ausnahme in Form neuer Erkenntnisse oder dass in der Methode ein neues Themenfeld betreten wird.

2. Kritik an der Methode

Kritiker der Methode formulieren, nur die Beobachtung in der wissenschaftlichen Erklärung reiche nicht aus, es müssten kausale Fundamente für die Behauptungen, die aus der Beobachtung resultieren. Denn eine Beobachtung sei nicht objektiv und ohne Täuschung.

Die Kausalität wurde aber schon von Hume als menschlicher Wunsch nach Regelmäßigkeiten abgelehnt, und er sprach dem Menschen ein Erkennen von kausalen Zusammenhängen ab. Dieser Streit zwischen Kausalitätsbefürwortern und ihren Kritikern ist noch nicht abschließend geklärt.

Ein weiterer, aber anschaulicher Kritikpunkt ist folgender: Wie schon bereits erwähnt, ist die deduktiv-nomologische Methode nicht imstande, pragmatische, das heißt auf die lebendige reale Welt bezogene, von logisch richtigen Schlüssen zu trennen.

Beispiel: Ein Außerirdischer vom Mars lebt seit 10 Jahren in einer WG auf der Erde. Er fragt seinen Mitbewohner, warum er denn nicht schwanger werde, er sei doch im richtigen Alter. Sein Mitbewohner antwortet ihm, er nehme die Pille und werde daher nicht schwanger.

Natürlich ist das keine richtige Lösung. Sie ist sicherlich nach der Methode richtig, aber die Erklärung verschweigt gänzlich, dass männliche Menschen keine Kinder bekommen können. Das weiß der Außerirdische nicht. Die Methode ist ausschließend und richtet den Blick nicht auf andere Lösungsansätze. Sie lässt irrelevante Informationen zu und führt den Prüfer auf die falsche Fährte, da die Konklusion doch richtig ist.

Zuletzt ist nach dieser Methode von wissenschaftlicher Erklärung problematisch, dass das ursprüngliche Warum nicht geklärt wird. Warum passiert ein Ereignis? Weil es, wie gezeigt, auf anderen, grundlegenderen Gesetzen beruht (die Prämissen). Was aber als allererstes für dieses Gesetz ausschlaggebend war (im Sinne von einem ersten Beweger) und was wirklich in den kausalen Abhängigkeiten passiert – es wäre ja denkbar, dass ein Mensch auch ohne Nahrung leben kann, und bis jetzt noch niemand weiß das Nahrung die Menschen nicht unmittelbar am Leben hält – kann nicht beantwortet werden.

Es sind also noch viele Fragen zu klären.

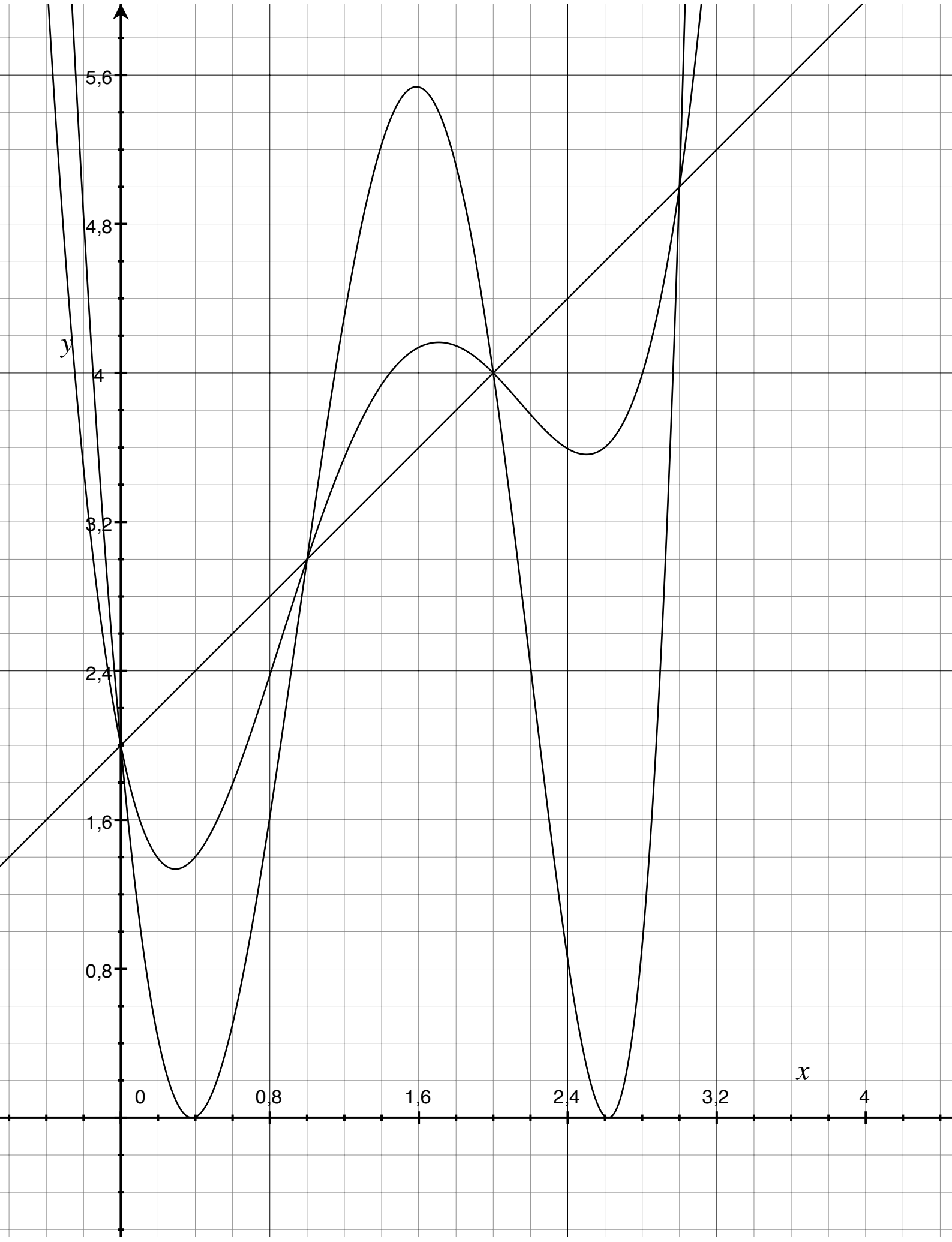
Die deduktiv-nomologische Methode ist eine gute Möglichkeit, um herauszufinden was eigentlich für die wissenschaftliche Erklärung grundlegend ist.

Literatur:

HEMPEL, C. G. (1966): *Philosophie der Naturwissenschaften*. München 1974. Verlag dtv

LAMBERT, KAREL & BRITTAN, GORDON (1987): *Eine Einführung in die Wissenschaftsphilosophie*. Berlin 1991. Verlag de Gruyter

THE INTERNET ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY (University of Tennessee): *Carl Gustav Hempel*. Zuletzt abgerufen am 26.11.2007, 20.30


5,6
4,8
y
4
3,2
2,4
1,6
0,8
0
0,8
1,6
2,4
3,2
4
x