

Rico Gutschmidt
Institut für Philosophie
Universität Bonn
Am Hof 1
53113 Bonn
rgutsch@uni-bonn.de

Theorien der Gravitation und das Reduktionsproblem in der Physik

Einleitung

In diesem Vortrag wird anhand der verschiedenen Gravitationstheorien die Fragestellung diskutiert, ob bzw. inwiefern es eliminative Reduktionen innerhalb der Physik gibt, ob also bestimmte physikalische Theorien aufgrund ihrer Reduktion auf andere Theorien nicht mehr zur Beschreibung der Welt gebraucht werden und in diesem Sinne überflüssig sind. Dabei wird auch berücksichtigt, dass solche Reduktionen möglicherweise nur *im Prinzip* vorliegen und bestimmte Theorien zwar aus pragmatischen Gründen noch verwendet werden, im Prinzip aber eliminativ reduziert sind.

Um diese Fragen untersuchen zu können, wird im ersten Teil des Vortrags besprochen, was genau unter einer eliminativen Reduktion zu verstehen ist und welche Bedingungen die Beziehung zwischen zwei Theorien für eine solche Reduktion erfüllen muss – entsprechend wird ein eliminatives *Reduktionskonzept* definiert. Davon wird ein weiteres Verhältnis zwischen physikalischen Theorien abgegrenzt, das man als retentive Reduktion bezeichnen könnte, hier aber *Verträglichkeit* genannt wird, da in der Physik der Begriff Reduktion meist in einem eliminativen Sinne gebraucht wird und sich die Verträglichkeit davon absetzen soll.

Im zweiten Teil des Vortrags wird dann unter Zugrundelegung dieser Definitionen gezeigt, dass das Galileische Fallgesetz und die Keplerschen Gesetze auf das Newtonsche Gravitationsgesetz und die Newtonsche Beschreibung der Planetenbahnen auf die Schwarzschildlösung der Allgemeinen Relativitätstheorie eliminativ reduziert sind, während die Newtonsche Gravitationstheorie als Ganze mit der ART lediglich verträglich ist.

Die Reduktion physikalischer Theorien

Eine Reduktion ist trivialerweise eliminativ, wenn die reduzierende Theorie in der Lage ist, alle Phänomene zu erklären, die von der reduzierten Theorie erklärt werden, da dann die reduzierte Theorie zur vollständigen Beschreibung der Welt nicht mehr benötigt wird. Der Nachteil einer solchen *indirekten* Reduktion über die Erklärung von Phänomenen besteht aber darin, dass die in einem solchen Reduktionsverhältnis stehenden Theorien gänzlich verschieden sein können und lediglich zufällig dieselben Phänomene zu erklären brauchen. Daher wird seit Nagel 1961 üblicherweise versucht, Reduktionen als *direktes* Verhältnis zwischen Theorien zu verstehen, also als eine Relation zwischen ihren Gesetzen und Konzepten. Es ist nun aber wiederum fraglich, ob solche Reduktionen eliminativ sein können, wie es die in der Physik übliche Sprechweise vom „als Grenzfall enthalten sein“ nahelegt. Dies wird im folgenden diskutiert, wobei sich zeigen wird, dass eine Reduktion zwar immer einen direkten Anteil haben muss, wenn der angedeutete Charakter der Beliebigkeit vermieden werden soll, dass sie aber auch einen indirekten Anteil braucht, um eliminativ sein zu können.

Eine direkte Reduktion wäre eliminativ, wenn die Gesetze der reduzierten Theorie logisch aus denen der reduzierenden abgeleitet werden können. Dies entspricht dem Reduktionskonzept von Nagel 1961, bei dem zu den Gesetzen der reduzierenden Theorie die bekannten Brückengesetze treten müssen, die eine Verbindung zwischen den verschiedenen Sprachen der Theorien herstellen und ohne die eine *logische* Verbindung nicht möglich wäre. Nun argumentiert allerdings schon Feyerabend 1962 mit seiner *Inkommensurabilitätsthese* gegen die Möglichkeit von Brückengesetzen und gegen Nagels Reduktionskonzept überhaupt, wobei ihm, wie gleich besprochen wird, darin Recht zu geben ist, dass es keine deduktiven Reduktionen geben kann. Es lässt sich zwar nichtsdestotrotz gegen Feyerabends Position ein direktes Verhältnis zwischen Theorien etablieren, das nämlich ohne logische Verbindungen auskommt, es wird aber zu untersuchen sein, ob ein solches Verhältnis eliminativ sein kann. Dazu sollen nun Feyerabends Argumente kurz näher betrachtet werden.

Der wesentliche Punkt Feyerabends besteht darin, dass sich die verschiedenen Theorien, außer in trivialen Fällen, widersprechen, womit eine logische Ableitung von vornherein ausgeschlossen ist. Dies macht er an dem *begrifflichen Aspekt* der verschiedenen Sprachen, deren Terme ihre Bedeutung innerhalb sich widersprechender Theorien erhalten und daher *inkommensurabel* sind, als auch an dem *mathematischen Aspekt* sich widersprechender Gesetze fest. Hier sei zunächst der mathematische und anschließend der begriffliche Aspekt kurz besprochen.

Innerhalb der Physik bestehen zwischen Gesetzen verschiedener Theorien üblicherweise höchstens Näherungsbeziehungen und es gibt keine streng logischen Ableitungen – Feyerabends Punkt ist also geradezu eine Selbstverständlichkeit, die aber von ihm in aller Deutlichkeit gegen Nagels Reduktionskonzept in Stellung gebracht wurde. Die Unmöglichkeit streng logischer Ableitungen wird nun in der Physik dadurch umgangen, dass man Gesetze näherungsweise *herleitet* (man beachte den Unterschied zwischen *Herleiten* und -logischem -*Ableiten*), wobei Grenzfallbetrachtungen eine wesentliche Rolle spielen. So wird etwa laut einer Definition von Batterman 2007 eine physikalische Theorie auf eine andere reduziert, wenn sich die Gleichungen der ersteren aus denen der letzteren dadurch ergeben, dass ein jeweils charakteristischer dimensionsloser Parameter einen bestimmten Grenzwert annimmt. In diesem Sinne wäre zum Beispiel das Galileische Fallgesetz auf die Newtonsche Gravitationstheorie reduziert, da sich die konstante Beschleunigung des ersteren aus der zunehmenden Beschleunigung letzterer ergibt, wenn der Abstand zur Erde im Verhältnis zum Erdradius den Grenzwert Null annimmt.

Was nun allerdings den Status dieses direkten Theorienverhältnisses betrifft, so gilt das unter dieser Voraussetzung gewonnene Gesetz streng genommen nur für Körper, die auf der Erdoberfläche liegen, während das Galileische Fallgesetz gerade für fallende Körper gültig ist. Mit der Sprechweise, die Newtonsche Physik würde für kleine Abstände von der Erdoberfläche im Vergleich zum Erdradius näherungsweise eine konstante Beschleunigung ergeben, kann also lediglich ein *Vergleich zwischen den beiden Theorien* gemeint sein, der in diesem Sinne zwar durchaus möglich ist, aber zwischen zwei eigenständigen und sich trotz Vergleichbarkeit widersprechenden Theorien stattfindet. Ein solcher Vergleich ist alles, was man mit einer „näherungsweise Ableitung“ erhält, und liefert allein noch keine eliminative Reduktion: Wenn das Galileische Fallgesetz eliminativ auf die Newtonsche Gravitationstheorie reduziert ist, dann nur, weil das Phänomen fallender Körper auch von dieser erklärt wird, und sogar besser als von ihrer Vorgängertheorie, was sich in besagtem Vergleich zeigt. Das Galileische Fallgesetz ist also aufgrund einer indirekten Reduktion über Phänomenerklärung überflüssig geworden und zunächst nicht wegen des direkten Vergleichs mit der Newtonschen Theorie. Der Unterschied zwischen direktem retentiven Vergleich und indirekter eliminativer Reduktion fällt an diesem Beispiel nicht ins Auge, da der Vergleich zwischen den Phänomenerklärungen selbst vorgenommen wird. Es gibt aber durchaus Vergleiche zwischen Theorien ohne Phänomenerklärungen, zum Beispiel zwischen Newtonscher Gravitationstheorie und Allgemeiner Relativitätstheorie.

Der Vergleich zwischen den mathematischen Strukturen dieser Theorien erfolgt üblicherweise nicht anhand der Erklärung bestimmter Phänomene, sondern an den Grundgesetzen selbst, für die solche vergleichenden Grenzfallbetrachtungen zum Beispiel von Scheibe 1999 ausgearbeitet wurden. Während das Verhältnis zwischen diesen Theorien innerhalb der Physik oft als Grenzübergang dargestellt wird, der zu der Sprechweise verführt, die Newtonsche Gravitationstheorie sei in der ART als Grenzfall enthalten (vgl. z.B. Misner et al. 1973), zeigt Scheibes präzise Ausarbeitung auf Grundlage des strukturalistischen Verständnisses von Theorien, dass es sich um topologische Vergleiche von Lösungsmengen bestimmter Gleichungen handelt. Während nun Scheibe selbst seine Reduktionen explizit als eliminativ verstanden wissen möchte, zeigen sie gerade, dass es sich um komplizierte Vergleiche zwischen jeweils eigenständigen Theorien handelt – und diese Vergleiche zwischen mathematischen Strukturen machen die Newtonsche Gravitationstheorie noch nicht überflüssig. Dies ließe sich nur behaupten, wenn man deren Gesetze tatsächlich logisch ableiten könnte, was aber wie schon beim deutlich einfacher gelagerten Fall des Galileischen Fallgesetzes nicht möglich ist. War dieses durch die Newtonsche Theorie überflüssig geworden, dann nicht aufgrund der Grenzbeziehung allein, sondern weil letztere ebenso fallende Körper beschreiben kann. Im Gegensatz dazu gibt es nun viele Phänomene, die von der Newtonschen Gravitationstheorie erklärt werden, nicht aber von der ART, da es keine Lösungen der Feldgleichungen für sie gibt. So lassen sich zwar in der Schwarzschildlösung die Planetenbahnen als geodätische Linien von Punkten, die keine felderzeugende Masse besitzen, beschreiben, nicht aber die gravitative Wechselwirkung zwischen Planeten, da dafür genau diese Masse berücksichtigt werden müsste. Für komplizierte Massenverteilungen wie in Kugelsternhaufen oder Galaxien gibt es ebenfalls keine Lösungen der Feldgleichungen. Und numerische Simulationen mit den Feldgleichungen müssen aufgrund derer komplizierten Struktur als heuristische Hilfe wiederum die Newtonsche Gravitationstheorie (in Form der *Post-Newtonschen Näherung*) verwenden, womit diese zwar verbessert, aber nicht überflüssig wird – dies wird im zweiten Teil des Vortrags noch diskutiert.

Feyerabends zweiter Punkt der inkommensurablen Sprachen sich widersprechender Theorien zeigt nun ebenso, dass logische Verbindungen zwischen solchen Theorien nicht möglich sind. Allerdings lassen sich - wiederum gegen Feyerabend - verschiedene Konzepte durchaus in eine vergleichende Beziehung setzen. In dem vorliegenden Fall ist zum Beispiel die Bewegungsgleichung der ART die Gleichung für geodätische Kurven, auf denen sich neutrale Testteilchen im Schwerfeld einer Masse bewegen, während das Newtonsche Gravitationsgesetz Kräfte zwischen zwei Massen beschreibt. Es handelt sich also um zwei gänzlich verschiedene

Ansätze und die Identifizierung des Newtonschen Gravitationspotentials mit den Christoffelsymbolen, die in Lehrbuchableitungen vorgenommen wird (vgl. z.B. Misner et al. 1973, Kapitel 12), verbindet Konzepte, die aus verschiedenen Theorien stammen und zwar nicht inkommensurabel sind, aber auch nicht mehr als miteinander verglichen werden können. Ein solcher Vergleich zeigt nun zwar bestimmte Zusammenhänge zwischen diesen Konzepten, ergibt sich aber nicht kanonisch, sondern muss in jedem Einzelfall eigens erarbeitet werden und liefert allein jedenfalls keine eliminative Reduktion – wie bei dem Vergleich mathematischer Strukturen reicht ein direkter Vergleich zwischen begrifflichen Konzepten dafür nicht aus: Reduktionen sind nur eliminativ, wenn zusätzlich zu dem direkten vergleichenden Theorienverhältnis eine indirekte Reduktion über Phänomenerklärungen möglich ist.

Mit Hilfe dieser Unterscheidung zwischen direkter und indirekter Reduktion, die auf Kemeny/Oppenheim 1956 zurückgeht, soll nun kurz die Antwort von Schaffner 1967 auf die Argumente Feyerabends diskutiert werden. Schaffner ist sich darüber im klaren, dass eine deduktive Verbindung zwischen Theorien nicht möglich ist, möchte aber dennoch ein eliminatives Reduktionskonzept etablieren, das wegen des Beliebigkeitscharakters indirekter Reduktionen explizit ein direktes Reduktionsverhältnis sein soll. Er schlägt also vor, dass aus der reduzierenden Theorie eine *korrigierte Theorie* logisch abgeleitet wird, von der dann zu zeigen ist, dass sie *streng analog* zu der ursprünglich zu reduzierenden Theorie ist. Dieser Ansatz wurde von Hooker 1981 um die Forderung erweitert, dass die korrigierte Theorie in der Sprache der reduzierenden Theorie formuliert sein muss, um die logische Ableitbarkeit zu gewährleisten. Und Bickle 1998 präzisiert schließlich im Rahmen des strukturalistischen Theorienverständnisses die bei Schaffner und Hooker noch vage gebliebene Analogierelation.

Eine solche Reduktion ist nun tatsächlich eliminativ, aber nicht aufgrund des Vergleichs im Rahmen der Analogiebeziehung, sondern da die korrigierte Theorie in der Lage ist, die Phänomene zu erklären, die auch von der (nicht korrigierten) zu reduzierenden Theorie erklärt werden. Da nun die korrigierte Theorie logisch aus der reduzierenden Theorie abgeleitet wurde und sogar in deren Sprache formuliert ist, handelt es sich letztlich um *Erklärungen mit der reduzierenden Theorie selbst*.

Solche Erklärungen können aber auch unmittelbar von der reduzierenden Theorie geleistet werden – der Umweg über eine korrigierte Theorie ist nicht notwendig und kann sogar hinderlich sein, wie zum Beispiel Callender 2001 am Beispiel der Thermodynamik zeigt: Das Nachahmen thermodynamischer Konzepte kann Erklärungen mit der statistischen Mechanik erschweren. Darüber hinaus gibt es in der wissenschaftlichen Praxis zwar Theorienverände-

rungen, aber keine korrigierte Theorien im Sinne des Schaffner-Hooker-Bickle-Ansatzes – korrigierte Theorien werden lediglich gefordert, um eine auf Deduktion beruhende eliminative Reduktion zu ermöglichen. Und nicht zuletzt sind auch Theorienvergleiche unmittelbar zwischen den ursprünglichen Theorien möglich, ohne dass eine korrigierte Theorie dazwischen gestellt wird: Dies zeigt zum Beispiel die ebenfalls auf dem strukturalistischen Ansatz beruhende Arbeit von Scheibe 1999.

Kurzum, das Reduktionskonzept von Schaffner, Hooker und Bickle beruht mit seiner Analogierelation und mit der Phänomenerklärung über die korrigierte Theorie auf einer Mischung aus direkter und indirekter Reduktion, die auch ohne den Umweg über eine korrigierte Theorie möglich ist. Ein solches Mischkonzept für eliminative Reduktionen wird nun definiert.

In einem ersten Schritt soll ein auf Vergleichen beruhendes direktes Verhältnis zwischen Theorien als *Verträglichkeit* bezeichnet werden: Zwei physikalische Theorien heißen *verträglich*, wenn es Näherungsbeziehungen zwischen ihren Gesetzen und daher Zusammenhänge zwischen ihren Konzepten gibt. Diese Definition erfasst die Beziehungen zwischen zahlreichen Theorien und erhebt keine eliminativen Ansprüche: Wie das Beispiel der ART zeigt, kann es durchaus Vergleiche ohne eliminative Phänomenerklärungen geben. In einem zweiten Schritt wird als Spezialfall der Verträglichkeit ein *Reduktionskonzept* definiert: Eine physikalische Theorie wird auf eine andere *reduziert*, wenn beide Theorien verträglich miteinander sind, die reduzierende Theorie alle Phänomene erklären kann, die von der reduzierten Theorie erklärt werden, und wenn die reduzierende Theorie diese Phänomene besser erklärt und auch weitere Phänomene erklären kann. Dies ist ein eliminatives Reduktionskonzept, bei dem die Theorien nicht wie in einer bloß indirekten Reduktion zufällig dieselben Phänomene erklären, sondern bei dem dieser Umstand aufgrund ihrer (direkten) Verträglichkeit gut verstanden ist.

Reduktionismus in der Physik

Diese Definitionen sollen nun an die Theorien der Gravitation herangetragen werden. Dabei ergibt sich zunächst, dass etwa das Galileische Fallgesetz und die Keplerschen Gesetze im Rahmen der bekannten Näherungsbeziehungen mit der Newtonschen Gravitationstheorie verträglich sind. Außerdem zeigen die schon genannten Untersuchungen in Misner et al. 1973 oder Scheibe 1999, dass die Newtonsche Gravitationstheorie ihrerseits mit der Allgemeinen Relativitätstheorie verträglich ist. Weiterhin kann die Newtonsche Gravitationstheorie sowohl das Phänomen fallender Körper als auch das der Planetenbewegungen im Sonnensystem er-

klären, und zwar besser als das Galileische Fallgesetz bzw. die Keplerschen Gesetze, womit diese Theorien im Sinne obiger Definition auf die Newtonsche Gravitationstheorie (eliminativ) reduziert sind.

Was nun aber das Verhältnis zwischen Newtonscher Gravitationstheorie und Allgemeiner Relativitätstheorie betrifft, ist es fraglich, ob man über Verträglichkeit hinaus von einer Reduktion in obigem Sinne sprechen kann. In dieser Frage muss nämlich bedacht werden, dass in die Erklärungen, die in obiger Definition verlangt werden, kein Wissen der zu reduzierenden Theorie einfließen darf, wenn gerade deren Überflüssigkeit gezeigt werden soll. Nun gibt es zwar in dem Verhältnis zwischen den hier zur Rede stehenden Theorien die genannten Grenzfallobservierungen – diese zeigen aber als Vergleiche zwischen eigenständigen Theorien lediglich deren Verträglichkeit: Die Newtonsche Gravitationstheorie ist nicht als Grenzfall (eliminativ) in der ART enthalten und darf daher bei Phänomenerklärungen, die ihre Überflüssigkeit im Rahmen einer indirekten Reduktion zeigen sollen, nicht verwendet werden. Nun wird aber die Newtonsche Theorie zur Erklärung zahlreicher Gravitationsphänomene benötigt, da es keine Lösungen der Feldgleichungen gibt, die diese ebenfalls beschreiben könnten: Dies beginnt beim Zweikörperproblem, setzt sich fort bei den Interaktionen zwischen den Planeten des Sonnensystems und gilt ebenso für komplizierte Gebilde wie Sternhaufen, Galaxien oder Galaxiencluster. Alle diese Phänomene werden Newtonsch beschrieben, da sie zu kompliziert für die Anwendung der Feldgleichungen sind. So beschreibt zwar etwa die Schwarzschildlösung die Planetenbahnen im Sonnensystem, und zwar besser als die Newtonsche Theorie, muss dafür aber die Planeten als masselose Probeteilchen betrachten und kann daher nicht die gravitativen Wechselwirkungen zwischen ihnen bestimmen.

Wenn man von diesen Wechselwirkungen absieht, lässt sich zwar sagen, dass die Newtonsche Beschreibung der Planetenbahnen auf die Schwarzschildlösung der ART in obigem Sinne eliminativ reduziert ist. Diese Wechselwirkungen aber und die aufgezählten weiteren Fälle sind Beispiele für Phänomene, die von der Newtonschen Theorie erklärt werden und nicht von der ART, weshalb die Newtonsche Gravitationstheorie als Ganze *nicht* auf die ART reduziert ist. Dies gilt allerdings nur zur Zeit und es lässt sich behaupten, dass eine solche Reduktion *im Prinzip* doch möglich ist, etwa durch numerische Lösungen der Feldgleichungen. Dabei ist aber zu bedenken, dass numerische Simulationen immer nur Zahlenwerte liefern können, die physikalisch gedeutet werden müssen, und wozu die ART allein möglicherweise nicht in der Lage ist: Schon bei der exakten Schwarzschildlösung ist ein Vergleich mit der Newtonschen Theorie notwendig, um die Deutung einer auftretenden Integrationskonstante als zentrale Masse rechtfertigen zu können. Außerdem kann in einer solchen Simulation immer nur die

zeitliche Entwicklung eines Systems gemäß den Feldgleichungen berechnet werden, wohingegen Startwerte, die den Feldgleichungen genügen, gerade nicht bestimmt werden können, wenn es keine exakte Lösung gibt – und dass es für die genannten Fälle keine exakten Lösungen gibt, ist ein mathematisch bewiesener Tatbestand. Wenn also zum Beispiel in der Astrophysik numerisch die Wechselwirkung zweier Schwarzer Löcher beschrieben wird, beginnt man die Simulation bei einem so großen Abstand zwischen ihnen, dass diese Ausgangssituation Newtonsch (bzw. genauer in der sogenannten Post-Newtonschen Näherung) beschrieben werden kann, und übernimmt dann die so gewonnenen Werte für die Berechnung mit den Feldgleichungen, wobei dieser Übergang durchaus noch Schwierigkeiten bereitet und nicht vollständig verstanden ist (vgl. z.B. Schutz 2004).

Dies spricht nun selbst gegen die *prinzipielle* Möglichkeit einer eliminativen Reduktion der Newtonschen Gravitationstheorie auf die Allgemeine Relativitätstheorie, wobei die Unmöglichkeit einer solchen Reduktion zwar nicht bewiesen, aber die Beweislast immerhin auf die reduktionistische Position übertragen wurde, die zu zeigen hat, wie für die aufgezählten Phänomene allgemein-relativistische Erklärungen ohne Zuhilfenahme der Newtonschen Gravitationstheorie möglich sein sollen. Solche Erklärungen sind dabei innerhalb der Physik gar nicht nötig, da man schließlich in diesen Fällen mit der Newtonschen Theorie rechnen kann, was aufgrund ihrer Verträglichkeit mit der ART gut gerechtfertigt ist. Die prinzipielle Möglichkeit solcher Erklärungen allein mit der ART müsste dagegen für eine entsprechende Reduktionsbehauptung erst noch gezeigt werden.

Insgesamt wurde also begründet, dass das Galileische Fallgesetz und die Keplerschen Gesetze auf das Newtonsche Gravitationsgesetz und die Newtonsche Beschreibung der Planetenbahnen auf die Schwarzschildlösung der Allgemeinen Relativitätstheorie eliminativ reduziert sind, während die Newtonsche Gravitationstheorie als Ganze mit der ART lediglich verträglich ist. Dabei wurde insbesondere mit der Unterscheidung zwischen Verträglichkeit und „echter“, nämlich eliminativer Reduktion etwas Ordnung in die zwischentheoretischen Beziehungen der Physik gebracht.

Literatur

Batterman, Robert W. 2007 „Intertheory Relations in Physics“ *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (<http://plato.stanford.edu>).

Bickle, John 1998 *Psychoneural Reduction: The New Wave*, Cambridge, MA: MIT Press.

Callender, Craig 2001 „Taking Thermodynamics Too Seriously“ *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics* 32(4), 539-553.

Feyerabend, Paul 1962 „Explanation, Reduction, and Empiricism“, in: H. Feigl und G. Maxwell (Hrsg.), *Scientific Explanation, Space, and Time*, Minneapolis: University of Minnesota Press, 28-97.

Hooker, Clifford A. 1981 „Towards a General Theory of Reduction. Part I-III“, *Dialogue* 20, 38-59, 201-236, 496-529.

Kemeny, John und Oppenheim, Paul 1956 „On Reduction“, *Philosophical Studies* 7, 6-19.

Misner, Charles W., Thorne, Kip S., und Wheeler, John A. 1973 *Gravitation*, New York: W.H. Freeman and Company.

Nagel, Ernest 1961 *The Structure of Science: Problems in the Logic of Explanation*, New York: Harcourt.

Schaffner, Kenneth F. 1967 „Approaches to Reduction“, *Philosophy of Science* 34, 137-147.

Scheibe, Erhard 1999 *Die Reduktion physikalischer Theorien Ein Beitrag zur Einheit der Physik Teil II: Inkommensurabilität und Grenzfallreduktion*, Berlin: Springer.

Schutz, Bernard F. 2004 „The art and science of black hole mergers“ *ArXiv*: gr-qc/0410121v1.