

Deus sive atra

Christian Zelger, Schlanders

1. Einleitung

Als Baruch de Spinoza im 17. Jahrhundert die Formel "Deus sive natura" prägte, war dies Ausdruck seines Pantheismus (Russell 2001, 579f.). Der Titel des vorliegenden Beitrages - Deus sive atra, also svw. Gott oder die Schwarzen Löcher - zielt keineswegs darauf ab, hier eine Gleichsetzung vorzunehmen. Vielmehr geht es darum aufzuzeigen, dass sich Physiker und Kosmologen durch die Beschäftigung mit Schwarzen Löchern oft in Bereiche abseits der Wissenschaftlichkeit begeben, indem sie ihr angestammtes Gebiet verlassen und mitunter metaphysische Anklänge oder - zumindest implizit - sogar eine religiöse Komponente erkennen lassen.

2. Vorbemerkungen

2.1 Methode

Um darzulegen, dass Naturwissenschaftler methodisch im wahrsten Sinne des Wortes an die Grenzen stoßen, wenn sie sich mit Theorien zu Schwarzen Löchern auseinandersetzen, wird in der folgenden Abhandlung durch zwei Vergleiche gezeigt, a) welche Eigenschaften die Physik als Wissenschaft von Pseudo-Wissenschaften unterscheidet und wodurch sich letztere auszeichnen, b) welche Untersuchungsgegenstände damit für die Naturwissenschaften ausgeschlossen werden und schließlich, c) dass es zahlreiche Gemeinsamkeiten und Übereinstimmungen zwischen Gott und einem Schwarzen Loch gibt.

2.2 Definitionen

In der folgenden Abhandlung werden im Besonderen drei außer-philosophische Begriffe verwendet, die es zu definieren gilt:

- *Raumzeit* =def. vierdimensionaler Raum, dessen Punkte Ereignisse sind;
- *Singularität* =def. Punkt in der Raumzeit, an dem die Raumzeitkrümmung einen unendlichen Wert annimmt;
- *Schwarzes Loch* =def. Region in der Raumzeit, aus der auf Grund der starken Gravitation nichts entweichen kann. (Hawking 2001, 214)

3. Schwarze Löcher

3.1 Kurzer historischer Überblick

Im Rahmen dieses Beitrages kann die geschichtliche Komponente nur marginal angesprochen werden. Aus diesem Grund beschränke ich mich auf vier wichtige Ereignisse:

- Im Jahre 1783 befasste sich *John Michell* mit der möglichen Existenz genügend schwerer Sterne, von denen Lichtteilchen nicht entkommen könnten. Er stützte sich dabei auf die Newtonsche Gravitationstheorie und die Korpuskulartheorie des Lichts. (Al-Khalili 2001, 120).

- Ausgehend von Albert Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie, schaffte es *Karl Schwarzschild* wenige Monate nach Veröffentlichung im Jahr 1916 als Erster, eine Lösung für deren Vakuumfeldgleichungen zu finden. Sie beschreibt nicht-rotierende Schwarze Löcher mit einem Ereignishorizont und einer zentralen Singularität. (Börner 2002, 104)

- Erst über 50 Jahre nach Schwarzschilds Lösung wurde der Begriff "Schwarzes Loch" von *John Archibald Wheeler* geprägt, die Bezeichnung, die bis heute für diese vermuteten Objekte üblich ist, die mit Hilfe physikalischer Gleichungen beschrieben werden. (Guth 2002, 169)

- 1963 findet *Roy Patrick Kerr* eine Verallgemeinerung der Schwarzschild-Lösung. Damit können rotierende Schwarze Löcher beschrieben werden. Seither nennt man diese Form von rotierenden Objekten Kerr-Lösung. (Müller 2003, 3)

3.2 Eigenschaften

Bereits die Lösung Schwarzschilds beschreibt ein Schwarzes Loch als ein kosmisches Gebilde mit einer zentralen Singularität und einem Ereignishorizont. Das Schwarze Loch verschluckt Materie und Strahlung und der Ereignishorizont trennt dabei die Punkte, von denen ein Entkommen noch möglich ist, von jenen, die das nicht mehr zulassen. *Dieser Ereignishorizont ist eine mathematisch definierte Grenzfläche*. Die Fluchtgeschwindigkeit beträgt hier c , die Lichtgeschwindigkeit. Da diese laut Einsteinscher Relativitätstheorie die höchstmögliche Geschwindigkeit darstellt, wird jedes Signal hinter dem Horizont verschluckt. (Hawking 2001, 119 und 123)

Sofern das Schwarze Loch statisch ist, d.h. nicht rotiert, beträgt der Radius des Ereignishorizonts zwei Gravitationsradien; bei einer maximalen Rotationsgeschwindigkeit von c schrumpft dieser Wert auf einen Gravitationsradius. Jedes Teilchen, das den Horizont erreicht, fällt in das Schwarze Loch und erreicht die Singularität bei $r=0$. (Müller 2003, 4)

Alles, was sich hinter dem Ereignishorizont verbirgt, bleibt einem Beobachter von außen verschlossen. Roger Penrose sprach von einer "kosmischen Zensur", als er 1969 entdeckt hat, dass sich jede Singularität hinter einem Horizont verbirgt (Börner 2002, 108). Zudem hat John Wheeler mit seinem "No-Hair-Theorem" festgestellt, dass ein Schwarzes Loch lediglich drei Eigenschaften besitzt: Masse, Drehimpuls und Ladung. Alle weiteren Eigenschaften, die die uns bekannte Materie besitzen kann, wie z.B. Form, Farbe, Geschmack, etc., gehen verloren. (Hawking 1998, 119)

3.3 Probleme der physikalischen Theorien

Bereits die beiden vorangegangenen Abschnitte haben angedeutet, dass Schwarze Löcher auch heute noch, über 80 Jahren nach ihrer erstmaligen Beschreibung durch Schwarzschild, eine Reihe von Problemen aufwerfen.

- Sie stellen bisher lediglich *theoretische Konstrukte* dar. Der Nachweis einer tatsächlichen Existenz ist noch für

keine Form gelungen (Sedlmayr 1999, 120; Lasota 1999, 26). Man unterscheidet nach Masse und angenommenen Umständen ihrer Entstehung und Entwicklung vier Arten: primordiale, stellare, massereiche und superschwere Schwarze Löcher (Müller 2003, 4f.).

- Die Schwarzschild-Gleichungen, die nicht-rotierende Schwarze Löcher beschreiben, *versagen* bei $r=0$ (Börner 2002, 106f.).

- Die Relativitätstheorie *verliert ihre Gültigkeit*, sobald man versucht, mit ihrer Hilfe ein Schwarzes Loch in seiner Gesamtheit zu erfassen (Livio 2001, 196; Sedlmayr 1999, 122).

- Die Entwicklung einer Singularität unterliegt einer *Nicht-vorhersagbarkeit*, da sie wissenschaftlich nicht mehr beschreibbar ist (Hawking 1998, 156).

Ich möchte dem letzten Problem besondere Aufmerksamkeit schenken. Schon Roger Penrose hat darauf hingewiesen, dass es nicht möglich ist, mit der Relativitätstheorie ein Schwarzes Loch zu beschreiben. Der Fall weist damit einige Parallelen zum Urknall auf. Man kann ihm zeitlich fast beliebig nahe kommen, der Urknall selbst aber lässt sich wissenschaftlich nicht mehr fassen. (Livio 2001, 196)

Der Mathematiker Charles Seife sieht in der Null die Ursache für viele physikalische Probleme. Die Relativitätstheorie besitzt ihre Gültigkeit im Bereich des sehr Großen, d.h. für große Distanzen und Geschwindigkeiten, die Quantentheorie von Max Planck hingegen für das sehr Kleine, also für kleine Entfernungen und Massen. Beide Theorien beschreiben die physikalischen Gesetze für bestimmte Aspekte unseres Universums. Sie lassen sich jedoch nicht vereinen. (Seife 2000, 215)

Ein Schwarzes Loch ist aber ein Objekt, das beiden Bereichen angehört. Es ist äußerst massereich und gehorcht daher der Relativitätstheorie - Seife spricht davon, dass ein Schwarzes Loch eine Null in den Gleichungen der Relativitätstheorie ist und dass die unendlich hohe Dichte einer (mathematisch nicht definierten) Division durch Null entspricht -; andererseits ist es aber auch sehr klein und unterliegt damit der Quantentheorie. (ebd., 238)

Auch wenn Seife hier den Fehler begeht, dass das Volumen eines Schwarzen Lochs nach den Gesetzen der Quantenmechanik nicht wirklich gleich null sondern nur extrem klein ist, steht fest, dass die Physiker noch nicht wissen, wie man die Gesetze der Quantentheorie und die der Allgemeinen Relativitätstheorie gleichzeitig anwendet. (Al-Khalili 2001, 130)

4. Erster Vergleich

Um die Theorien der Schwarzen Löcher wissenschaftstheoretisch etwas genauer beleuchten zu können, muss man die Kriterien für die Wissenschaftlichkeit von Aussagen berücksichtigen.

4.1 Wissenschaften

Die Physik ist eine Naturwissenschaft, d.h. eine empirische Wissenschaft, die sich mit der Erforschung der Natur, ihren Gesetzen und den Voraussetzungen technischer Anwendung beschäftigt (Mittelstraß 1995, Band 2, 977). Bedeutend ist dabei der Begriff des Gesetzes. In der Physik versteht man darunter einen hypothetischen, empirischen, d.h. durch Messung oder Experiment nicht falsifizierten Universalsatz (ebd., Band 1, 761).

Der Allsatz darf nicht falsifiziert, also auf Grund einer Basisaussage widerlegt worden sein, er muss jedoch falsifizierbar sein. Popper hat die Falsifizierbarkeit als Abgrenzungskriterium für erfahrungswissenschaftliche und sogenannte metaphysische Aussagen eingeführt. Er hat aber darauf hingewiesen, dass ein einzelnes Beobachtungsergebnis nicht ausreicht, um ein Gesetz zu widerlegen, dass vielmehr anerkannte Basissätze nur dann eine Theorie falsifizieren, wenn sie gleichzeitig eine falsifizierende Hypothese bewähren (ebd., 631).

In einer Untersuchung über die Rededauer von Vortragenden auf philosophischen Symposien könnte die folgende Hypothese aufgestellt werden: "Jeder Vortrag auf dem 26. Kongress der Ludwig Wittgenstein Gesellschaft dauert maximal 60 Minuten". Eine solche Aussage kann dann wissenschaftlich genannt werden, wenn sie falsifizierbar ist. Sie ist tatsächlich falsifizierbar, da es einen Basissatz der Form "Am ... um ... wurde von ... ein zwei-stündiger Vortrag gehalten" geben könnte, der den oben genannten Allsatz widerlegt. Aussagen, die an der Erfahrung scheitern können, werden damit als empirisch gehalten und somit als sinnvoll bezeichnet.

Eine Aussage wie "Jede Handlung des Menschen wird von Gott vorausgesehen" hingegen erfüllt diese Kriterien nicht. Sie ist nicht falsifizierbar. *Knapp formuliert fällt damit Gott aus dem Gegenstandsbereich der Naturwissenschaften.*

4.2 Pseudo-Wissenschaften

Auch wenn man sich heute eingestehen muss, dass wohl alle Versuche, ein einheitliches und für alle Zeiten gültiges Sinnkriterium aufzustellen, gescheitert sind (Reutterer 1999, 160), so gibt es doch einige Minimalbedingungen für eine gute erfahrungswissenschaftliche Theorie. Pseudo-wissenschaftliche Theorien zeichnen sich demnach u.a. durch folgende Merkmale aus:

- innere und/oder äußere Widersprüchlichkeit
- fehlende Kritisierbarkeit und Überprüfbarkeit
- Immunisierungsstrategien. (ebd., 161f.)

Es geht hier in erster Linie nicht darum, die Astrophysik und ihre Methoden anzugreifen, auch nicht die Existenz bestimmter kosmischer Objekte generell zu bezweifeln, sondern vielmehr darum die Art und Weise zu kritisieren, wie Schwarze Löcher zu Teilen scheinbar wissenschaftlicher Theorien gemacht werden.

Von den oben genannten Merkmalen fällt besonders die fehlende Kritisierbarkeit, also die fehlende Möglichkeit zur Falsifizierung ins Auge. Wissenschaftlich-sinnvoll sind Sätze, die an der Erfahrung scheitern können. Gerade das aber ist bei Schwarzen Löchern nicht immer möglich. *Durch die kosmische Zensur, die jede Singularität nach außen hin abschirmt, ist es uns nicht möglich, eine Hypothese die Materie hinter dem Ereignishorizont betreffend zu überprüfen* (Börner 2002, 108f.; Al-Khalili 2001, 129).

5. Zweiter Vergleich

5.1 Gott

Prinzipiell kann ein Vergleich wie der folgende, der mehr provokativ als wörtlich zu verstehen ist, auch mit anderen transzendenten, höchsten Wesen einer Religion gemacht werden. Das Christentum bietet sich jedoch für unseren

Kulturkreis an. Exemplarisch werden zwei Quellen herangezogen, eine theologische und eine philosophische.

In der Bibel wird der christliche Gott als schaffender Herrscher dargestellt, der Himmel und Erde, Menschen und Tiere erschaffen hat (u.a. Gen 1,1; 1,27; Apg 17,24; Jer 27,5) und dafür sorgt, dass die Welt erhalten bleibt (Ps 89, 38). Er gilt als unbegreifbar, unerkennbar (Ijob 37,5ff.; Jes 22,11) und unaufhaltsam (Jes 43,13). Er wird zudem als unsichtbar und ewig betrachtet (2 Kor 4,18).

Nikolaus von Kues - und ihm folgend Giordano Bruno - betont in seinem Werk "Von der Wissenschaft des Nichtwissens" das Zusammenfallen der Gegensätze in Gott, die sogenannte "coincidentia oppositorum". (Mittelstraß 1995, Band 2, 1018f.)

5.2 Schwarze Löcher

Wir haben nun gesehen, dass Gott:

- unsichtbar ist;
- sich außerhalb von Raum und Zeit befindet;
- erschafft und erhält;
- die Einheit der Gegensätze darstellt;
- unbegreifbar ist.

Genau dasselbe können wir aber auch von Schwarzen Löchern behaupten:

- Sie sind unsichtbar, weil die Gravitation so stark ist, dass selbst Photonen nicht entkommen können (Al Khalili 2001, 122; Lasota 1999, 26).
- Raum und Zeit verlieren die gewohnte Bedeutung (Sedlmayr 1999, 121f.). In ihnen steht die Zeit still (Hawking 2001, 117f.), sie sind sogenannte "Abnäher in der Raumzeit" (Cole 2002, 22).
- Sie könnten für die Entstehung von Baby-Universen verantwortlich sein (Davies 1996, 266). Außerdem hat Stephen Hawking 1974 nachgewiesen, dass Schwarze Löcher nicht vollkommen schwarz sind, d.h. dass sie Teilchen emittieren. Nahe am Ereignishorizont können durch quantentheoretische Prozesse Teilchen entstehen (Hawking 1998, 128ff.; Kiefer 2002, 110f.).
- Ähnlich wie Neutronensterne sind sie so kompakt, dass Atome nicht mehr ihre ursprüngliche Form behalten und die Elektronen in den Kern gedrückt werden (Al-Khalili 2001, 123). Die Individualität der Eigenschaften der Materie geht verloren (Hawking 1998, 119).
- Der Nachweis der Existenz stellt die Wissenschaftler genau wie die dahinter stehende Theorie auch heute noch vor große Probleme (Müller 2003, 17).

Und nicht zuletzt werden sowohl Gott als auch Schwarze Löcher von ihren Anhängern für alles Mögliche und Unmögliche verantwortlich gemacht - ohne dass überhaupt deren Existenz nachgewiesen wurde. Schwarzen Löchern werden deshalb gerne folgende Funktionen "angedichtet":

- Ein Universum mit zufälligen Anfangsbedingungen würde viel eher Schwarze Löcher als verteilte Materie hervorbringen (Davies 1996, 105). Soll die Tatsache, dass man bisher keine Schwarzen Löcher nachweisen konnte, ein Beweis dafür sein, dass das Universum kein Zufall sein kann?

- Manche Wissenschaftler spekulieren sogar, dass Schwarze Löcher Übergänge zu anderen Universen darstellen (Livio 2001, 197).

- Damit man Aussagen über die Zukunft des Weltalls machen kann, muss man genaue Daten über die Menge der Materie besitzen. Meistens reicht die sichtbare Materie nicht einmal ansatzweise aus, um das Verhalten von Galaxien und ähnlichen Objekten zu erklären (Krauss 1990, 54ff.). Die Aufgabe, die fehlende Masse zu stellen, kommt gewöhnlich sogenannter dunkler Materie oder eben Schwarzen Löchern zu (Sedlmayr 1999, 188; Hawking 2001, 195).

- In der Stringtheorie werden sogar Elementarteilchen als extreme Schwarze Löcher aufgefasst. So verschiedene Dinge sollen letzten Endes nur unterschiedliche Manifestationen der gleichen Grundeinheit sein. (Livio 2001, 69f.).

6. Zweifel in den eigenen Reihen?

Die vorangegangenen Abschnitte haben einerseits gezeigt, mit welchen Problemen die Theorien der Schwarzen Löcher kämpfen, andererseits aber auch mit welchem Eifer an den Annahmen festgehalten wird und welche große Rolle mehr oder weniger fundierte Vermutungen und Glauben in einem weiteren Sinn spielen. Viele Physiker sind sich jedoch bewusst, welche Schwierigkeiten mit Singularitäten verbunden sind.

Im Jahre 2002 wurde von Pawel Mazur und Emil Mottola eine Alternative zur Theorie der Schwarzen Löcher präsentiert. Die sogenannten Gravasterne - zusammengesetzt aus Gravitation und Vakuum - besitzen keinen Horizont und keine zentrale Singularität. Die Quelle des Gravitationsfeldes ist eine Blase aus dunkler Energie sowie ein gravitatives Bose-Einstein-Kondensat, das in einer dünnen Schale angeordnet ist. Vom ästhetischen Standpunkt aus haben Physiker lange nach einer Raumzeit für Schwarze Löcher gesucht, die eine Singularität vermeidet. Durch die Theorie der Gravasterne wurde ein Punkt beseitigt, in dem die physikalische Beschreibung versagt. (Müller 2003, 3 und 16f.)

Ob damit alle Rätsel und Schwierigkeiten beseitigt werden können, lässt sich zum momentanen Zeitpunkt der Forschungen noch nicht abschätzen. Auch bei diesem neuen Ansatz der Gravasterne gibt es noch zu viele offene Fragen und Unstimmigkeiten. Deus sive grava?

Literatur

- Al-Khalili, J. 2001 *Schwarze Löcher, Wurmlöcher und Zeitmaschinen*, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Börner, G. 2002 *Kosmologie*, Frankfurt/Main: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Cole, K. C. 2002 *Eine kurze Geschichte des Universums*, Berlin: Aufbau Verlag.
- Davies, P. 1996, *Der Plan Gottes. Die Rätsel unserer Existenz und die Wissenschaft*, Frankfurt/Main: Insel Verlag.
- Deissler, A. et al. (Hrsg.) 2000 *Neue Jerusalemer Bibel*, Freiburg: Herder Verlag.
- Guth, A. 2002 *Die Geburt des Kosmos aus dem Nichts. Die Theorie des inflationären Universums*, München: Knaur Verlag.
- Hawking, St. 2001 *Das Universum in der Nussschale*, Hamburg: Hoffmann und Campe.
- Hawking, St. 1998 *Die illustrierte kurze Geschichte der Zeit*, Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Verlag.

- Kiefer, C. 2002 *Quantentheorie*, Frankfurt/Main: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Krauss, L. M. 1990 "Dunkle Materie im Universum", in *Kosmologie und Teilchenphysik*, Heidelberg: Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsgesellschaft, 54-61.
- Lasota, J. P. 1999 "Die Enthüllung der Schwarzen Löcher", *Spektrum der Wissenschaft* 08/1999, 26-31.
- Livio, M. 2001 *Das beschleunigte Universum. Die Expansion des Alls und die Schönheit der Wissenschaft*, Stuttgart: Kosmos Verlag.
- Mittelstraß, J. (Hrsg.) 1995 *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Stuttgart: Metzler Verlag.
- Müller, A. 2003 *Schwarze Löcher*. http://www.lsw.uni-heidelberg.de/~amueller/astro_sl.html, World Wide Web 04.02.2003.
- Reutterer, A. 1999 "Wissenschaft und Pseudowissenschaft", in W. Löffler und E. Runggaldier (Hrsg.), *Vielfalt und Konvergenz der Philosophie*, Wien: Verlag Holder-Pichler-Tempsky, 160-165.
- Russell, B. 2001 *Philosophie des Abendlandes. Ihr Zusammenhang mit der politischen und der sozialen Entwicklung*, Köln: Parkland Verlag.
- Sedlmayr, E. et al. 1999 "Die Vielfalt der Sterne", in G. Gruber und J. Weiß (Hrsg.), *Vom Urknall zum Menschen*, Leipzig: Brockhaus Verlag, 95-133.
- Sedlmayr, E. et al. 1999 "Kosmologie und Weltmodelle", in G. Gruber und J. Weiß (Hrsg.), *Vom Urknall zum Menschen*, Leipzig: Brockhaus Verlag, 166-193.
- Seife, Ch. 2000 *Zwilling der Unendlichkeit*, Berlin: Berlin Verlag.