

Zu den Ausführungen O.E. Rösslers

Einleitung

Herr Rössler argumentiert, mit Hilfe seiner Uminterpretation der Schwarzschildmetrik schlussfolgern zu können, dass schwarze Löcher keine Hawking-Strahlung abgeben und somit ewig existieren. Damit würden sie, sofern am LHC produziert, eine ernsthafte Gefahr darstellen: statt zu zerstrahlen würden sie ewig existieren und hätten somit alle Zeit, ihre Umgebung nach und nach zu verschlingen.

Im Folgenden soll sein Argument skizziert und analysiert werden. Wir werden sehen, dass

- das Argument sich nur auf die ART bezieht und keine logische Verbindung zur LHC-Physik schlägt;
- das Argument nicht stichhaltig ist;
- das Argument nicht selbstkonsistent ist.

Die hier vorgebrachten Gegenargumente sind unabhängig von denen, welche im kürzlich erschienenen Giddings-Mangano Report [arXiv:0806.3381 \[hep-ph\]](#) diskutiert werden. Der vorliegende Text kann daher als komplementär zu diesem Report angesehen werden.

Hintergrund

Im Folgenden seien die mathematischen Ausführungen Rösslers in einer etwas kompakteren Formulierung wiedergegeben.

Die äußere Schwarzschildmetrik ist ($r > 2m$)

$$g = -c^2 \left(1 - \frac{2m}{r}\right) dt^2 + \underbrace{\frac{dr^2}{1 - \frac{2m}{r}} + r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2)}_h. \quad (1)$$

Dabei ist ihr räumlicher Teil mit h bezeichnet. Die Metrik h definiert die induzierte Geometrie auf den raumartigen Hyperflächen $t = \text{konst.}$

Lichtstrahlen in der Schwarzschildgeometrie entsprechen lichtartigen Geodätischen bezüglich der Raumzeitmetrik g . Da letztere statisch ist (sie besitzt ein zeitartiges, hyperflächenorthogonales Killingfeld; hier durch $\partial/\partial(ct)$ gegeben), gilt folgender, längst bekannter Satz: Die Lichtstrahlen sind eindeutig durch ihre räumlichen Projektionen (d.h. in irgendeiner Fläche $t = \text{konst.}$) bestimmt, wo sie wiederum Geodätische sind, dies aber bezüglich der *optischen* (oder *Fermat-*) *Metrik*,

die gegeben ist durch den räumlichen Teil der Schwarzschildmetrik, dividiert durch das Quadrat des Betrages des statischen Killingvektorfeldes, also durch

$$\gamma = h/(1 - 2m/r). \quad (2)$$

Bezüglich dieser optischen Metrik ist z.B. der „optische Abstand“ zweier radial separierter Punkte r_o (oben) und r_u (unten) gegeben durch

$$\int_{r_u}^{r_o} \frac{dr}{1 - \frac{2m}{r}}, \quad (3)$$

was im Gegensatz zu dem mit h gemessenen Abstand

$$\int_{r_u}^{r_o} \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{2m}{r}}} \quad (4)$$

für $r_u \rightarrow 2m$ divergiert. Der „optische Abstand“ zum Horizont $r = 2m$ ist also von jedem außerhalb liegenden Punkt unendlich groß. Wir betonen, dass diese optische Metrik der *räumliche Anteil* einer durch den Faktor $1/(1 - 2m/r)$ *konform reskalierten Raumzeitmetrik* ist, die ihrerseits aber weder die Einsteingleichungen erfüllt, noch irgendeine physikalische Relevanz besitzt. Da sie zur physikalischen Metrik g konform äquivalent ist, liefert sie zwar dieselben Resultate für die Weltlinien von Licht und dessen Laufzeitverzögerung im Gravitationsfeld (Shapiro Effekt), ergibt aber etwa bei der Berechnung von zeitartigen Geodätischen (wie z.B. Bahnen von Himmelskörpern) völlig falsche Resultate, die im klaren Widerspruch zu etablierten experimentellen Resultaten stehen.

Rösslers “Neue Idee”

Dieser im Zusammenhang mit der optischen Metrik unbestrittene mathematische Sachverhalt wird von Herrn Rössler als neue Einsicht propagiert, obwohl er in Fachkreisen längst bekannt ist. Es ist Standardwerkzeug im Sinne einer *Hilfskonstruktion*, z.B. in der Theorie der Gravitationslinsen. Die wesentliche Zutat Rösslers besteht nun darin, diesen formalen Sachverhalt zu einem neuen physikalischen Prinzip zu erheben und zu sagen: *Der optische Abstand ist tatsächlich auch der wahre geometrische Abstand.*¹ Er motiviert dieses Prinzip damit, dass die *bezüglich des optischen Abstandsmaßes* definierte Lichtgeschwindigkeit überall den gleichen Wert c besitzt. Diese Forderung bringt Rössler in Zusammenhang mit Max Abraham, der 1912 in einem Disput mit Einstein eine vordergründig ähnlich lautende Forderung aufstellte, die jedoch von ganz anderen Voraussetzungen

¹Auf die potentielle Inhaltsleere des Wortes “wahr” soll hier nicht eingegangen werden.

ausgeht und mittlerweile gegenstandslos ist.² In dieser "optischen Geometrie" werden Körper nahe des Schwarzschild-Horizonts beliebig groß. Das schwarze Loch selbst lässt sich in dieser Auffassung auch in keinem Sinne mehr als lokalisierbares und mit endlicher Ausdehnung versehenes Objekt verstehen.

Als Analogon aus der Schulphysik sei die Strahlenoptik in dispergierenden Medien genannt. Das Medium ist charakterisiert durch den ortsabhängigen Brechungsindex $n(\vec{x})$, der definiert ist durch das Verhältnis der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit c zu der örtlich variablen Phasengeschwindigkeit v_p des Lichts: $n = c/v_p$. Auch hier kann man formal im Raum eine neue, "optische" Geometrie durch das Abstandsmaß $ds_{\text{optisch}} = n ds_{\text{euklidisch}}$ definieren, was wiederum einer konformen Reskalierung der Metrik, diesmal durch den Faktor n^2 , entspricht. Per Konstruktion ist bezüglich des neuen Abstandsmaßes die Lichtgeschwindigkeit stets c . Das Fermatsche Theorem besagt nun gerade, dass Lichtstrahlen Geodätische bezüglich der optischen Metrik sind. In dieser Sichtweise ist die Lichtablenkung von Lichtstrahlen in dispergierenden Medien nicht eine Folge der örtlich variablen Lichtgeschwindigkeit, sondern einer Abweichung von der euklidischen Geometrie. Somit kann man auch hier den räumlichen Verlauf von Lichtstrahlen über eine analoge Hilfskonstruktion bestimmen, die darin besteht, dem Raum fiktiv eine optische Metrik zuzuschreiben und dann die diesbezüglichen Geodätischen zu bestimmen. Dennoch würde aber niemand auf die Idee kommen, dieser „optischen Geometrie“ mehr als die Rolle einer Hilfskonstruktion zuzuerkennen.

Auf der Basis der Rösslerschen Uminterpretation besteht sein Argument für das Fehlen der Hawkingstrahlung nun einfach in der folgenden Aussage: was unendlich weit entfernt ist, kann auch nicht strahlen.

Inkonsistenzen

Nimmt man dies vorübergehend ernst, so ergeben sich sofort folgende Fragen:

1. Wie kann etwas *unendlich* Entferntes (und übrigens auch unendlich Großes) in *endlicher* Zeit entstehen und uns beeinflussen? Muss nicht Herr Rössler ebenso schließen, dass schwarze Löcher erst gar nicht entstehen können? Wie steht es dann aber mit den astronomischen Beobachtungsdaten, die Signaturen schwarzer Löcher zeigen, z.B. im Zentrum unserer Milchstraße?

²Sie ist gegenstandslos, da sie im Zusammenhang mit der Möglichkeit einer *skalaren* (Spin=0) Theorie des Gravitationsfeldes im Rahmen der *speziellen* Relativitätstheorie stand, und es heute bekannt ist, dass diese zwar mathematisch existiert, aber zu falschen Vorhersagen führt, etwa zu keiner Lichtablenkung und einer *retrograden* Periheldrehung vom Betrag 1/6 des Einsteinschen Wertes.

2. Die Energien der unsere Atmosphäre unablässig bombardierenden kosmischen Strahlung sind (nach Umrechnung auf das Schwerpunktssystem) um viele Größenordnungen höher als die im LHC erreichbaren Energien. Es gibt aber keinen Hinweis auf dadurch produzierte schwarze Löcher; warum nicht? Eine mögliche Antwort wäre, dass wir uns auf der Erde nicht im Schwerpunktssystem der kosmischen Strahlung befinden. Ein durch letztere produziertes schwarzes Loch würde sich also mit hoher Geschwindigkeit durch die Erde bewegen und hätte keine Zeit, Unheil zu stiften. Das setzt allerdings voraus, dass das schwarze Loch ein *räumlich lokalisierbares Objekt* ist, zu dem man mehr oder weniger fern sein kann. In Rösslers Interpretation ist das aber gerade nicht der Fall, da das schwarze Loch sowieso immer unendlich weit von uns entfernt ist. Die im Rahmen der üblichen Interpretation sinnvolle Antwort verliert somit in Rösslers Interpretation jeglichen Sinn.

Résumé

Dass die optische Metrik ein struktureller Bestandteil im Sinne einer Hilfskonstruktion innerhalb der ART ist, die sich insbesondere bei der Berechnung des räumlichen Verlaufs von Lichtstrahlen bewährt hat, ist bekannt und unumstritten. Im selben Sinne gilt sogar, dass sie zur effektiven Berechnung einiger Eigenschaften der Bewegung massiver Körper (z.B. die Berechnung der Zentrifugalkraft) eingesetzt werden kann. Dass sie jedoch die einzige geometrische Bestimmung ist, die jedweden physikalischen Prozess regelt, also auch die Hawkingstrahlung wie von Rössler behauptet, ist eindeutig falsch und unsinnig. So würden beispielsweise mit ihr die Planetenbahnen bereits völlig falsch herauskommen. Die Rösslersche Argumentation beruht also auf einer nicht nur ungerechtfertigten, sondern sogar aufweisbar falschen Verallgemeinerung der optischen Geometrie. So mag es nicht wundern, dass er jenseits seiner ad-hoc Behauptung nicht in der Lage ist, eine nachvollziehbare logische Verbindung zwischen der optischen Geometrie und der Hawking Strahlung herzustellen. Diese müsste überdies im Einklang stehen mit den Grundprinzipien der ART, wie z.B. der Unabhängigkeit der physikalischen Aussagen von der Koordinatenwahl: so ist auch die Aussage, dass ein schwarzes Loch strahlt, nicht abhängig von der Wahl eines räumlichen Abstandsbegriffs in der durch die Schwarzschild-Lösung definierten Raumzeit-Geometrie.

Darüberhinaus ist Rösslers Argumentation, wie oben gezeigt, nicht einmal selbstkonsistent.

Domenico Giulini
Hermann Nicolai