

Schwarze Löcher und Kosmologie

1. Einleitung

Seit Jahrzehnten ist die Existenz schwarzer Löcher bekannt, in denen sehr viel Masse auf kleinem Raum konzentriert ist. Dabei ist die Gravitation so groß und der Raum am Rand so gekrümmt, dass nichts, weder Materie noch Strahlung, aus dem Bereich entkommen können. Wie es im Inneren des schwarzen Lochs aussieht, können wir also nicht erkennen. Es gibt zwar mathematische Modelle, die das Innere beschreiben, aber es bleiben viele Fragen.

Die Entstehung unserer Welt wird im Moment als Standard durch das Λ CDM-Modell beschrieben. Bei diesem kosmologischen Modell entsteht das Weltall beim Urknall aus einem singulären Punkt. In weniger als 1 Sekunde erweiterte sich der Raum bei der kosmischen Inflation um viele Milliarden Lichtjahre. Danach expandierte der Raum wesentlich schwächer. Um die weiter zunehmende Expansion erklären zu können, wird das Vorhandensein von dunkler Energie postuliert und der Zusammenhalt von Sonnensystemen in Galaxien wird durch dunkle Materie erklärt.

Seit vielen Jahren habe ich die Diskussionen um schwarze Löcher und die Standard-Kosmologie verfolgt. Vor allem folgende Parameter sind für mich gar nicht oder nur unzulänglich geklärt: "Singulärer Punkt", "kosmische Inflation", "Dunkle Energie", "Dunkle Materie".

Meine Überlegungen zu einem physikalischen Modell, das diese Fragen beantworten könnte, erläutere ich in den folgenden Kapiteln. Die Entwicklung dieses Modells erfolgte, nachdem ich die These "Unser Weltall ist ein schwarzes Loch" gehört hatte. Zunächst habe ich die Idee als Spinnerei abgetan. Die Suche nach den Gründen, warum diese Idee falsch sein müsste, führte mich aber immer weiter in die andere Richtung und im Zusammenhang damit zu einer möglichen Klärung der fragwürdigen Punkte.

Geholfen hat mir dabei der Blick in die Geschichte der Physik und Astronomie:

Beim Ptolemäischen Weltbild (https://de.wikipedia.org/wiki/Geozentrisches_Weltbild) wurde die Erde als fest stehend angenommen und die Himmelskörper führten Kreisbewegungen auf kristallinen Sphären um die Erde herum aus. Da die Planeten aber manchmal für einige Zeit ihre Richtung wechselten, erdachte man die Epizyklen, Kreisbewegungen, die die Planeten zusätzlich auf ihren Bahnen ausübten. Mathematisch konnte man so die Bewegung der Himmelskörper beschreiben und sicher vorhersagen, musste aber unnötigen Rechenaufwand betreiben.

Erst mit der Einführung des Kopernikanischen Weltbildes wurde die Beschreibung der Körper im Sonnensystem einfacher. Der Wechsel des Bezugssystems (nicht mehr feste Erde, sondern "feste" Sonne) brachte die Vereinfachung und beschrieb gleichzeitig die Wirklichkeit besser als vorher.

Wichtig: Die richtige Wahl des Bezugssystems ist entscheidend für eine einfache und wirklichkeitsnahe Beschreibung von physikalischen Vorgängen.

Im Buch "Physikvorlesung" (im Prinzip eine Mitschrift der Vorlesung Lichtenbergs aus dem 18. Jahrhundert, veröffentlicht im marixverlag) wird im Kapitel "Wärmelehre" die Wärme als Stoff beschrieben. Man konnte zwar nicht die Teilchen des Wärmestoffs finden, meinte

aber, Wärme müsse auf alle Fälle stoffliche Substanz haben, da man sie z.B. portionieren kann und sie auf Gegenstände übertragen und wieder entfernen kann. Die Erkenntnis, dass Wärme kinetische Energie von Molekülen ist, war damals noch unbekannt.

Wichtig: Wenn sich eine Kraft oder Zustandsänderung zeigt, muss nicht unbedingt eine stoffliche Substanz die Ursache sein.

Nach dem Prinzip von Ockhams Rasiermesser (Ockham 1288-1347,

https://de.wikipedia.org/wiki/Ockhams_Rasiermesser) ist zur Klärung eines Vorganges von allen möglichen ausreichenden Erklärungen die einfachste zu bevorzugen und die zu wählen, die möglichst wenig neue Parameter und wenig neue Hypothesen enthält.

Wichtig: Wenn ein physikalischer Prozess verstanden werden will, sollte man möglichst auf den bekannten physikalischen Erfahrungsschatz zurückgreifen und sparsam mit der Einführung neuer Gesetze sein.

2. Schwarzes Loch - Modell

Der Mathematiker und theoretische Physiker Penrose beschreibt ein vielfach akzeptiertes Modell für schwarze Löcher in etwa so: Es befindet sich so viel Masse in einem Raumbereich, dass die Gravitation und damit die Raumkrümmung so stark wird, dass aus diesem Gebiet nichts mehr entweichen kann, weder Masse noch Strahlung. In diesem Bereich kollabiert die Masse wegen der starken Gravitation und sammelt sich in einem singulären Punkt. Damit ist der Raum des schwarzen Lochs leer bis auf diesen singulären Punkt. Die Gravitation und damit die Raumkrümmung wird um so stärker, je mehr man sich an den singulären Punkt annähert. Tritt nun weitere Masse in den Bereich des schwarzen Lochs, gibt es für sie nur noch den Weg zum singulären Punkt.

Aber kann es überhaupt so einen singulären Punkt geben? Dagegen spricht z.B., dass in solchen singulären Punkten die Quantenmechanik ungültig werden müsste. Nach der

Heisenbergschen Unschärferelation $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4 \cdot \pi}$ würde nämlich in der Singularität wegen

$\Delta x = 0$ der Wert von Δp gegen unendlich gehen, d.h. die Teilchen hätten dort beliebig große Geschwindigkeit, müssten also zwangsweise den Punkt verlassen, was aber wegen der geforderten Eigenschaft der Singularität nicht sein kann.

Außerdem kann Materie nicht beliebig komprimiert werden. Eine Ansammlung von Neutronen, wie sie z.B. als Überbleibsel einer Supernova auftritt, ist die dichteste Form der Materie, die möglich ist.

Wie verhält es sich überhaupt mit der Gravitation innerhalb eines schwarzen Lochs?

Gängig ist die Vorstellung, dass innerhalb des Ereignishorizonts die Gravitation und die Raumkrümmung zunimmt, je mehr man sich dem Zentrum nähert. Dann ist die Folgerung, dass sich die Materie zwangsweise in einem singulären Punkt vereinigen muss, einsichtig.

Meiner Meinung nach sind die Verhältnisse aber anders.

Nehmen wir einmal modellmäßig an, dass sich nach einem Supernova-Ausbruch die Reste sammeln. Dann entsteht eine dichte Ansammlung von Neutronen, wobei weitere Neutronen durch die Vereinigung von Protonen und Elektronen bei großen Druck durch Elektroneneinfang und Aussendung eines Neutrinos ($e^- + p^+ \rightarrow n + \nu$) entstehen. Ich habe durchgerechnet, wie viele Neutronen man benötigt, damit der Neutronen-Ball zu einem schwarzen Loch wird.

Hier die Rechnung für ein nicht rotierendes schwarzes Loch:

Für ein sehr schnell rotierendes schwarzes Loch wären Masse und Schwarzschildradius knapp 3-mal so groß.

$$\text{Gravitationskonstante } G: G = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$$

$$\text{Lichtgeschwindigkeit } c: c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

Masse des Schwarzen Lochs M

$$\text{Schwarzschildradius: } r_s = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2}$$

$$\text{Volumen des Schwarzen Lochs (Kugel) } V_{SL}: V_{SL} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_s^3$$

$$\text{Neutronenmasse } m_n: m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} kg$$

$$\text{Neutronenradius } r_n: r_n = 0,85 \cdot 10^{-15} m$$

$$\text{Neutronenvolumen } V_n: V_n = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_n^3$$

Die "Neutronenkugel" bestehe aus x Neutronen.

$$\text{Dann gilt } V_{SL} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{8 \cdot G^3 \cdot M^3}{c^6} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{8 \cdot G^3 \cdot x^3 \cdot m_n^3}{c^6} = x \cdot V_n = x \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_n^3$$

$$\rightarrow \frac{8 \cdot G^3 \cdot x^3 \cdot m_n^3}{c^6} = x \cdot r_n^3$$

$$\rightarrow x^2 = \frac{r_n^3 \cdot c^6}{8 \cdot G^3 \cdot m_n^3} \rightarrow x = 6,33 \cdot 10^{57} \rightarrow M = 1,06 \cdot 10^{31} kg$$

Ist r_{Sn} der Schwarzschildradius für die "Neutronenkugel", so gilt

$$r_{Sn}^2 = \frac{4 \cdot G^2 \cdot x^2 \cdot m_n^2}{c^4} = \frac{4 \cdot G^2 \cdot r_n^3 \cdot c^6 \cdot m_n^2}{c^4 \cdot 8 \cdot G^3 \cdot m_n^3} = \frac{c^2 \cdot r_n^3}{2 \cdot G \cdot m_n}$$

$$r_{Sn} = \sqrt{\frac{c^2 \cdot r_n^3}{2 \cdot G \cdot m_n}} = 1,572 \cdot 10^4 m = 15,72 km$$

Wie wären nun die Werte für die Gravitation in dieser Neutronenkugel?

Am Rand ist die Gravitation und damit die Krümmung des Raumes so stark, dass nichts den inneren Bereich des schwarzen Lochs verlassen kann.

"Taucht" man nun in die Neutronenkugel ein, so stellt man fest, dass die Gravitation immer schwächer wird, je mehr man sich dem Zentrum nähert. Zum Zentrum hin anziehend wirken nur die Neutronen, die sich in einer Kugel unterhalb des eigenen Radius befinden. Die weiter oben liegenden Neutronen wirken dieser Anziehungskraft entgegen. Genau im Zentrum hat die Gravitation den Wert 0 - man ist dort schwerelos. Angenehm ist es dort natürlich nicht, da die außenliegenden Neutronen auf Grund der Anziehungskraft zur Mitte drücken. Der Raum ist im Zentrum aber nicht gekrümmt.

Vorstellen kann man sich das Ganze wohl besser am Beispiel der Erde. Die größte Anziehungskraft der Erde besteht in Nähe der Erdoberfläche. Zum Weltall hin nimmt die Anziehungskraft wegen $F = G \cdot \frac{m \cdot m_{\text{Erde}}}{r^2}$ quadratisch ab. Beim Einfahren in ein Bergwerk nimmt die Gravitationskraft aber auch ab und wäre im Erdmittelpunkt gleich 0.

Je nach Dichteverteilung nimmt die Schwerkraft unterschiedlich bis auf 0 ab (<https://de.wikipedia.org/wiki/Schwerefeld>). Bei konstanter Dichte ist die Abnahme linear.

Zusätzlich muss man natürlich noch den Einfluss der Rotation des Körpers berücksichtigen. Bei der Erde sind an der Erdoberfläche die Fliehkräfte relativ klein (Auswirkungen im Promillebereich). In einem schwarzen Loch sind die Fliehkräfte im Randbereich aber sehr stark ausgeprägt. Betrachten wir dazu Materie, die um das schwarze Loch rotiert ohne hineinzufallen. Am Ereignishorizont kann sich nur Materie halten, wenn sie sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt bzw. bewegen würde.

Mit $v=c$, den Formeln für die Fliehkraft $F_z = \frac{m \cdot v^2}{r}$ und die Zentralkraft $F_G = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$ ergibt

sich $\frac{m \cdot c^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \rightarrow r = \frac{G \cdot M}{c^2}$, die Formel für den Schwarzschildradius r_s bei stärkster Rotation des schwarzen Lochs. Beim ruhenden schwarzen Loch kommt noch ein Faktor 2 hinzu: $r_s = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2}$ und die Geschwindigkeit wäre etwa 2/3 der Lichtgeschwindigkeit (<https://de.wikipedia.org/wiki/Ereignishorizont>).

Nun zur Frage, wie sich die Masse in einem schnell rotierenden schwarzen Loch verteilt: Angenommen, eine Kugel aus lauter Neutronen ist so angewachsen, dass ein schwarzes Loch entsteht: Dann nimmt vom Ereignishorizont zur Mitte hin die Gravitation ab.

Kommt nun weitere Materie ins schwarze Loch, so wächst mit zunehmender Masse der Schwarzschildradius proportional an und das Volumen des kugelförmig angenommenen schwarzen Lochs wächst mit der 3. Potenz an:

$$r_s = \frac{G \cdot M}{c^2} \rightarrow r_s \sim M \quad \text{und} \quad V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{G^3 \cdot M^3}{c^6} \rightarrow V \sim M^3$$

Diese neue Masse rotierte etwas außerhalb des Ereignishorizonts schon sehr schnell und wird aus Gründen der Impulserhaltung bei geringerem Radius schneller. Da das Volumen des schwarzen Lochs sich stark vergrößert hat, ist knapp unterhalb des Ereignishorizonts nun Raum und die Masse kann in einer stabilen Umlaufbahn rotieren.

Für weiter hinzukommende Masse wiederholt sich der Vorgang: Der Schwarzschildradius und das Volumen werden größer und im neu entstandenen Volumen kann die dazu kommende Masse stabil umlaufen.

Wie bei den Schalen einer Zwiebel füllen nun Materieschichtungen das Volumen des schwarzen Lochs mehr oder weniger gleichmäßig aus.

Wie weiter oben schon beschrieben, wirkt sich weitere Materie so aus, dass die Gravitation zum Zentrum hin abnimmt und im Anfangsstadium sehr eng angeordnete Materie sich im neu geschaffenen Raum verteilen kann.

3. Schwarzes Loch - Entstehung aus einer Supernova

In einem Modell werden hier einzelne Phasen der Entstehung eines schwarzen Lochs aus einer Supernova (<https://de.wikipedia.org/wiki/Supernova>) aufgeführt.

- Ein Stern sehr großer Masse hat am Ende seines Lebenszyklus den Brennstoff verbraucht, kühlt ab, wird kleiner und explodiert dann als Supernova, wobei sehr viel Energie und Materie abgestrahlt werden. Es bleibt aber viel restliche Materie übrig, die sich gravitationsbedingt komprimiert.
- Bei sehr viel übrig bleibender Materie bildet sich ein Neutronenstern.
- Wird weitere Masse hinzugefügt, ergibt sich schließlich ein schwarzes Loch.
- Damit ist aber der Sammlungsprozess noch nicht beendet. Weitere Masse strömt in kürzester Zeit kompakt auf das schwarze Loch zu und vergrößert den Radius und das Volumen des schwarzen Lochs über viele Größenordnungen hinweg. Dabei wird, wie in Kapitel 2 beschrieben, die Masse relativ gleich verteilt im schwarzen Loch angeordnet.
- Sind die Reste eingesammelt, kommt ein ruhigeres Zeitalter. Materie aus der Umgebung des schwarzen Lochs wird zwar aufgenommen, aber nicht mehr in der Menge wie zu Beginn. Jede neue Materie vergrößert aber den Radius und das Volumen und macht die Raumkrümmung im schwarzen Loch "glatter".

4. Ist unser Weltall ein schwarzes Loch?

Gefühlsmäßig wird man diese Idee ablehnen, wenn man sieht, wie unwirtlich es in der Umgebung eines schwarzen Lochs zugeht. Das passt nicht zur tiefen Ruhe, die die Beobachtung des Sternenhimmels in uns erzeugt.

Testen wir einfach mal dieses Modell an Hand von Messungen:

- Durch Auswertung vieler Beobachtungen hat man die Masse und den Radius unseres Universums näherungsweise bestimmt.
Es ergeben sich etwa $M = 10^{53} \text{ kg}$ für die Masse und $r = 46,5 \text{ Mrd. Lichtjahre} = 4,4 \cdot 10^{26} \text{ m}$ für den Radius.

- Der Schwarzschildradius für ein schwarzes Loch mit der Masse $M = 10^{53} \text{ kg}$ ist

$$r_s = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2} = \frac{2 \cdot 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot 10^{53} \text{ kg}}{\left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 1,5 \cdot 10^{26} \text{ m} \quad \text{für ein ruhendes schwarzes Loch}$$

und $r_s = 0,75 \cdot 10^{26} \text{ m}$ für ein maximal schnell drehendes schwarzes Loch.

- Die beiden r -Werte sind fast gleich, vor allem, wenn man bedenkt, dass unser Weltall sicher keine perfekte Kugel ist und dass die Messungen mit den Teleskopen mit Unsicherheiten behaftet sind.
- Diese Übereinstimmung der Werte wird vielfach als "Zufall" eingeordnet. Aber ob Zufall oder nicht: Nach der Definition eines schwarzen Lochs ist, falls die Messungen verlässlich sind, unser Universum ein schwarzes Loch!

- Da unser Weltall die Bedingungen für ein schwarzes Loch erfüllt, aber die Materie nicht in einem singulären Punkt vereinigt ist, kann die theoretische Überlegung, dass in einem rotierenden schwarzen Loch auf alle Fälle ein singulärer Punkt existieren muss, nicht gültig sein.
Die Überlegung, die Annäherung von Masse an den singulären Punkt würde wegen der starken Gravitation nur asymptotisch erfolgen und deshalb unendlich lange dauern, könnte für einen außenstehenden Beobachter relevant sein. Wir als mitbewegte Beobachter würden aber die Zeitdehnung nicht bemerken.

5. Vergleich Standardmodell der Kosmologie - Schwarzes-Loch-Modell

Wenn das Schwarzes-Loch-Modell tragfähig sein soll, muss es die Erkenntnisse aus dem Standardmodell auch überzeugend erklären können und das möglichst auf einfachere Art und Weise.

- Urknall aus einer Singularität heraus →
Entstehung eines schwarzen Lochs als geballte Neutronenansammlung, wahrscheinlich auf Grundlage eines Neutronenstern mit folgender Materieaufnahme.
- Kosmische Inflation - der Raum vergrößert sich in minimaler Zeit um viele Größenordnungen →
Weitere Materieaufnahme aus der Umgebung der Neutronenkugel und damit Vergrößerung des Schwarzschildradius und des Volumens.
- Homogenität der Masseverteilung durch kosmische Inflation →
Beim Zusammensturz der Reste der Supernova kommen diese Reste relativ kompakt und damit in einem kurzen Zeitbereich beim schwarzen Loch an. Mit kontinuierlicher Aufnahme von Materie wächst der Schwarzschildradius kontinuierlich an. Durch die Rotation der Masse tritt aufgenommene Masse in stabile Umlaufbahnen ein, wobei diese Umlaufbahnen wegen der Vergrößerung des Schwarzschildradius immer in dem neu geschaffenen Raum bleiben. Dadurch verteilt sich die Masse relativ homogen im Raum des schwarzen Lochs.
- Weitere Ausdehnung des Weltalls nach der Inflationsphase →
Nachdem die kompakten Reste des Sterns ins schwarze Loch aufgenommen wurden, wird später in verringertem Maß Materie aus dem übergeordneten Universum hinzugefügt.

6. Dunkle Energie

Nach der Urknall-Kosmologie müsste auf Grund gravitativer Anziehung die Ausdehnung der Materie im Weltall eigentlich abnehmen. Es wird aber eine verstärkte Ausdehnung des Weltalls registriert (beginnend 6,1 Mrd. Jahre nach dem Urknall, siehe

https://de.wikipedia.org/wiki/Dunkle_Energie). Ursache soll eine "dunkle Energie" sein, deren Existenz und Eigenschaft aber längst nicht überzeugend nachgewiesen ist.

Nimmt man dagegen an, dass unser Weltall ein schwarzes Loch im einem übergeordneten Universum ist, so könnte die Ausdehnung des Weltalls damit zusammenhängen, dass vermehrt Materie aus dem übergeordneten Weltall ins schwarze Loch aufgenommen wird.

Damit wird der Radius des schwarzen Lochs größer und durch die im äußeren Bereich hinzu kommende Materie wird die Gravitation im Inneren herabgesetzt.

Die Winkelgeschwindigkeit einer Masse im Innern ist damit zu groß für die jeweilige stationäre Kreisbahn und die Masse wird auf eine höhere Kreisbahn angehoben.

Da die Änderung der Bahnkurve um so größer ist, je weiter außen sich die Masse befindet, nimmt der Abstand zwischen den Massen zu.

Durch die immer wiederkehrende Vergrößerung des Volumens wird der Gradient der Gravitation immer kleiner, sodass die Krümmung des Raumes immer mehr abnimmt und die Geometrie des Raumes für einen Beobachter immer flacher wird.

7. Dunkle Materie

In der Nähe des Ereignishorizonts befindet sich alles in schneller Rotation um das Zentrum des schwarzen Lochs herum. Dieser Zustand ändert sich nicht, wenn die Materie in das schwarze Loch aufgenommen wird. Aus Gründen der Drehimpulserhaltung wird die Geschwindigkeit sogar größer, wenn der Radius der Kreisbahn kleiner wird.

Bevor Materie ins schwarze Loch strömt, wird der Ursprungskörper, z.B. ein umlaufender Stern, in seine Bestandteile zerlegt, gelangt als langgezogene Teilchenwolke ins Innere des schwarzen Lochs und kreist dann in Form eines Kugeloberflächenausschnitts um das Zentrum des schwarzen Lochs. Passen Geschwindigkeit und Radius der Bahn zusammen, herrscht für die bewegten Teilchen Schwerelosigkeit (wie für die Astronauten auf der ISS). Innerhalb der rotierenden Materiewolke werden sich aber durch gravitative Kräfte Materieansammlungen bis hin zu Sonnen und Planeten bilden. Dabei wird die Achse der sich ergebenden Galaxis in Richtung auf das Zentrum des schwarzen Lochs ausgerichtet sein. Wegen der schnellen Rotation der Galaxis um das Zentrum des schwarzen Lochs wirken Gezeitenkräfte auf die Himmelskörper in der Galaxis ein. Während das Zentrum der Galaxis gedehnt wird zum Zentrum des schwarzen Loch hin und von diesem weg, werden die Außenbereiche der Galaxis zum Zentrum der Galaxis hingezogen.

Das könnte erklären, warum Galaxien wie unsere Milchstraße im Zentrum eine Bulge (<https://de.wikipedia.org/wiki/Bulge>) besitzen und warum die weit außen befindlichen Sonnensysteme,

die unter Berücksichtigung der Galaxienmasse eigentlich nicht auf ihrer Bahn gehalten werden könnten, dennoch die Galaxis nicht verlassen.

Man nimmt an, dass die fehlende Masse, die eigentlich vorhanden sein müsste, um die äußeren Sonnensysteme zu halten, aus dunkler Materie (https://de.wikipedia.org/wiki/Dunkle_Materie) bestehen. Als deren Bestandteile wird z.B. die Existenz von Wimps (<https://de.wikipedia.org/wiki/WIMP>) postuliert, die zwar gravitative Wirkung zeigen, aber keine elektromagnetische Wechselwirkung aufweisen. Gefunden hat man aber trotz intensiver Suche diese Teilchen bis heute nicht.

Auf die Forderung zur Existenz der dunklen Materie könnte man verzichten, wenn man akzeptiert, dass Gezeitenkräfte (<https://de.wikipedia.org/wiki/Gezeitenkraft>) bei schneller Rotation den Effekt der fehlenden Masse bewirken würden.

8. Mikrowellen-Hintergrundstrahlung

Aus jeder Richtung des Weltalls erreicht eine relativ homogene Strahlung die Erde im Mikrowellenbereich (<https://de.wikipedia.org/wiki/Hintergrundstrahlung>).

Man nimmt an, dass sie kurz nach dem Urknall entstanden ist und auf Grund der Ausdehnung des Weltalls energieärmer geworden ist. Theoretisch wurde eine solche Strahlung schon 1933 postuliert, während sie erst in den 1960-er Jahren eher zufällig gemessen wurde. Die Vorhersage ging allerdings von einer etwas energiereicheren und homogenen Strahlung aus. Die Existenz der Strahlung wird als Beleg für die Richtigkeit des Λ CDM-Modells angesehen.

Falls unser Universum tatsächlich ein schwarzes Loch sein sollte, könnte aber auch eine andere Ursache für die Entstehung der Mikrowellenstrahlung in Frage kommen:

Die in der Nähe des Ereignishorizonts um ein schwarzes Loch kreisende Materie enthält viele geladene Teilchen, die sich mit großer Geschwindigkeit auf einer Kreisbahn bewegen. Dabei wird Synchrotronstrahlung (<https://de.wikipedia.org/wiki/Synchrotronstrahlung>) in tangentialer Vorwärtsrichtung ausgesendet. Die Wellenlänge der Synchrotronstrahlung reicht vom Radiobereich bis in den Röntgenbereich.

Die um das schwarze Loch kreisende Materie kann sich außerhalb des Ereignishorizonts halten, wenn die Geschwindigkeit groß genug ist. Dann wird energiereiche Synchrotronstrahlung erzeugt. Ist die Geschwindigkeit aber zu gering, fällt die Materie in das schwarze Loch und die entsprechende energieärmere Strahlung (Mikrowellenstrahlung) wird dann in den Innenbereich des schwarzen Lochs abgegeben.

Die von allen Seiten eintreffende kosmische Hintergrundstrahlung könnte also auch die Synchrotronstrahlung sein, die von ständig neu ins schwarze Loch kommender Materie ausgesendet wird. Damit würden auch die Ungleichmäßigkeiten des Mikrowellenhintergrunds verständlich werden.

9. Schlussbemerkungen

Die hier vorgestellten Modelle zu schwarzen Löchern und zur Kosmologie widersprechen den von den meisten Fachleuten bevorzugten Modellen. Wenn hier Alternativen vorgestellt werden, dann aus folgenden Gründen:

- Messungen mit dem James-Webb-Teleskop (<https://de.wikipedia.org/wiki/James-Webb-Weltraumteleskop>, siehe dort unter "Missionsverlauf") haben Erkenntnisse gebracht, die gegen das Standardmodell der Kosmologie sprechen:
 - Die Rotation der Galaxien im Weltraum ist nicht gleich verteilt, wie man es eigentlich angenommen hat: Etwa 2/3 der Galaxien drehen sich in die eine, 1/3 in die andere Richtung.
 - Im ältesten Bereich des Universums hat man eigenartige "rote Punkte" gefunden, die wahrscheinlich supermassereiche schwarze Löcher sind. Stern- und Galaxienbildung im jungen Universum sind eigentlich im Standardmodell in diesem Umfang ausgeschlossen.
- Singuläre Punkte mit großer Masseansammlung widersprechen der Quantenmechanik.
- Theorien zur dunklen Energie haben Voraussagen gemacht, die durch überprüfende Versuche nicht bestätigt wurden.
- Existenz dunkler Materie wird seit Jahrzehnten gefordert, aber die entsprechenden Teilchen sind bis heute nicht gefunden worden.
- Die kosmische Inflation wird willkürlich angenommen um die Gleichverteilung der Materie im Weltraum zu begründen.

Die Annahme, dass unser Weltall ein schwarzes Loch ist und dass unser Bezugssystem, aus dem wir das Weltall betrachten, ein beschleunigtes System (Kreisbewegung) ist, führt dagegen ohne neue Parameter einzuführen zu Lösungen.