



Greselius Gymnasium Bramsche

Jahrgang 12

Seminarfach Astronomie

Schuljahr 20/21

# Singularitäten in der Raumzeit Facharbeit von Erik Rosner

Abgabe : Bramsche, den 16.03.2021

Fachlehrer : Herr Riemer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung</b> .....	2
<b>2. Grundwissen</b> .....	3
2.1 Raumzeit und Relativitätstheorie.....	3
2.2 Newtonsches Gravitationsgesetz.....	4
2.3 Abschluss Grundwissen.....	4
<b>3. Singularitäten</b> .....	5
3.1 Was ist eine Singularität?.....	6
3.2 Schwarze Löcher.....	7
3.2.1 Wie sind schwarze Löcher aufgebaut.....	7
3.2.2 Nicht-rotierende schwarze Löcher und die Punktsingularität.....	7
3.2.3 Rotierende schwarze Löcher und die Ringsingularität.....	7
3.2.4 Fall in ein schwarzes Loch.....	8
3.3 Weiße Löcher und Einstein-Rosen-Brücken.....	9
3.4 Das Singularitäten-Problem.....	11
3.3 Urknall.....	12
3.3.1 Geschichte.....	12
3.3.2 Urknall nach Hawking.....	12
3.3.3 Urknall als weißes Loch.....	13
3.3.3 Der „Urprall“.....	13
<b>4. Fazit</b> .....	14
<b>5. Quellenverzeichnis</b> .....	15
<b>6. Versicherung der selbständigen Erarbeitung und Anfertigung der Facharbeit</b> .....	17

# 1. Einführung

Wer den Film „Interstellar“ gesehen hat, kennt sich vermutlich bestens aus mit Wurmlochern: Große, von fünfdimensionalen Menschen erschaffene Löcher, die sowohl das Reisen durch die Zeit, als auch die Kommunikation mit Menschen in der Vergangenheit ermöglichen – oder so ähnlich zumindest. Es ist wahrscheinlich nicht zu weit aus der Tasche gegriffen zu sagen, dass Singularitäten in der Raumzeit viele Menschen auf der Welt zum Nachdenken angeregt haben, wissentlich oder nicht. Fragen wie „Was war der Urknall?“, „Was löste ihn aus?“, „Was passiert, wenn ich in ein schwarzes Loch falle?“ oder „Wie kann es sein, dass schwarze Löcher scheinbar unendlich viel Materie in sich aufnehmen können, wobei es doch sicherlich eine maximale Dichte gibt?“ haben mit hoher Wahrscheinlichkeit schon Platz in den Gedanken vieler gefunden. Antworten auf diese Fragen zu finden, wäre natürlich einfacher, wenn man zumindest eine dieser Singularitäten in greifbarer Nähe hätte oder den Urknall mit eigenen Augen beobachten könnte. Dies ist jedoch nicht realisierbar.

In dieser Facharbeit über das Thema „Singularitäten in der Raumzeit“ soll versucht werden, viele dieser Fragen verständlich zu erklären. Die Schwerpunkte liegen dabei darauf, zu vermitteln, was eine Singularität überhaupt ist, was ihre Eigenschaften sind und daraufhin die Zusammenhänge von Singularitäten und allgemein bekannteren Begriffen zu erklären. Diese werden größtenteils schwarze Löcher und der Urknall sein. Probleme der momentanen Definition der Singularitäten werden ebenfalls thematisiert.

Anfangs werden die für das Verständnis nötigen Grundkenntnisse erklärt. Diese umfassen Theorien und Gesetze im Bezug auf Zeit und Raum und der Erklärung der sogenannten „Raumzeit“, welche eine größere Rolle spielen wird, und sich vielleicht vom verbreiteten Verständnis von Zeit und Raum im Zusammenhang unterscheidet. Daraufhin wird der Begriff des Wortes

„Singularität“ geklärt und die Fragen, was Singularitäten sind und welche Arten es gibt oder geben kann, werden im folgenden Bezug zu schwarzen Löchern beantwortet. Das vorhandene Wissen über Singularitäten lässt sich dann auf weitere Konstrukte anwenden, die ebenfalls eine solche aufweisen. Schwerpunktmäßig werden das die weißen Löcher und der Urknall sein. Die Problematik der Idee der schwarzen Löcher soll dabei unter anderem vermittelt werden. Zum Schluss werden letzte Überlegungen zusammengefasst.

## 2. Grundwissen

Um die in dieser Arbeit behandelten Inhalte verstehen zu können, bedarf es an Grundwissen über die folgenden Themen :

### 2.1 Raumzeit und Relativitätstheorie

Die Raumzeit nach Albert Einstein ist ein Konstrukt, das aus dem dreidimensionalen Raum und der eindimensionalen Zeit zu einer vierdimensionalen sogenannten „Raumzeit“ zusammengefügt wird. Raum und Zeit sind also voneinander abhängig. Diese Idee wurde 1905 in der speziellen Relativitätstheorie veröffentlicht, in der von ihm zehn Jahre später aufgestellten allgemeinen Relativitätstheorie jedoch ist die Raumzeit kein starres, unveränderliches Konstrukt, sondern wirkt flexibel und kann sowohl durch Masse, als auch Energie gekrümmt werden.<sup>1</sup> Unsere Sonne zum Beispiel krümmt die Raumzeit um sich herum so stark, dass Sterne, die eigentlich hinter der Sonne liegen, neben ihr noch sichtbar sind. Die Lichtstrahlen dieser Sterne werden also durch die Masse und Energie der Sonne gekrümmt und erreichen uns. <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>[https://de.wikipedia.org/wiki/Relativit%C3%A4tstheorie#Die\\_allgemeine\\_Relativit%C3%A4tstheorie](https://de.wikipedia.org/wiki/Relativit%C3%A4tstheorie#Die_allgemeine_Relativit%C3%A4tstheorie)

<sup>2</sup>Nachgewiesen wurde dies bei einer Sonnenfinsternis am 29. Mai 1919  
<https://www.tagesspiegel.de/wissen/entscheidender-beweis-vor-100-jahren-wie-einstein-durch-eine->

Dabei wird aber nicht nur der Raum, sondern auch die Zeit gekrümmt, denn diese wird durch Gravitation und auch Bewegung für einen Beobachter verändert. Für eine Person, auf die hohe Gravitation ausgeübt wird oder die sich schnell bewegt, scheint sich die Zeit auf außenstehende Beobachter langsamer zu vergehen. Anders herum scheint sich für diese Person die Umgebung schneller zu bewegen. Diesen Effekt nennt man „Zeitdilatation“.<sup>3</sup>

## 2.2 Newtonsches Gravitationsgesetz

Laut dem „Newtonschen Gravitationsgesetz“ erzeugt jeder Körper, der eine Masse hat, Gravitation. Die Richtung, in die die Anziehungskräfte wirken, ist die verbindende Linie der Schwerpunkte der beiden Objekte. Je schwerer die Objekte sind, desto mehr Gravitation erzeugen sie, je weiter man von ihnen entfernt ist, desto schwächer sind diese Kräfte.<sup>4</sup>

## 2.3 Abschluss Grundwissen

Da laut Newtons's Gesetz Masse Anziehung erzeugt und laut Einstein unter anderem Masse eine Krümmung in der Raumzeit hervorruft, kann man abschließend zusammenfassen, dass Anziehung, also Gravitation, das Ergebnis einer Krümmung der Raumzeit ist. Man kann es sich wie bei einem Trampolin vorstellen, auf das man eine große Masse legt: Die Masse

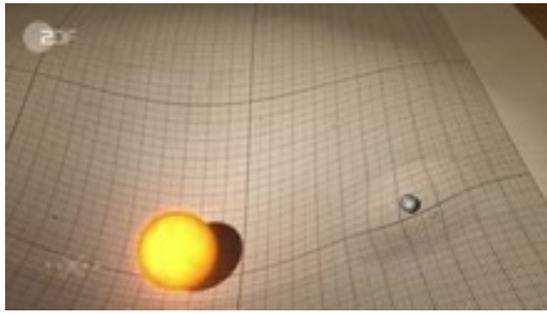
---

[sonnenfinsternis-bestaetigt-wurde/24391830.html](https://www.sonnenfinsternis-bestaetigt-wurde/24391830.html)

<sup>3</sup><https://abenteuer-universum.de/einstein/zeit.html#:~:text=Durch%20Einsteins%20Relativit%C3%A4tstheorie%20wissen%20wir,umso%20langsamer%20verl%C3%A4uft%20die%20Zeit.>

<sup>4</sup><https://www.leifiphysik.de/mechanik/gravitationsgesetz-und-feld/grundwissen/gravitationsgesetz-von-newton#:~:text=Alle%20K%C3%B6rper%20%C3%Bcber%20aufgrund%20ihrer, die%20man%20als%20Gravitationskr%C3%A4fte%20bezeichnet.&text=Der%20Betrag%20ist%20proportional%20zu,des%20Abstandes%20ihrer%20beiden%20Schwerpunkte.>

erzeugt bei dem Trampolin eine trichterähnliche Form, was die Krümmung der Raumzeit darstellt, und alles was sich dem Trichter nähert, wird zur Mitte gezogen oder: Alles was sich dem Gravitationsfeld eines massereichen Körpers nähert, wird zur Mitte gezogen. Wichtig ist, dass diese Verbildlichung nur die Wirkung eines Körpers auf die umliegenden Körper in Bezug auf die Raumzeit zeigt, natürlich herrscht im Universum keine allgemeine Gravitation, die einen Körper auf eine Fläche drückt, welche tatsächlich wie ein Trampolin gekrümmt wird.



Die Ausnahme bei der tatsächlichen Krümmung der Raumzeit ist dabei außerdem, dass bei hoher Gravitation oder Geschwindigkeit zusätzlich die Zeit langsamer verläuft.<sup>6</sup>

### 3. Singularitäten

Wichtig ist, dass es in dieser Arbeit *nicht* um Koordinatensingularitäten geht, diese sind nämlich Orte, die keine besonderen Eigenschaften haben außer, dass sie für ein *bestimmtes* Koordinatensystem nicht definiert sind. Nord- und Südpol sind Beispiele für solche Orte, da sich dort alle Längengrade schneiden.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup><https://bit.ly/3vsIgBh>

<sup>6</sup><https://de.wikipedia.org/wiki/Raumkr%C3%BCmmung>

<sup>7</sup><https://de.wikipedia.org/wiki/Koordinatensingularit%C3%A4t>

### 3.1 Was ist eine Singularität?

Kommen wir nun zu den eigentlichen Singularitäten in der Raumzeit: Den Krümmungssingularitäten.

Wie bereits im Grundwissen erwähnt besitzt Masse die Eigenschaft, die Raumzeit zu krümmen und dadurch Gravitation zu erzeugen, je höher die Masse, desto größer der Effekt. Nun scheint es dadurch aber auch Orte zu geben, an denen diese Krümmung scheinbar ins Unendliche strebt, da sehr viel Masse oder Energie an einem Punkt angestaut ist. Die Folge: Dieser Punkt erzeugt Gravitation, welche so stark ist, dass ein Bereich entsteht, der von unserem Universum getrennt scheint.<sup>8</sup> Man kann es sich so vorstellen: Ein Körper bewegt sich auf einer sogenannten „Geodäte“ durch die Raumzeit, vereinfacht gesagt einer geraden kürzesten Linie von einem Punkt zum nächsten.<sup>9</sup> Wenn wir nun wieder die Idee eines Trampolins betrachten, auf dem ein Ball liegt, dann bewegt sich der Körper an dem Ball vorbei, durchläuft aber den gekrümmten Raum. Wenn aber dieser Ball so schwer ist, dass er das Trampolin unendlich stark nach unten krümmt, dann bewegt sich der Körper in das von ihm gekrümmte Feld und kommt nie wieder aus der anderen Seite heraus, er scheint zu verschwinden.<sup>10</sup> Solche Orte, wo Objekte zu verschwinden scheinen oder in anderen potenziellen Fällen aus dem Nichts auftauchen, nennt man in der Astronomie Singularitäten. Sie sind im Inneren schwarzer Löcher zu finden, auch der Urknall oder weiße Löcher könnten ein Ergebnis der Ausdehnung einer Singularität sein.

---

<sup>8</sup>[https://de.wikipedia.org/wiki/Singularit%C3%A4t\\_\(Astronomie\)#:-:text=Als%20Singularit%C3%A4t%20bezeichnet%20man%20in,umgangssprachlich%20also%20%E2%80%9Eunendlich%E2%80%9C%20ist.](https://de.wikipedia.org/wiki/Singularit%C3%A4t_(Astronomie)#:-:text=Als%20Singularit%C3%A4t%20bezeichnet%20man%20in,umgangssprachlich%20also%20%E2%80%9Eunendlich%E2%80%9C%20ist.)

<sup>9</sup><https://www.biancahoegel.de/wissen/navigation/geodaete.html>

<sup>10</sup><https://www.einstein-online.info/spotlight/singularitaeten/>

## 3.2 Schwarze Löcher

### 3.2.1 Wie sind schwarze Löcher aufgebaut

Bei schwarzen Löchern ist sämtliche Materie bei der Krümmungssingularität im Inneren, die schwarze Umrandung selbst ist der sogenannte „Ereignishorizont“. Er ist schwarz, da an diesem Punkt die Gravitation der Singularität stärker ist, als die Lichtgeschwindigkeit. Folglich kann von dort kein Licht oder andere Informationen entkommen. Es gibt zwei grundsätzliche Arten von schwarzen Löchern; die rotierenden und die nicht-rotierenden.<sup>11</sup>

### 3.2.2 Nicht-rotierende schwarze Löcher und die Punktsingularität

Mathematisch können nicht-rotierende schwarze Löcher existieren, so sind die Singularitäten punktförmig und haben einen Radius von Null<sup>12</sup>. Allerdings ist die Existenz solcher Löcher eher unwahrscheinlich, da ein schwarzes Loch entstehen kann, wenn vereinfacht gesagt ein massereicher Stern am Ende seiner Lebenszeit in sich zusammen fällt. Sterne rotieren und besitzen einen sogenannten „Drehimpuls“, diesen geben sie nach ihrem Ableben an die potenziell entstehenden schwarzen Löcher weiter.<sup>13</sup>

### 3.2.3 Rotierende schwarze Löcher und die Ringsingularität

Wahrscheinlicher als statische schwarze Löcher ist also die Existenz von rotierenden Löchern mit einer rotierenden Singularität. Was an dieser Stelle jedoch paradox klingt: Obwohl die Singularität genau wie bei den nicht-

---

<sup>11</sup>[https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes\\_Loch#:~:text=Ein%20Schwarzes%20Loch%20ist%20ein,Bereich%20verlassen%20oder%20durchlaufen%20kann.](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch#:~:text=Ein%20Schwarzes%20Loch%20ist%20ein,Bereich%20verlassen%20oder%20durchlaufen%20kann.)

<sup>12</sup>ELSÄSSER, DOMINIK: Urknall, Sterne, schwarze Löcher Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Universums, Dortmund, 2017 S.65

<sup>13</sup><https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/schwarzschild-loesung/431>

rotierenden Löchern einen Radius von Null zu haben scheint, rotiert sie und soll aus Symmetriegründen die Form eines Ringes haben.<sup>14</sup>

### 3.2.4 Fall in ein schwarzes Loch

Unabhängig davon, ob die Singularität im Inneren rotiert oder nicht, was würde passieren, wenn man in ein schwarzes Loch fällt oder es zu erforschen versucht? Würde man sich einem kleinen schwarzen Loch nähern, so würde man sehr früh zerrissen werden, da die Singularität dann nicht weit vom Ereignishorizont entfernt ist. Bei sehr massereichen Singularitäten hingegen müsste man eine größere Strecke zurücklegen, um vom Horizont zur Singularität zu gelangen. Es besteht also von der Distanz her die Chance, nicht direkt zerrissen zu werden.

Ein Effekt, der beim Annähern an den Ereignishorizont auftritt, ist die Gravitationsrotverschiebung.<sup>15</sup> Wie schon am Ereignishorizont erklärt, muss Licht genauso wie Masse gegen die Gravitation ankämpfen. Der Ereignishorizont ist der Punkt, an dem Licht überhaupt nicht mehr entkommen kann, aber auch schon vor dem Horizont werden Objekte dunkler und wirken rötlicher, da die Gravitation die Wellen dehnt, und sie dadurch langwelliger, also rötlicher, erscheinen.<sup>16</sup>

Anders herum erfährt der Fallende von der „Außenwelt“ eine gravitative Blauverschiebung.<sup>17</sup>

Außerdem gibt es noch die im Grundwissen erwähnte Zeitdilatation. Beobachtende würden in ihren Lebzeiten nicht sehen, wie etwas den Ereignishorizont durchquert, da das Licht, das der Körper ausstrahlt am Horizont aufgrund der Gravitation eine unendliche Zeit braucht, bis

---

14<https://youtu.be/yC7NBHCAjEU> 8:24

15<https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/gravitations-rotverschiebung/151>

16<https://youtu.be/MrsyaY8n1Dg>

17<https://youtu.be/hYNUdjEQAvI> 8:59

Außenstehende erreicht werden, selbiges gilt auch für andere wellenartige Signale. Für den Fallenden hingegen verhält sich die Zeitkrümmung so, dass sich für ihn der Beobachter und alles andere außerhalb des Gravitationsfelds der Singularität unendlich schnell bewegt. Dieser Effekt wird stärker, je näher man an der Singularität ist. Wenn die Raumzeit-Krümmung an der Singularität tatsächlich als unendlich definiert wird, kann man als weiteren wichtigen Aspekt der Singularitäten schwarzer Löcher zusammenfassen, dass diese in unendlicher Zukunft von uns entfernt sind.<sup>18</sup> Ein weiterer Effekt, der beim Fall auftritt, ist die sogenannte „Spaghettisierung“<sup>19</sup>, Ein Körper, der sich der Singularität nähert, wird zum Mittelpunkt hin in die Länge gezogen. Verbildlicht: Fällt man mit den Füßen voran in das Loch, so wirkt die Gravitation am unteren Teil des Körpers stärker als am Kopf. Da die Singularität dort stärker zieht, werden die Beine in die Länge gezogen. Schließlich würde man irgendwann in der Singularität im Inneren landen und in ihr aufhören zu existieren.<sup>20</sup>

### **3.3 Weiße Löcher und Einstein-Rosen-Brücken**

Doch es gibt laut der Relativitätstheorien nicht nur Singularitäten, die alles in sich aufnehmen, sondern auch solche, die Materie ausstoßen. Diese sind die sogenannten weißen Löcher, welche ebenfalls eine Singularität aufweisen, sie sind jedoch nur theoretisch möglich und wurden bisher nicht nachgewiesen.<sup>21</sup>

Da die allgemeine Relativitätstheorie die Zeit als abhängige Größe beschreibt, könnte sie laut ihr theoretisch auch rückwärts verlaufen. Der Effekt auf die Raumzeitkrümmung bei einer Singularität wäre dann nicht, dass die Raumzeit zu ihr hin gekrümmt und damit Gravitation erzeugt wird,

---

<sup>18</sup><https://youtu.be/S4aqGI1mSqo>

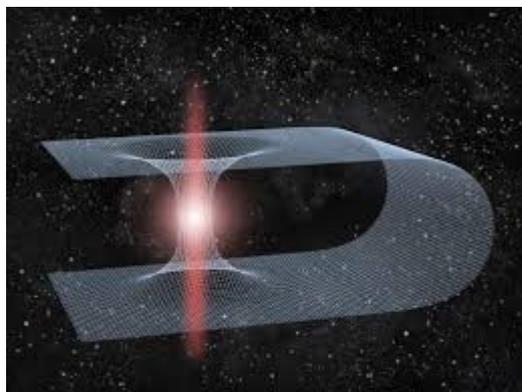
<sup>19</sup><https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Spaghettisierungv>

<sup>20</sup>ELSÄSSER, Urknall sterne schwarze Löcher S.187

<sup>21</sup>[https://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fes\\_Loch](https://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fes_Loch)

die ein Objekt in die Richtung der Singularität zieht. Der Effekt wäre, dass Materie aus der Singularität austritt und sich ihr ab einem bestimmten Punkt nichts mehr nähern kann.<sup>22</sup> Da die Zeit für ein weißes Loch also anders herum verlaufen muss, ist die Singularität im Inneren im Gegensatz zu der des schwarzen Lochs also nicht in einer unendlich entfernten Zukunft, sondern in einer unendlich entfernten Vergangenheit. Da sowohl massenhafte Teilchen wie auch Strahlen demnach eine unendlich lange Zeit brauchen würden, um bei uns anzukommen, würden wir sie niemals sehen oder gar empfangen.<sup>23</sup>

Dabei besteht mathematisch gesehen auch die Möglichkeit, dass die gekrümmten Raumzeiten schwarzer und weißer Löcher sich miteinander verbinden und dadurch ein Tunnel zwischen zwei Orten in der Raumzeit entsteht, der passiert werden könnte, um in kürzerer Zeit größere Distanzen im Universum überqueren zu können. Das Modell eines solchen Tunnels wurde erstmals von Albert Einstein und Nathan Rosen überlegt, daher der Name „Einstein-Rosen-Brücken“.<sup>24</sup>



25

---

22<https://www.spektrum.de/lexikon/astonomie/weisse-loecher/524>

23<https://youtu.be/S4aqGI1mSgo>

24<https://www.scinexx.de/dossierartikel/kosmische-abkuerzung/>

25<https://bit.ly/3lhNGul>

Bei solchen Brücken fallen die Singularitäten im Inneren weg, die Gravitation wäre allerdings trotzdem immernoch so hoch, dass der Tunnel sehr instabil wäre und beim Passieren von Körpern vermutlich zusammenstürzen würde. Diese Idee ist allerdings eine rein hypothetische und es wurde bisher nicht nachgewiesen, ob das abstoßend wirkende Ende einer dieser Brücken in einem anderen Teil unseres Universums oder in einem ganz anderen Universum enden würde<sup>26</sup> oder ob weiße Löcher als Anhaltspunkt überhaupt existieren können.

### 3.4 Das Singularitäten-Problem

Ein Problem bei Singularitäten liegt in ihrer Definition: In der allgemeinen Relativitätstheorie sind Singularitäten als Punkte mit einem Radius von Null, aber unendlicher Dichte und Energie definiert, ebenso werden sie in vielen Quellen demnach dargestellt. Doch wie ist das möglich? Dass jede dieser Singularitäten genau diese Eigenschaften aufweisen soll, es dennoch unterschiedlich große schwarze Löcher gibt, ist paradox. Außerdem gehen Physiker davon aus, dass jede physikalische Größe endlich und lösbar ist.<sup>27</sup> Die allgemeine Relativitätstheorie beschreibt die Raumzeit-Krümmung zwar recht gut, verliert bei sehr kleinen Skalen allerdings an Präzision, da sie für  $r=0$  nicht lösbar ist oder zumindest kein logisches Ergebnis hergibt. „Eine solche Singularität markiert die Stelle, an der die bekannten Gesetze der Physik versagen, und bedeutet somit das Ende der Gültigkeit klassischer Theorien.“<sup>28</sup> „Was heißt es, dass es einen Punkt mit unendlicher Dichte aber ohne Ausdehnung gibt? Die allgemeine Relativitätstheorie kann uns darüber nichts verraten, denn die Mathematik ist nicht lösbar.“<sup>29</sup> Eine sich derzeit

---

26.<https://de.wikipedia.org/wiki/Wurmloch>

27.<https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/schwarze-loecher/>

28CAMENZIND, MAX: Gravitation und Physik kompakter Objekte, Eine Einführung in die Welt der Weißen Zwerge, Neutronensterne und Schwarzen Löcher, Berlin Heidelberg, 2016 S.303

29CLARK, STUART: Das unbekannte Universum Raum, Zeit und die moderne Kosmologie, London, 2017 S.149-150

noch in Entwicklung befindende Theorie ist die der „Quantengravitation“, welche vereinfacht gesagt die allgemeine Relativitätstheorie auf eben diesen kleinen Skalen anwendbar machen soll, indem unter anderem berücksichtigt wird, dass Materie nicht beliebig kleine Zustände annehmen kann, sondern eine minimale Größe hat.<sup>30</sup>

## **3.3 Urknall**

### **3.3.1 Geschichte**

Der sogenannte „Urknall“ geschah vor circa 13,8 Milliarden Jahren, wo das Universum, wie wir es heute kennen, entstand. Dieses dehnt sich immer noch aus.<sup>31</sup>

Verfolgt man diese Ausdehnung jedoch rückwärts, so gelangt man an einen Zustand, an dem Materie noch auf kleinem Raum zusammen und die Temperatur sehr heiß war, am Urknall selbst werden diese Werte unendlich, man gelangt erneut zu einer Singularität. Doch auch hier ranken sich verschiedene Theorien und Fragen, wie ein Punkt ohne Ausdehnung und ohne gegebener Raumzeit das Universum erschaffen konnte, quasie wie und wann die Existenz begann.<sup>32</sup>

### **3.3.2 Urknall nach Hawking**

Stephen Hawking hatte den Urknall etwas vereinfacht erklärt: Er war der Anfang vom Räumlichen, aber auch eben der Anfang der Zeit selbst, weshalb die Frage nach dem „wann“ überflüssig sei. Das flexible voneinander abhängige Konzept einer Raumzeit begann erst mit dem

---

<sup>30</sup><https://www.einstein-online.info/category/einstein-fuer-einsteiger/relativitaet-und-quanten-einstein-fuer-einsteiger/> <https://youtu.be/V06L2ya3XIQ>

<sup>31</sup><https://www.planet-wissen.de/natur/weltall/universum/pwiederurknall100.html>

<sup>32</sup>LEMMER BORIS, BAHR BENJAMIN, RINA PICCOLO: Quirky Quarks, Mit Cartoons durch die unglaubliche Welt der Physik, Berlin Heidelberg, 2017 S.97

Urknall. Er solle also der Anfang aller Existenz gewesen sein, davor war nichts.<sup>33</sup>

### 3.3.3 Urknall als weißes Loch

Eine Theorie ist, dass der Urknall ein weißes Loch war, da diese ähnliche Eigenschaften aufweisen: Ein Ausstoß von Energie und ein Bereich, der wegen starken abstoßend wirkenden Kräften nicht von außen betreten werden kann. Das Problem hierbei ist, dass der Urknall im Gegensatz zu einem potenziellen weißen Loch keine Position besitzt, der man sich nähern kann, denn es gibt keinen definierten Ort für den Urknall, er beschreibt lediglich die Existenz und Expansion der Raumzeit. Er fand also überall statt. Im Gegensatz sind weiße Löcher, wenn es sie denn gibt, Orte, die man als Beobachter in der Raumzeit sehen könnte.<sup>34</sup>

### 3.3.3 Der „Urprall“

Eine Theorie, die das Problem der klassischen Urknallingularität mit unendlicher Dichte und Temperatur ohne Zeit und Raum beseitigen könnte, ist die „Urprall“-Theorie. Laut dieser war der Urknall nicht der Anfang der Existenz, sondern das Ergebnis der Kontraktion eines vorherigen Universums. Gravitation und Physik S.303 Demnach würden Universen also periodisch entstehen, der kleinste dabei entstehende Punkt zwischen dem Kollaps eines Universums und der Entstehung eines neuen hätte außerdem eine endliche Größe, da die Raumzeit in dieser Theorie quantisiert werden soll, somit also keine unendlichen Werte bei einem nicht-existierenden Radius entstehen können.<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup><https://www.businessinsider.de/wissenschaft/stephen-hawking-hatte-eine-absolut-erstaunliche-theorie-darueber-was-vor-dem-urknall-war/>

<sup>34</sup> <https://youtu.be/S4aqGI1mSgo> [https://en.wikipedia.org/wiki/White\\_hole](https://en.wikipedia.org/wiki/White_hole)

<sup>35</sup>[https://de.wikipedia.org/wiki/Big\\_Bounce](https://de.wikipedia.org/wiki/Big_Bounce) (englische Seite)

## 4. Fazit

Letztenendes kann man zusammenfassen, dass Singularitäten in der Raumzeit noch kein abgeschlossenes Thema sind und es wahrscheinlich auch nicht sein werden, bis eine sinnvolle Verknüpfung der allgemeinen Relativitätstheorie und der Quantenphysik hergestellt wird. Dass ein Punkt, oder gar Ring, ohne einem Radius eine unendlich hohe Krümmung, Dichte und Temperatur aufweist, dass aus einem implodierenden Stern mit endlicher Masse ein Punkt mit unendlicher Masse wird, erscheint unrealistisch. Ebenso ist die Frage des Anfangs aller Existenz weiterhin offen, da keine der Urknalltheorien auf einstimmige Zustimmung trifft. Dennoch wurden schwarze Löcher entdeckt und der Fakt, dass das Universum einst in einem Singularitäten-ähnlichem Zustand war, scheint unausweichlich. Dass kleinste Punkte mit hoher Masse und Energie existieren, die die Raumzeit krümmen klingt plausibel aber die Singularitäten nach der allgemeinen Relativitätstheorie existieren wahrscheinlich eher nicht. Die Zukunft lässt offen, wie weit neue Entdeckungen und mathematische Theorien das Thema der Singularitäten voran bringen und das Verständnis der Physiker beeinflussen, einige dieser sehr vielversprechend wirkenden Theorien sind gerade in Entwicklung. Also wer weiß, vielleicht ist der Wissensstand in den nächsten Jahren ein stark veränderter zum jetzigen.

## 5. Quellenverzeichnis

Alle Internetadressen wurden am Abend des 15.03.2021 überprüft.

### Internetadressen

- <https://abenteuer-universum.de/einstein/zeit.html#:~:text=Durch%20Einsteins%20Relativit%C3%A4tstheorie%20wissen%20wir,umso%20langsamer%20verl%C3%A4uft%20die%20Zeit.>
- <https://bit.ly/3lhNGul>
- <https://bit.ly/3vsIgbh>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Big\\_Bounce](https://de.wikipedia.org/wiki/Big_Bounce)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Koordinatensingularit%C3%A4t>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Raumkr%C3%BCmmung>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Relativit%C3%A4tstheorie#Die\\_allgemeine\\_Relativit%C3%A4tstheorie](https://de.wikipedia.org/wiki/Relativit%C3%A4tstheorie#Die_allgemeine_Relativit%C3%A4tstheorie)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes\\_Loch#:~:text=Ein%20Schwarzes%20Loch%20ist%20ein,Bereich%20verlassen%20oder%20durchlaufen%20kann.](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch#:~:text=Ein%20Schwarzes%20Loch%20ist%20ein,Bereich%20verlassen%20oder%20durchlaufen%20kann.)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Singularit%C3%A4t\\_\(Astronomie\)#:~:text=Als%20Singularit%C3%A4t%20bezeichnet%20man%20in,umgangssprachlich%20also%20%E2%80%9Eunendlich%E2%80%9C%20ist.](https://de.wikipedia.org/wiki/Singularit%C3%A4t_(Astronomie)#:~:text=Als%20Singularit%C3%A4t%20bezeichnet%20man%20in,umgangssprachlich%20also%20%E2%80%9Eunendlich%E2%80%9C%20ist.)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fes\\_Loch](https://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fes_Loch)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Wurmloch>
- <https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Spaghettisierungv>
- <https://www.biancahoegel.de/wissen/navigation/geodaete.html>
- <https://www.businessinsider.de/wissenschaft/stephen-hawking-hatte-eine-absolut-erstaunliche-theorie-darueber-was-vor-dem-urknall-war/>
- <https://www.einstein-online.info/category/einstein-fuer-einsteiger/relativitaet-und-quanten-einstein-fuer-einsteiger/>  
<https://youtu.be/V06L2ya3XIQ>
- <https://www.einstein-online.info/spotlight/singularitaeten/>

- <https://www.leifiphysik.de/mechanik/gravitationsgesetz-und-feld/grundwissen/gravitationsgesetz-von-newton#:~:text=Alle%20K%C3%B6rper%20%C3%Beben%20aufgrund%20ihrer,die%20man%20als%20Gravitationskr%C3%A4fte%20bezeichnet.&text=Der%20Betrag%20ist%20proportional%20zu,des%20Abstandes%20ihrer%20beiden%20Schwerpunkte.>
- <https://www.planet-wissen.de/natur/weltall/universum/pwiederurknall100.html>
- <https://www.scinexx.de/dossierartikel/kosmische-abkuerzung/>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/gravitations-rotverschiebung/151>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/schwarzschild-loesung/431>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/weisse-loecher/524>
- <https://www.tagesspiegel.de/wissen/entscheidender-beweis-vor-100-jahren-wie-einstein-durch-eine-sonnenfinsternis-bestaetigt-wurde/24391830.html>
- <https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/schwarze-loecher/>
- <https://youtu.be/MrsyaY8n1Dg>
- <https://youtu.be/S4aqGI1mSsqo>
- <https://youtu.be/S4aqGI1mSsqo>
- <https://youtu.be/S4aqGI1mSsqo>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/White\\_hole](https://en.wikipedia.org/wiki/White_hole)
- <https://youtu.be/hYNUdjEQAvI>
- <https://youtu.be/yC7NBHCAjEU>

## Verwendete Literatur

- CAMENZIND, MAX: Gravitation und Physik kompakter Objekte, Eine Einführung in die Welt der Weißen Zwerge, Neutronensterne und Schwarzen Löcher, Berlin Heidelberg, 2016
- CLARK, STUART: Das unbekannte Universum Raum, Zeit und die moderne Kosmologie, London, 2017

- ELSÄSSER, DOMINIK: Urknall, Sterne, schwarze Löcher  
Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Universums, Dortmund,  
2017
- LEMMER BORIS, BAHR BENJAMIN, RINA PICCOLO: Quirky  
Quarks, Mit Cartoons durch die unglaubliche Welt der Physik, Berlin  
Heidelberg, 2017

## **6. Versicherung der selbständigen Erarbeitung und Anfertigung der Facharbeit**

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken (auch aus dem Internet) entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe. Verwendete Informationen aus dem Internet sind nach Absprache mit der Fachlehrerin bzw. dem Fachlehrer vollständig im Ausdruck zur Verfügung zu stellen.

Bramsche, den

---

Unterschrift der Schülerin / des Schülers

### **Einverständniserklärung zur Veröffentlichung**

Hiermit erkläre ich, dass ich damit einverstanden bin, wenn die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Bramsche, den

---

Unterschrift der Schülerin / des Schülers