Greselius-Gymnasium

Facharbeit zum Seminarfach Astronomie

Erstellt von Baran Berk Polat

Jahrgang 12

Hypothesen zur Möglichkeit von Raum- und Zeitreisen mit Hilfe von Wurmlöchern

Fachlehrer: Florian Riemer

Abgabetermin: Bramsche, den 21.02.2024

Schuljahr 2023/2024

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung in das Thema....1
2 Theoretische Grundlagen....2
2.1 Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie....2
2.2 Was ist ein Wurmloch?....4
3 Hypothetische Raumreisen....5
3.1 Funktionsweise von Wurmlöchern für Raumreisen und dadurch resultierende Chancen....5
3.2 Theoretische Modelle....6
4 Zeitreisen durch Wurmlöcher....7
4.1 Konzept der Zeitreisen durch Wurmlöcher....7
4.2 Herausforderungen und Paradoxa....8
5 Probleme bei Raum- und Zeitreisen....9
5.1 Energieanforderungen....9
5.2 Stabilität von Wurmlöchern....9
5.3 Mögliche Gefahren und Risiken....10
6 Lösungsansätze durch theoretische Technologien....10
7 Fazit....12
8 Anhang....13
8.1 Literaturverzeichnis....13
8.2 Quellenverzeichnis....13
8.3 Abbildungsverzeichnis....17
8.4 Erklärungen....17

1 Einführung in das Thema

Die Idee von Raum- und Zeitreisen fasziniert die Menschheit schon seit Jahrtausenden.[1] Heutzutage wird besonders in Filmen die Potenzialität von Zeitreisen oft aufgegriffen, da sehr viele sie spannend finden.[2] Und Raumreisen würden uns zahlreiche Möglichkeiten eröffnen, beispielsweise eine Ausweitung der Erkundung des Universums. Insbesondere Einstein weckte durch seine Arbeiten und Erfolge, wie z.B. der Entwicklung der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie, die Interesse vieler Physiker, sich mit Theorien zu Raum-und Zeitreisen auseinanderzusetzen. Sie setzt den Grundstein für viele Ideen und Konzepte, so wie auch für diese Facharbeit.

In dieser Facharbeit werden Hypothesen zur Möglichkeit von Raum- und Zeitreisen mit Hilfe von Wurmlöchern vorgestellt. Um ein tieferes Verständnis zu entwickeln werden zunächst die Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie erläutert. Sie hat eine große Bedeutung im Kontext von Raumzeit und Gravitation und ist gut erforscht; ferner korrelieren Wurmlöcher kohärent mit ihr. Anschließend folgt die Grundidee eines Wurmloches und es wird erklärt, wo der Gedanke eines solchen Gebildes seinen Ursprung hat. Daraufhin wird beschrieben, wie ein Wurmloch für eine Raumreise genutzt werden würde. Es werden auch theoretische Modelle vorgestellt, die Ansätze für solche Reisen bilden sollen. Hiernach folgt das Konzept der Zeitreise durch ein Wurmloch und mögliche Paradoxa, auf die man stoßen würde, sofern man in der Zeit reist. Anschließend folgt eine kritische Betrachtung, bei der Probleme erläutert werden, die Raum- und Zeitreisen allgemein mit sich bringen. Jedoch werden auch theoretische Technologien als Lösungsansätze dargestellt, die diese Probleme möglicherweise beheben könnten. Schließlich wird in einem Fazit das Ergebnis dieser Facharbeit zusammengefasst und ein Ausblick für die Zukunft gegeben.

1HALPERN,PAUL:Löcher im All,S.193

2https://de.wikipedia.org/wiki/Zeitreise

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie

Wie bereits angekündigt, werden die Hypothesen zu den Raum- und Zeitreisen auf der Basis der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) präsentiert.

1915 stellte Einstein die Allgemeine Relativitätstheorie[3] vor, welche der Gravitation eine neue Bedeutung zu schrieb. Sie war nun keine Kraft im herkömmlichen Sinne mehr, sondern eine Eigenschaft der Raumzeit selbst. Die durch Materie und Energie verursachte Krümmung der Raumzeit bestimmt, wie sich Materie und Licht durch den Raum bewegen.[4] Das Schaubild 1 verdeutlicht diese Krümmung:

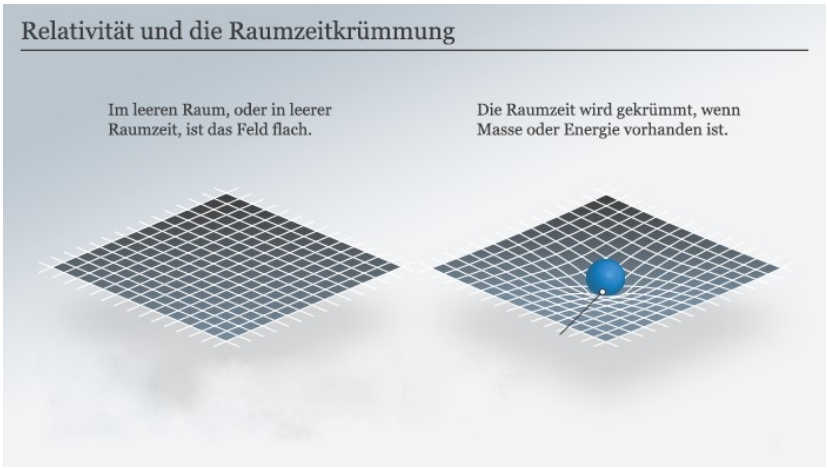

Schaubild 1: Raumzeitkrümmung durch Masse

Wie man sieht krümmt der Raum sich durch die Anwesenheit einer Masse oder Energie. Wenn die Kugel nun noch schwerer wäre, wäre die Mulde die sie bildet noch tiefer, und somit auch die Gravitation.

3https://de.wikipedia.org/wiki/Allgemeine_Relativitätstheorie#:~:text=Die%20allgemeine%20Relativitätstheorie%20(%3B%20kurz%20ART,Eigenschaft%20der%20gekrümmten%20vierdimensionalen%20Raumzeit.

4https://www.spektrum.de/lexikon/physik/allgemeine-relativitaetstheorie/383

Man kann sich auch vorstellen, dass diese Kugel in der Abbildung die Sonne sei. Durch ihre hohe Masse[5] beeinflusst sie die Objekte, beispielsweise die Planeten, die sich um sie kreisen. Die Gravitation lenkt sie auf eine elliptische Umlaufbahn um.[6]

Grundlegend für die ART ist zudem das Äquivalenzprinzip. Nach diesem Prinzip sind schwere Masse[7] und träge Masse[8] äquivalent. Daraus folgt, dass alle Körper im gleichen Gravitationsfeld gleich schnell fallen, unabhängig von ihrer Masse und, dass alle frei fallenden Beobachter lokal ein inertiales Bezugssystem erleben, unabhängig vom Gravitationsfeld.[9] Das bedeutet vereinfacht, dass sich das System, indem sie sich befinden, nicht bewegt oder mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt. Außerdem setzt das Äquivalenzprinzip auch die Gravitation mit der Beschleunigung gleich. Hierzu ein Beispiel mit Hilfe einer Grafik:

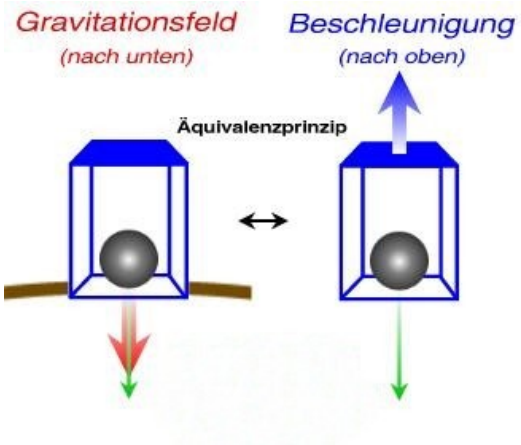

Schaubild 2: Äquivalenzprinzip

Dargestellt sind 2 Kästen, die jeweils geschlossenen Räumen entsprechen. Während der linke Kasten sich in einem Gravitationsfeld, z.B. auf der Erde, befindet, welches nach unten wirkt, beschleunigt der rechte Kasten gleichmäßig nach oben, wobei er sich in keinem Gravitationsfeld befindet. Nun wirken auf

5https://de.wikipedia.org/wiki/Sonne

6https://astrokramkiste.de/gravitation

7Eigenschaft eines Objekts, andere Objekte durch Gravitation anzuziehen
8Eigenschaft eines Objekts, einer Beschleunigung durch eine Kraft zu widerstehen
9Siehe 4

beide Kugeln eine Kraft nach unten, die Beschleunigung wirkt jedoch entgegengesetzt zur Gravitation. Wäre diese Kugel beispielsweise ein Mensch und der Raum wäre wie gesagt geschlossen, wüsste er nicht, ob er sich in einem Gravitationsfeld befindet oder nicht.[10] Dieses Prinzip erlaubt es, die Effekte der Gravitation auf Licht und Zeit zu erklären, wie zum Beispiel die Rotverschiebung[11] des Lichts[12] in einem Gravitationsfeld und die Zeitdilatation. Der Zusammenhang ist folgender: Einsteins spezielle Relativitätstheorie aus 1905 besagt, dass die Zeit für einen Beobachter, der sich relativ zu einem ruhenden System bewegt, langsamer vergeht.[13] Dieses Phänomen ist die Zeitdilatation. Und da wie bereits gesagt das Äquivalenzprinzip keine mögliche Unterscheidung zwischen Gravitation und Beschleunigung besagt, kann daraus abgeleitet werden, dass Gravitation auch einen Einfluss auf die Zeit hat.

2.2 Was ist ein Wurmloch?

Ein Wurmloch ist eine hypothetische Verbindung von zwei Punkten im Raum-Zeit-Gefüge. Diese zwei Punkte des Raums sind mit einem Tunnel verbunden, wodurch eine Art Abkürzung ermöglicht wird.[14] Wie bereits genannt, besagt die ART, dass massive Objekte die Raumzeit um sich herum krümmen, wie es z.B. ein schwarzes Loch tut. Wenn diese Krümmung extrem wird könnte dies zur Formung eines Wurmloches führen indem man sich vorstelle, dass diese Krümmung nicht nur den Raum um das Objekt betrifft, sondern so stark ist, dass sie sich bis zu einem anderen Punkt im Raum erstrecken könnte, sodass eine Brücke zwischen den zwei Punkten, die sich im näher kommen, gebildet wird.[15] Also wären die beiden Enden räumlich getrennt, theoretisch auch sehr weit, jedoch trotzdem verbunden.

10https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/aequivalenzprinzip/21

11https://www.einstein-online.info/explandict/gravitations-rotverschiebung/#:~:text=Entsprechend%20der%20Allgemeinen%20Relativitätstheorie%20erfährt,Energie%20des%Lichts%20nimmt%20ab

12Wenn Licht von einem Objekt mit hoher Masse durch seine Gravitation beeinflusst wird und es sich in Richtung der Gravitationsquelle verschiebt, vergrößert sich die Wellenlänge und es wird roter

13https://de.wikipedia.org/wiki/Spezielle_Relativitätstheorie#Zeitdilatation

14https://uol.de/feldtheorie/wurmloecher#:~:text=Wurmlöcher%20sind%20aus%20der%20Science,nach%20wenigen%20Minuten%20das%20Ziel

15https://www.scinexx.de/dossierartikel/kosmische-abkuerzung/

Das Schaubild 3 verdeutlicht diese Abkürzung:

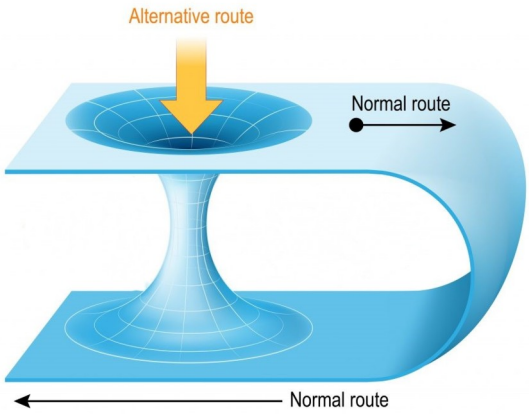

Schaubild 3: Wurmloch als Modell

Während der normale Weg sehr lang wäre verbindet die alternative Route die zwei Punkte und die Distanz zwischen ihnen verringert sich. In der Theorie könnte dann durch so ein Wurmloch Materie oder Informationen von einem zum anderen Ende passieren.[16]

1935 beschrieben Albert Einstein und Nathan Rosen ein Wurmloch Modell, die sogenannten Einstein-Rosen-Brücken. Dieses Modell basiert auf einer Verbindung zweier schwarzer Löcher, die zusammen ein Wurmloch bilden.[17] Dazu später mehr.

3 Hypothetische Raumreisen

3.1 Funktionsweise von Wurmlöchern für Raumreisen und dadurch resultierende Chancen

Für die Durchführung einer Raumreise würde ein Reisender das Wurmloch am Eintrittspunkt betreten, durch das Wurmloch reisen, und am Ausgangspunkt austreten. Voraussetzung dafür ist, dass das Wurmloch traversierbar ist.[18]

16https://www.sueddeutsche.de/wissen/quantencomputer-wurmloch-gravitation-1.5751246?reduced=true

17https://de.wikipedia.org/wiki/Wurmloch

18https://www.final-frontier.ch/kuenstlichewurmloecher

Insgesamt würde sich die Reisezeit erheblich verkürzen, was für die Erkundung des Universums notwendig ist. Allein die Milchstraße hat eine Ausdehnung von etwa 170.000-200.000 Lichtjahren.[19] Und da sich nichts schneller als Licht bewegen kann ist die einzige Möglichkeit für eine bessere und weitere Erkundung die Verkürzung der Strecke.[20] Zudem könnte man Raumreisen benutzen, um Rohstoffe von anderen Planeten zu gewinnen und zu transportieren. Beispielsweise besitzt der Mars Vorkommen an seltenen Erden wie Lithium und Kobalt, welche heutzutage essentielle Ressourcen sind besonders im Bereich der Technik.[21]

3.2 Theoretische Modelle

Wie bereits erwähnt beschrieben Albert Einstein und Nathan Rosen die Einstein-Rosen-Brücken. Diese seien durch eine Verbindung zweier schwarzer Löcher gegeben sei.[22] Grundlage für diese Theorie bildet die Schwarzschild-Metrik[23] , welche in einfachen Worten eine mathematische Beschreibung der Raumzeit um eine ungeladene, nicht rotierende Kugel. Die Zugänge zu so einem Wurmloch müssten daher durch nicht rotierende schwarze Löcher ohne elektrische Ladung gebildet werden, die zudem eine stabile Existenz über einen unbegrenzten Zeitraum aufweisen.[24]

Das Modell der Einstein-Rosen-Brücken gibt es auch mit dem Unterschied, dass der Ausgangspunkt kein schwarzes, sondern ein weißes Loch ist. Hier würde das schwarze Loch den Eintrittspunkt bilden und das weiße Loch den Ausgangspunkt.[25] Ein weißes Loch ergibt sich ebenfalls aus der Schwarzschild-Metrik. So stellt es den Gegenpol zum schwarzen Loch dar, es absorbiert keine Masse, sondern stößt sie aus.[26]

19https://de.wikipedia.org/wiki/Milchstraße#:~:text=Die%20Ausdehnung%20der%20Milchstraße%20in,16.000%20Lichtjahre%20(5%20kpc).

20https://de.wikipedia.org/wiki/Spezielle_Relativitätstheorie#Einsteins_Gedankenexperiment

21https://diezukunft.de/kolumne/science-punk/die-schaetze-des-mars#:~:text=Besonders%20interessant%20war%20auch%2C%20dass,kostbare%20Rohstoffe%20etwa%20für%20die

22Siehe 14

23Siehe 16

24https://www.scinexx.de/dossierartikel/weg-ohne-wiederkehr/

25https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/weisse-loecher/524#:~:text=Die%20Theoretiker%20nennen%20dieses%20Gebilde,des%20Weißen%20Loches%20wieder%20ausstoßen.

26HALPERN,PAUL:Löcher im All,S.110

Des weiteren gibt es auch die Theorie der Verschränkung von schwarzen Löchern. Demnach würde beispielsweise eine Information von einem schwarzen Loch aufgenommen werden und von einem anderen schwarzen Loch austreten.[27]

4 Zeitreisen durch Wurmlöcher

4.1 Konzept der Zeitreisen durch Wurmlöcher

Zeitreisen basieren auf verschiedenen Konzepten. Wenn Wurmlöcher als Brücken durch das Raum-Zeit-Gefüge dienen könnten, dann könnten sie theoretisch auch als Verbindungen zwischen unterschiedlichen Zeiten fungieren.[28] So verbindet die erste Seite des Wurmloches eine Zeit, z.B. die Vergangenheit und die zweite Seite eine andere Zeit, z.B. die Zukunft. So könnte man theoretisch hin und her reisen. Ein anderes Konzept ist die Zeitdilatation. Wie Einstein sagte ist Zeit relativ.[29] Laut der speziellen Relativitätstheorie kann sich nichts schneller als das Licht bewegen. Aber laut ihr vergeht die Zeit in schneller bewegten Systemen langsamer als in langsamer bewegten Systemen.[30] Dazu eine Beispielrechnung:
Die Formel der Zeitdilatation in der SRT lautet

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}$$

Dabei steht Δt für die Zeit im ruhenden System und $\Delta t'$ für die Zeit im bewegten System. C ist die Lichtgeschwindigkeit.
Nun haben wir 2 Personen. Person 1 bleibt auf der Erde und Person 2 begibt sich auf eine Reise mit 80% der Lichtgeschwindigkeit, also 0.8 c. Diese Reise dauert für Person 2 insgesamt 10 Jahre. Wenn wir dies nun in die Gleichung eingeben, stellen wir fest, dass für Person 1 16,6 Jahre vergangen sind. Somit ist Person 2 theoretisch in die Zukunft gereist, da für sie „weniger“ Zeit vergangen ist.

27https://www.spektrum.de/magazin/verschraenkte-schwarze-loecher/1432726

28https://www.merkur.de/welt/physiker-sind-sich-einig-zeitreisen-sind-moeglich-zr-90527063.html#:~:text=Die%20einsteinsche%20Theorie%20besagt%20nun,nicht%20im%20gleichen%20Tempo%20vergeht.

29https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/was-ist-zeit-106.html#:~:text=Pragmatische%20Definition%3A%20Zeit%20ist%2C%20was%20Uhren%20messen&text=Einstein%20hat%20gesagt%2C%20Zeit%20ist,Raum%20bewegen%2C%20unterschiedlich%20schnell%20ticken.

30HALPERN,PAUL:Löcher im All,S.200

Doch um von diesem Effekt zu profitieren müsste man sich dennoch mit nahezu Lichtgeschwindigkeit bewegen. Um sich aber so schnell bewegen zu können bräuchte man fast unendlich viel Energie, da die relativistische Masse eines Objekts gegen unendlich strebt, sofern es sich der Lichtgeschwindigkeit nähert.[31] Und somit ist das in der Praxis eigentlich unmöglich, es sei denn bei einer Reise durch ein Wurmloch wird man auf eine so hohe Geschwindigkeit beschleunigt.
Doch hier kommt ein interessanter Ansatz dazu. Wenn man durch ein Wurmloch reist, umgeht man den normalen Weg und man nimmt eine Abkürzung. Doch das Licht nimmt diese Abkürzung nicht. Es muss den normalen Weg nehmen und braucht daher viel länger, um den Punkt am Ende des Wurmloches zu erreichen, als der Reisende. So würde sich der Reisende in der Theorie mit superluminarer[32] Geschwindigkeit bewegen, da er schneller als das Licht an dem Punkt ankommt. Dies könnte eine Form von Zeitreise in die Vergangenheit sein, da der ,,natürliche“ Zeitverlauf überholt wird.
Bei einer Reise durch ein Wurmloch kommt die Zeitdilatation auch auf einer anderen Weise vor, man nennt sie gravitative Zeitdilatation. Denn laut der ART vergeht die Zeit auch langsamer in der Nähe von sehr starker Gravitation[33] bzw. Raumkrümmung. Auf der Erde vergeht beispielsweise für einen Menschen, der sich am Äquator befindet, etwa 60.078 Milliardstel Sekunden weniger, als für einen Menschen, der sich in keinem Gravitationsfeld befindet.[34] Anhand dieses Beispiels erkennt man, wie gering die Masse bzw. Gravitation der Erde im Vergleich zu einem Wurmloch wäre, da wie bereits erwähnt ein Wurmloch durch extreme Krümmung der Raumzeit entsteht. In der Theorie würde es auch ausreichen, sich nur in der Nähe eines Wurmloches zu befinden, und die Zeit würde auch langsamer vergehen.

4.2 Herausforderungen und Paradoxa

Das wohl erste Problem wäre die Steuerung der Zeitreise. Man müsste sie genau planen, alle Kräfte und Massen etc. kennen, die wirken und sie auch alle mit ein berechnen können. Des weiteren könnten Paradoxa entstehen. Hierzu ziehe ich

31Siehe 20
32Überlichtgeschwindigkeit
33https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/zeitdilatation/544

34http://www.brefeld.homepage.t-online.de/zeitdilatation.html#:~:text=Für%20einen%20Menschen%20auf%20der,auf%20der%20Erdoberfläche%20stehender%20Mensch.

das wohl Bekannteste heran ,das Großvater-Paradoxon. Wenn der Reisende in die Vergangenheit reisen würde und es schafft, seine eigene Existenz zu verhindern, wie könnte er dann selbst geboren werden und die Reise durchführen? Dies würde wohl möglich zu Kausalitäts-Verletzungen führen.[35]

5 Probleme bei Raum- und Zeitreisen

5.1 Energieanforderungen

Ein großes Problem wäre die künstliche Erzeugung eines Wurmloches. Den ganzen Raum soweit zu krümmen, dass ein Wurmloch entstehen würde, ist derzeit weit über dem technologisch Möglichen und praktisch unmöglich. Um dies zu verdeutlichen kann man die berühmte Gleichung Einsteins heranziehen: $E=mc^2$. Die Energie ist proportional zur Masse multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit zum Quadrat.[36] Dies würde bedeuten, dass man eine vergleichbare Masse bzw. Energiemenge wie ein schwarzes Loch bereitstellen müsste, da die Theorien der Wurmlöcher auf der Raumzeitkrümmung durch schwarze Löcher basiert. Exemplarisch besitzt das schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße eine Masse von $4*10^6$ Sonnenmassen[37] , jedoch existieren auch schwarze Löcher mit bis zu $10*10^9$ Sonnenmassen.[38]

5.2 Stabilität von Wurmlöchern

Abgesehen von der hohen benötigten Energiemenge fanden die Forscher John Wheeler und Robert Fuller heraus, dass die Stabilität eines Wurmloches nicht gewährleistet ist. So würde es durch seine eigene Gravitation sofort zusammenbrechen, dass nicht einmal Licht es passieren könnte. Außerdem seien sie nicht dauerhaft offen, sondern durchlaufen einen Zyklus, bei dem sie sich sehr schnell stets öffnen und schließen[39] , was die Passierbarkeit weiter erschwert. Somit würden die theoretischen Modelle der Einstein-Rosen-Brücken und die

35https://de.wikipedia.org/wiki/Großvaterparadoxon

36https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/emc2-4374

37https://de.wikipedia.org/wiki/Sagittarius_A*

38https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch#Supermassereiche_Schwarze_Löcher

39https://www.mpifr-bonn.mpg.de/4029462/Wurmloecher.pdf

Verbindung eines schwarzen Loches mit einem weißen Loch erst einmal herausfallen.

5.3 Mögliche Gefahren und Risiken

Da einige Wurmlöcher auch durch die Verbindung von Singularitäten definiert sind würden für einen Reisenden immense Gravitationskräfte wirken, die der Körper nicht aushalten kann.[40] Auch die Hawking-Strahlung könnte ein Verhängnis werden, die von schwarzen Löchern ausgehen könnte.[41] Während einer Durchquerung könnte zudem ein plötzlicher Kollaps auftreten oder unerwartete und unvorhersehbare Probleme entstehen. Wurmlöcher sind außerdem unerforschte Gebilde. Eine Navigation ist nicht möglich, da keine Erkenntnisse vorliegen. Somit könnte man auch bei einer Erfolgreichen Durchquerung an einem unbekannten Ort zu einer unbekannten Zeit landen. Wenn man das schwarzes Loch- weißes Loch Wurmlochmodell heranzieht könnte auch ein Problem sein, dass das Wurmloch eine Art Einbahnstraße ist, da es nicht möglich ist, dass weiße Loch zu betreten.

6 Lösungsansätze durch theoretische Technologien

Um die Instabilität von Wurmlöchern zu bekämpfen entwickelte der Physiker Kip Thorne die Idee von exotischer Materie. Diese Materie habe im Gegensatz zu normaler Materie eine negative Energiedichte bzw. negative Masse. Daraus resultiert in der Theorie eine gravitative Abstoßung, die auf diese Weise der Gravitation im Wurmloch entgegenwirken soll, um den Zusammenfall des Wurmloches zu verhindern.[42] Jedoch stellt der Gewinn solch einer Materie ein großes Problem, da ihre Existenz nicht einmal bestätigt ist. Außerdem bräuchte man für ein Wurmloch mit einem Durchmesser von einem Meter eine Masse an exotischer Materie, die der Masse des Jupiter[43] , also 318 Erdmassen[44] , entspricht.

40https://www.raumfahrer.net/wurmloecher-science-oder-fiction/

41https://de.wikipedia.org/wiki/Hawking-Strahlung

42HALPERN,PAUL:Löcher im All,S.136-137

43https://www.wissenschaft.de/allgemein/schleichwege-durchs-universum-3/

44https://de.wikipedia.org/wiki/Jupiter_(Planet)#:~:text=Er%20ist%20der%20einzige%20Planet,dem%201048sten%20Teil%20der%20Sonnenmasse.

Auch wüsste man nicht, wie genau man die exotische Materie verwenden sollte bei der Konstruktion eines Wurmlochs, damit sie ihren Zweck erfüllt.

Des weiteren könnte die voranschreitende Entwicklung der Quantencomputer es erlauben, bessere und komplexere Simulationen von Wurmlöchern zu erstellen und Berechnungen durchzuführen, die einem tieferen Verständnis beitragen.[45] Außerdem könnten sie dazu beitragen, verschiedene Modelle zu überprüfen und neue und innovative Lösungsansätze zu finden.

Zuletzt erwähne ich die Theorie von Roger Penrose, nämlich der Nutzbarmachung der Energie von schwarzen Löchern. Genauer gemeint ist die Rotationsenergie von rotierenden schwarzen Löchern, die frei wird, sobald die Rotation verlangsamt wird, indem man z.B. eine Kraft gegen die Rotation aufwendet, da jede Wirkung eine gleiche Gegenwirkung hat.[46] Hätte man die Technologie, die frei werdende Energie zu Speichern und zu verarbeiten könnte dies die Menschheit extrem voranbringen.

45https://www.scinexx.de/news/physik/ein-wurmloch-im-quantencomputer/

46HALPERN,PAUL:Löcher im All,S.174

7 Fazit

Die Faszination für die Existenz von Wurmlöchern bleibt fortbestehen, auch wenn die Zweifel groß sind. Einstein weckte, durch die theoretische Möglichkeit einer Existenz, bewiesen durch seine Relativitätstheorie, eine Interesse, die nie verloren gehen wird. Die Möglichkeiten, die ein Wurmloch mit sich bringen könnte sind unvorstellbar und unheimlich bedeutend für die Menschheit. Das Zurücklegen sehr großer Strecken in kurzer Zeit, die Möglichkeit der Erkundung verschiedener Universen, das Gewinnen von neuen Erkenntnissen und die Gewinnung verschiedener Rohstoffe angesichts der wachsenden Weltbevölkerung und der begrenzten Vorkommen auf der Erde. Jedoch sind und bleiben Wurmlöcher eine Theorie und die Realisierbarkeit bzw. die Existenz ist noch längst nicht bestätigt, da die technologischen Voraussetzungen derzeit noch viel zu hoch sind. Daher wird auch die Forschung höchstwahrscheinlich noch eine sehr lange Zeit brauchen. Und Zeitreisen, besonders in die Vergangenheit, werden unter anderem auch damit erst einmal ausgeschlossen.

8 Anhang

8.1 Literaturverzeichnis

-Halpern, Paul: Löcher im All. Modelle für Reisen durch Zeit und Raum. Reinbek bei Hamburg 1997 (Rowohlt Taschenbuch Verlag GmBH)

8.2 Quellenverzeichnis

-Barthel, Sven:Physiker sind sich einig: Zeitreisen sind möglich - zumindest in eine Richtung. Aus:https://www.merkur.de/welt/physiker-sind-sich-einig-zeitreisen-sind-moeglich-zr-90527063.html#:~:text=Die%20einsteinsche%20Theorie%20besagt%20nun,nicht%20im%20gleichen%20Tempo%20vergeht. ,Stand 18.03.2022

-Blech, Reinhard:E=mc2. Aus:https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/emc2-4374 ,Stand o.D.

-Blech, Reinhard:E=mc2. Aus:https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/emc2-4374 ,Stand o.D.

-Bockelmann, Lars.Wurmlöcher. Aus:

https://www.mpifr-bonn.mpg.de/4029462/Wurmloecher.pdf ,Stand o.D.

-Böhm-Schweizer, Denise:GRAVITATION. Aus:

https://astrokramkiste.de/gravitation ,Stand o.D.

-Brefeld, Werner:Zeitdilatation (Zeitdehnung) auf der Erdoberfläche, im Flugzeug und auf der ISS. Aus:
http://www.brefeld.homepage.t-online.de/zeitdilatation.html#:~:text=Für%20einen%20Menschen%20auf%20der,auf%20der%20Erdoberfläche%20stehender%20Mensch. ,Stand 2008

-Carl von Ossietzky Universität Oldenburg:Wurmlöcher. Aus:
https://uol.de/feldtheorie/wurmloecher#:~:text=Wurmlöcher%20sind%20aus%20der%20Science,nach%20wenigen%20Minuten%20das%20Ziel ,Stand 19.01.2024

-Paál, Gábor:Was ist Zeit?Aus:https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/was-ist-zeit-106.html#:~:text=Pragmatische%20Definition%3A%20Zeit%20ist%2C%20was%20Uhren%20messen&text=Einstein%20hat%20gesagt%2C%20Zeit%20ist,Raum%20bewegen%2C%20unterschiedlich%20schnell%20ticken. ,Stand o.D.
-Jäger, Andreas/Weiß, Marlene:Wie man ein Wurmloch erzeugt - oder auch nicht. Aus:https://www.sueddeutsche.de/wissen/quantencomputer-wurmloch-gravitation-1.5751246?reduced=true ,Stand 14.02.2023
-Maldacena, Juan:Verschränkte Schwarze Löcher. Aus: https://www.spektrum.de/magazin/verschraenkte-schwarze-loecher/1432726 ,Stand 18.01.2017
-Max Planck Institute for Gravitational Physics:Gravitations-Rotverschiebung. Aus:https://www.einstein-online.info/explandict/gravitations-rotverschiebung/#:~:text=Entsprechend%20der%20Allgemeinen%20Relativitätstheorie%20erfährt,Energie%20des%Lichts%20nimmt%20ab ,Stand o.D.
-Meier, Matthias:Künstliche Wurmlöcher. Aus: https://www.final-frontier.ch/kuenstlichewurmloecher ,Stand 10.08.2008
-Müller, Andreas:Äquivalenzprinzip. Aus:
https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/aequivalenzprinzip/21 ,Stand 2014
-Müller, Andreas:Weiße Löcher. Aus: https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/weisse-loecher/524#:~:text=Die%20Theoretiker%20nennen%20dieses%20Gebilde,des%20Weißen%20Loches%20wieder%20ausstoßen. ,Stand 2014
-Müller, Andreas:Zeitdilatation. Aus: https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/zeitdilatation/544 ,Stand 2014
-Neuhold, Uwe:Die Schätze des Mars. Aus:https://diezukunft.de/kolumne/science-punk/die-schaetze-des-mars#:~:text=Besonders%20interessant%20war%20auch%2C%20dass,kostbare%20Rohstoffe%20etwa%20für%20die ,Stand 19.08.2015
-Raumfahrer Net e.V.:Wurmlöcher: Science oder Fiction? Aus:https://www.raumfahrer.net/wurmloecher-science-oder-fiction/ ,Stand 29.05.2005

-Podbregar, Nadja:Ein Wurmloch im Quantencomputer. Aus.https://www.scinexx.de/news/physik/ein-wurmloch-im-quantencomputer/ ,Stand 5.12.2022
-Podbregar, Nadja:Kosmische Abkürzung. Aus: https://www.scinexx.de/dossierartikel/kosmische-abkuerzung/ ,Stand 15.11.2019
-Podbregar, Nadja:Weg ohne Wiederkehr. Aus: https://www.scinexx.de/dossierartikel/weg-ohne-wiederkehr/ ,Stand 15.11.2019
-Puntigam, R. A.: Allgemeine Relativitätstheorie. Aus: https://www.spektrum.de/lexikon/physik/allgemeine-relativitaetstheorie/383 ,Stand 1998
-Vaas, Rüdiger:Schleichwege durchs Universum. Aus: https://www.wissenschaft.de/allgemein/schleichwege-durchs-universum-3/ ,Stand 01.08.1998
-Wikipedia:
-Allgemeine Relativitätstheorie (https://de.wikipedia.org/wiki/Allgemeine_Relativitätstheorie) ,Stand 5.01.2024
-Großvaterparadoxon (https://de.wikipedia.org/wiki/Großvaterparadoxon) ,Stand 08.08.2023
-Hawking-Strahlung (https://de.wikipedia.org/wiki/Hawking-Strahlung) ,Stand 17.02.2024
-Jupiter (Planet) /https://de.wikipedia.org/wiki/Jupiter_(Planet)#:~:text=Er%20ist%20der%20einzige%20Planet,dem%201048sten%20Teil%20der%20Sonnenmasse.) Stand 08.02.2024
-Milchstraße (https://de.wikipedia.org/wiki/Milchstraße#:~:text=Die%20Ausdehnung%20der%20Milchstraße%20in,16.000%20Lichtjahre%20(5%20kpc).) ,Stand 02.02.2024
-Sagittarius A* (https://de.wikipedia.org/wiki/Sagittarius_A*) ,Stand 17.01.2024
-Schwarzes Loch (https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch#Supermassereiche_Schwarze_Löcher) ,Stand 18.01.2024
-Sonne

(https://de.wikipedia.org/wiki/Sonne) ,Stand 10.02.2024
-Spezielle Relativitätstheorie
(https://de.wikipedia.org/wiki/Spezielle_Relativitätstheorie#Zeitdilatation) ,Stand 17.11.2023
-Spezielle Relativitätstheorie
(https://de.wikipedia.org/wiki/Spezielle_Relativitätstheorie#Einsteins_Gedankenexperiment) ,Stand 17.11.2023
-Wurmloch
(https://de.wikipedia.org/wiki/Wurmloch) ,Stand 02.02.2023
-Zeitreise
(https://de.wikipedia.org/wiki/Zeitreise) ,Stand 15.01.2024

8.3 Abbildungsverzeichnis

Deckblatt:-https://www.greselius.de

Schaubilder:

-1(https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-6ede47b80ec0e8b4def72c057212a29b-pjlq)

-2(https://www.spektrum.de/lexika/images/astronomie/intermed/EEP.jpg)

-3(https://c8.alamy.com/compde/2gd6gph/wurmloch-einstein-rosen-brucke-theorie-uber-den-durchgang-durch-die-raumzeit-fur-lange-reisen-durch-das-universum-theorie-der-allgemeinen-relativitat-2gd6gph.jpg)

8.4 Erklärungen

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 20.02.2024

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 20.02.2024

Unterschrift der Schülerin / des Schülers