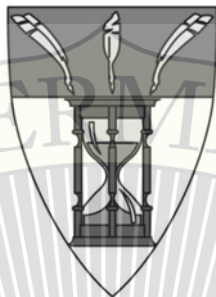


Les travaux personnels du Lycée Ermesinde Mersch



Schwarze Löcher

Leo Lebrun-Ricalens

Classe : 6CLA6

Tuteur : Harald Schleicher

Semestre : 1

Janvier 2016

Schwarze Löcher



Quelle: <http://www.nationalgeographic.de/reportagen/topthemen/2014/fotostrecke-sternenfresser-schwarze-loecher>

Travail personnel

von

Leo Lebrun-Ricalens

6ième Cla 6

Maison Larochette

Januar 2016

Contents

Einleitung	3
Forschungsgeschichte	4
Was ist ein Schwarzes Loch	4
Wie entsteht ein Schwarzes Loch	7
Die erste Möglichkeit: Stellare Schwarze Löcher	7
Die zweite Möglichkeit:	7
Aus was besteht ein Schwarzes Loch	8
Wo gibt es Schwarze Löcher	8
Kann etwas aus dem Schwarzen Loch wieder herauskommen?	9
Das Forschungszentrum Cern	10
Definitionen	12
Quellen	13

Legende: alles was gelb ist wird hinten in den Definitionen erklärt.

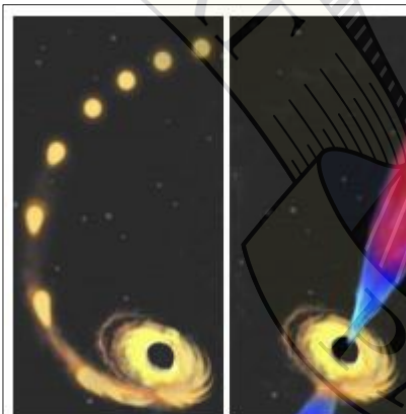
Einleitung

Dieses Thema habe ich gewählt, weil ich mich seit meinem 10ten Lebensjahr für die Astronomie interessiere. Als ich klein war habe ich mit meinem Onkel oft den Himmel mit dem Teleskop beobachtet. Auch mein älterer Halbbruder, der in England Physik studiert, hat mir viel über den Weltraum erzählt und mir den TV Sender N24 empfohlen, der sehr viele Dokumentationen zu diesem Thema sendet. Das hat mich sehr fasziniert. Außerdem passt es auch mit meiner letzten *travail personel* über die Relativitätstheorie zusammen. „Eine weitere Vorhersage der allgemeinen Relativitätstheorie sind Schwarze Löcher. Diese Objekte haben eine so starke Gravitation, dass sie sogar Licht „einfangen“ können, so dass das Licht nicht wieder aus dem schwarzen Loch herauskommen kann“ (Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Relativitätstheorie>).

Einstein konnte sich mit diesem Gedanken nicht anfreunden und meinte, es müsse einen Mechanismus geben, der die Entstehung solcher Objekte verhindert. Das konnte bis heute aber noch meinem Wissen nach nicht bewiesen werden.

Jüngste Beobachtungen des Teams um den Wissenschaftler Sjoert van Velzen der amerikanischen Johns Hopkins Universität zeigen, dass es Schwarze Löcher im Universum tatsächlich gibt und dass sie massenreiche Sterne im Endstadium ihrer Entwicklung erst zerstören und dann verschlucken. Es war in einer rund 300 Millionen Lichtjahren entfernten Galaxie, konnte beobachtet werden wie ein sonnenähnlicher Stern von einem schwarzen Loch angezogen und schließlich verschluckt wurde wobei ein enggebündelter Partikelstrahl, ein sogenannter Jet entstand. (Quelle vom 30. November 2015 :

<http://www.astronews.com/news/artikel/2015/11/1511-040.shtml> oder <http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-19578-2015-11-27.html>



Ein Stern wird von einem Schwarzen Loch angezogen und zerstört (links) und es bildet sich ein Jet aus (rechts). Bild: Johns Hopkins University / Amadeo

Forschungsgeschichte

18. Jahrhundert

Seit dem 18. Jahrhundert (1783) wird vom britischen Naturforscher John Michell über dunkle Sterne spekuliert, deren Gravitation ausreicht um Licht zu verschlucken.

1796 schrieb auch Pierre Simon Laplace über die Idee schwerer Sternen aus denen Licht nicht entkommen kann. Er schuf den Begriff *corps obscur* (=dunkler Körper).

20. Jahrhundert

Beiträge zur allgemeinen Relativitätstheorie

1915 als Einstein seine Relativitätstheorie veröffentlicht hat, berechnete der deutsche Astronom Karl Schwarzschild eine **Metrik**, die sogenannte Schwarzschildmetrik, die dem Gravitationsfeld eine punktförmige Masse gibt.

In den 60ziger Jahren wurde der Begriff schwarzes Loch erstmals nachgewiesen.

In den 70ziger Jahren erstellte Stephen Hawking die Theorie, dass schwarze Löcher eine Strahlung abgeben und dass der Ereignishorizont niemals kleiner wird.

Seitdem wird unerlässlich an Schwarzer Löcher erforscht. Eins der größten Forschungszentren die sich mit schwarzen Löchern befasst ist das CERN in der Schweiz.

Was ist ein Schwarzes Loch

Definition:

Das Schwarze Loch ist ein Objekt, bei dem die Schwerkraft auf der Oberfläche so groß ist, dass nichts dieses Objekt verlassen kann, nicht einmal das Licht. Aus diesem Grund kann man ein Schwarzes Loch auch nicht direkt beobachten. Alle Fotos, Videos und Bilder sind daher gemalt oder simuliert.

Das schwarze Loch schlingt alles in sich hinein. Denn seinem **Gravitationsfeld** kann nichts mehr entkommen, keine Nachricht, keine Informationen, nicht einmal Licht, weshalb man dieses Phänomen auch als « schwarz » bezeichnet.

Sie sind normalerweise die letzte Stufe der Entwicklung sehr **massereicher Sterne**, gewissermaßen die Überreste ausgebrannter Sterne. Ein Schwarzes Loch ist ein «Strudel » im Raum.

Man unterscheidet heute vier verschiedene Klassen von schwarzen Löchern anhand ihrer Masse und Entstehungsweise:

- 1) Supermassenreiche schwarze Löcher
- 2) Mittelschwere schwarze Löcher

3) Stellare schwarze Löcher

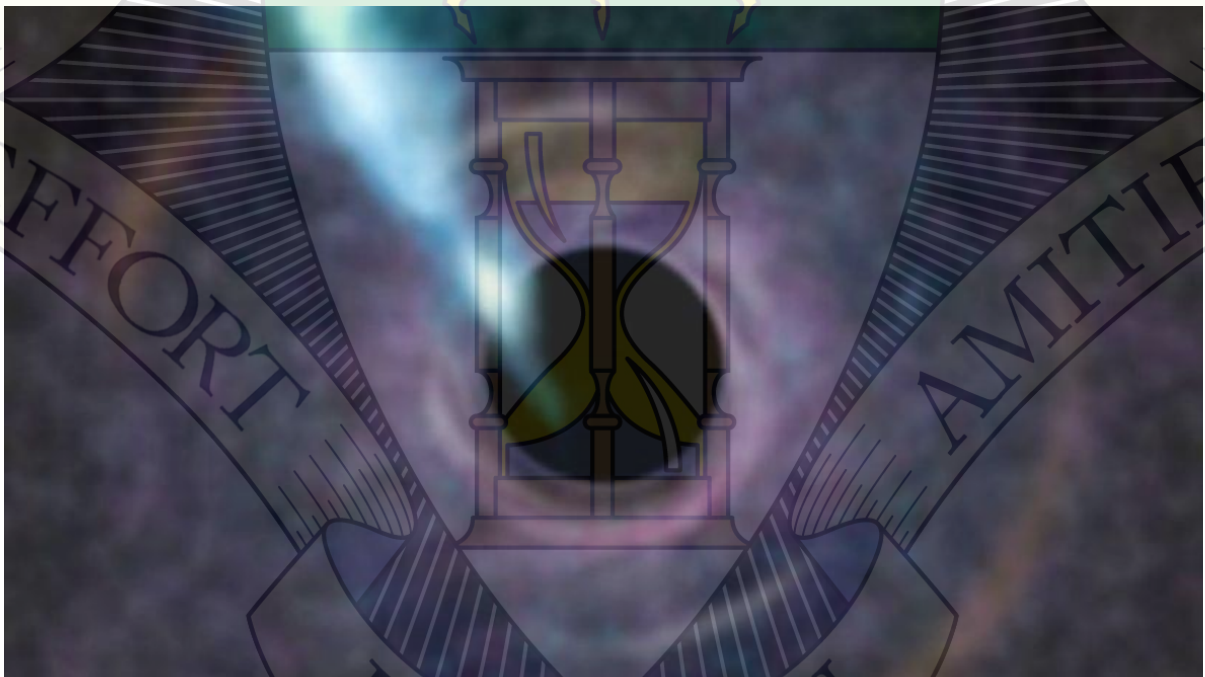
4) Primordiale schwarze Löcher

Supermassenreiche Schwarze Löcher

Diese haben die millionen- bis milliardenfache Masse unserer Sonne und sitzen vermutlich in den Zentren der meisten Galaxien.

Sie haben ihre Größe durch das Ansammeln von interstellarem Gas und Staub erreicht. Das Schwarze Loch in unserer Milchstraße schätzt man auf 3,6 Millionen Sonnenmassen. In der Frühzeit des Universums waren diese supermassiven Schwarzen Löcher durch die Erhitzung der hineinstürzenden Materie die hellsten Objekte weit und breit. Man sieht sie heute noch in weiter Entfernung und ferner Vergangenheit als Quasare leuchten. Mittlerweile haben sie jedoch die meiste Materie in ihrer Umgebung aufgesaugt, so dass die Leuchtkraft der Galaxien nun weitgehend von ihren Sternen bestimmt wird.

Beispiel: Im Zentrum der Galaxie M87 wurde ein schwarzes Loch mit der Masse von 6,6Milliarde gefunden.

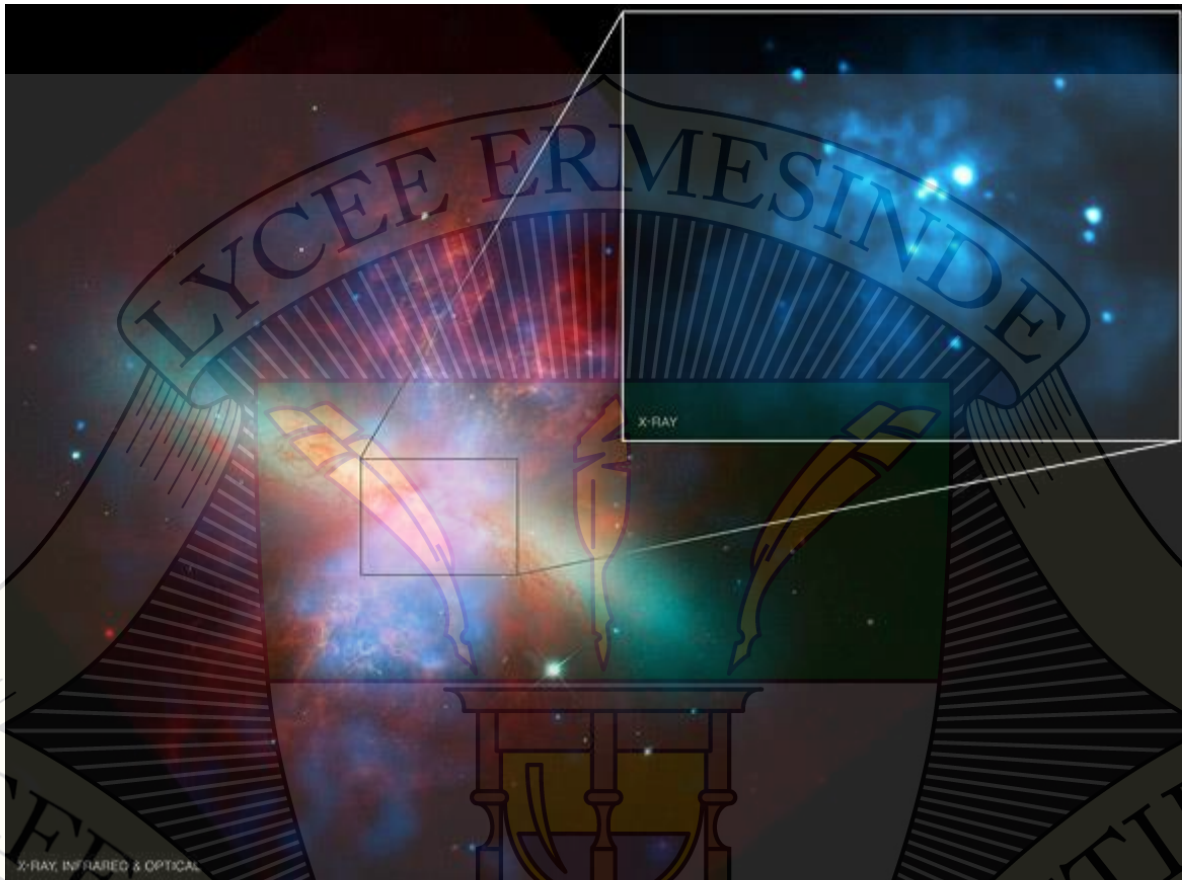


So stellen sich die Forscher einen künftigen Blick ins Schwarze Loch im Kern der Galaxie M87 vor. Gas und Staub wirbelt wie in einer Scheibe um den Schlund des Lochs. Der blaue Blitz besteht aus Gasparkeln, die sich nicht im Loch verlieren, aber in einen energetischen Strom zusammengeführt werden © Gemini Observatory/Lynette Cook

Mittelschwere schwarze Löcher

Mittelschwere Schwarze Löcher können einige hundert bis wenige tausend Sonnenmassen haben und entstehen durch Kollisionen mehrerer Sterne, z.B. in Doppel- oder Mehrfachsternsystemen. Allerdings gibt es aus einem ungeklärten

Grund recht wenige Schwarze Löcher dieser mittleren Kategorie. Irgendein Mechanismus im All, den man nicht kennt, scheint die Verschmelzung von Sternen oder von mehreren Schwarzen Löchern zu verhindern.



<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-bild-17918-2014-08-19-24862.html>

Stellare schwarze Löcher

Stellare Schwarze Löcher sind der Endzustand der Entwicklung extrem massenreicher Sterne, ab etwa der zehnfachen Sonnenmasse. Sie implodieren am Ende ihres Lebens als Supernova und stoßen dabei einen Teil ihrer Materie ab.

Die höchste Masse stellt aktuell das Schwarze Loch in der Zwerggalaxie IC 10 im Sternbild Kassiopeia dar mit der 24-33 fachen Sonnenmasse.

4) primordiale Schwarze Löcher

Neben der Entstehung von schwarzen Löchern durch die Massenverdichtung und Bildung einer Supernova vermutete bereits Einstein, dass es auch bereits kurz nach dem Urknall von Anfang an sogenannte **primordial** Schwarze Löcher gebildet haben. Sie sind also nicht durch einen Gravitationskollaps eines Sterns entstanden, denn die gab es im frühen Kosmos noch nicht.

Wie entsteht ein Schwarzes Loch

Es gibt 2 Möglichkeiten wie schwarze Löcher entstehen

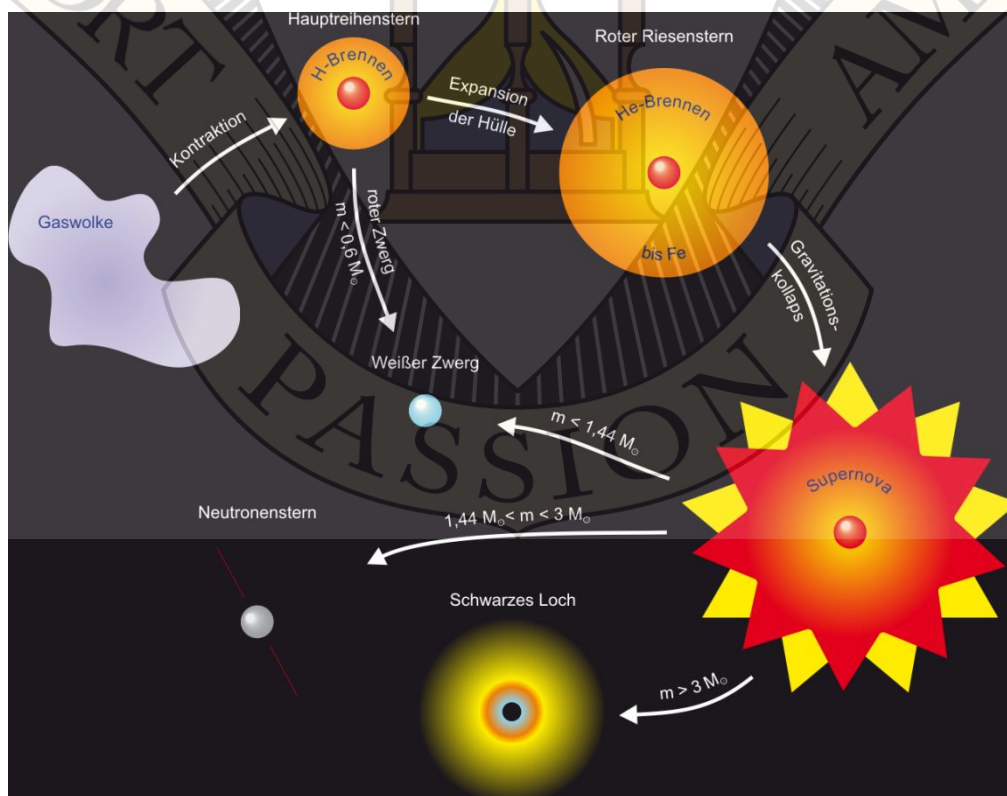
Die erste Möglichkeit: Stellare Schwarze Löcher

Stellare Schwarze Löcher sind eine Folge der Weiterentwicklung von Sternen, die über eine Masse verfügen, die um ein Vielfaches größer ist als die unserer Sonne. Sterne mit einer großen Masse explodieren am Ende ihres Lebens als **Supernova**. Die Reste dieser Explosion können zu einem Schwarzen Loch kollabieren. Sterne mit einer kleinen **Masse** beenden ihr Leben relativ unspektakulär als **Weißer Zwerg**. Das sind Sternreste, die abkühlen und verlöschen. Man würde eine „Singularität“ finden, das heißt ein unendlich kleiner Punkt mit einer unendlich größeren Masse.

Die zweite Möglichkeit:

Eigentlich kann alles ein Schwarzes Loch werden. Jedes Objekt hat einen sogenannten **Schwarzschildradius**. Und zwar wenn die Masse des Objektes so stark im Raum komprimiert werden kann, dass selbst Licht dieser Gravitation nicht entkommen kann. Dann würde ein Schwarzes Loch entstehen. Doch bis heute kennt man doch keine Methode ein Objekt so zu komprimieren, dass ein schwarzes Loch entsteht.

Beispiel zur Entstehung eines schwarzes Loches: Müsste man die gesamte Erde auf 2 cm komprimieren oder den Mount Everest auf 1 Nanometer.



Schwarze Löcher lässt sich nicht nur theoretisieren. Physiker planen ein Schwarzes Loch auf der Erde herzustellen und zu untersuchen. Das klingt unglaublich, ist aber durchaus ernst gemeint.

Im Forschungszentrum CERN bei Genf (Schweiz) ist der LHC (Large Hadron Collider), der größte *Teilchenbeschleuniger* der Erde seit 2007 gebaut worden und man versucht dort theoretisch Schwarze Löcher in der Größe eines Elementarteilchens produzieren.

Mit der Untersuchung dieser Mikrolöcher und ihres Zerfalls hofft man neue Erkenntnisse über die Zahl der Dimensionen unseres Raums.

Aus was besteht ein Schwarzes Loch

So viel die Astrophysiker heute über Schwarze Löcher auch wissen, mit einem Problem kämpfen sie noch immer: „Sie haben keine Ahnung, in welchem Zustand sich die Materie in deren Inneren befindet“. An einer Lösung versuchte sich als einer der Ersten der deutsche Physiker Karl Schwarzschild. Er leitete sie aus der allgemeinen Relativitätstheorie her. Das Ergebnis: Die gesamte Masse stürzt im Zentrum des Objekts zusammen. An dieser Stelle wird die Krümmung der Raumzeit unendlich groß, ebenso die Werte für Temperatur und Dichte. Dabei entsteht eine punktförmige Singularität. Ähnliche Zustände herrschten auch im Urknall.

Wo gibt es Schwarze Löcher

Schwarze Löcher gibt es hauptsächlich im Universum und dort gibt es sehr viele von denen. Im Zentrum unserer Galaxie, der Milchstraße, gibt es auch ein sehr großes Schwarzes Loch. Es gibt viele andere Galaxien, die ein Schwarzes Loch als Zentrum haben, aber das muss nicht immer so sein. Im Herbst 2005 fanden Astronomen ein Schwarzes Loch, das außerhalb aller Galaxien in etwa 5 Milliarden Lichtjahren Entfernung allein durch das Universum treibt.

Der Rest stürzt unter dem Einfluss der Schwerkraft in sich zusammen, bis sich all seine Atomkerne berühren. Diese extrem verdichtete Struktur nennt man *Neutronenstern*, aber das ist noch kein Schwarzes Loch. Ab einer bestimmten Masse jedoch werden die Atomkerne selbst von der Gravitation immer weiter komprimiert, und der Durchmesser des *Neutronensterns* nimmt weiter ab. Schließlich kollabiert der Stern zu einem Schwarzen Loch. Schwarze Löcher kann man nicht sehen, sondern man kann sie nur durch ihre Schwerkraftanziehung nachweisen.

Wie entdeckt man ein Schwarzes Loch

Ein Schwarzes Loch erkennt man nur durch seine Auswirkung, die es auf seine Umgebung hat. Wird beispielsweise Materie in ein solches Schwarzes Loch hineingezogen, erhitzt diese sich so stark, dass man eine intensive Röntgenstrahlung feststellen kann.

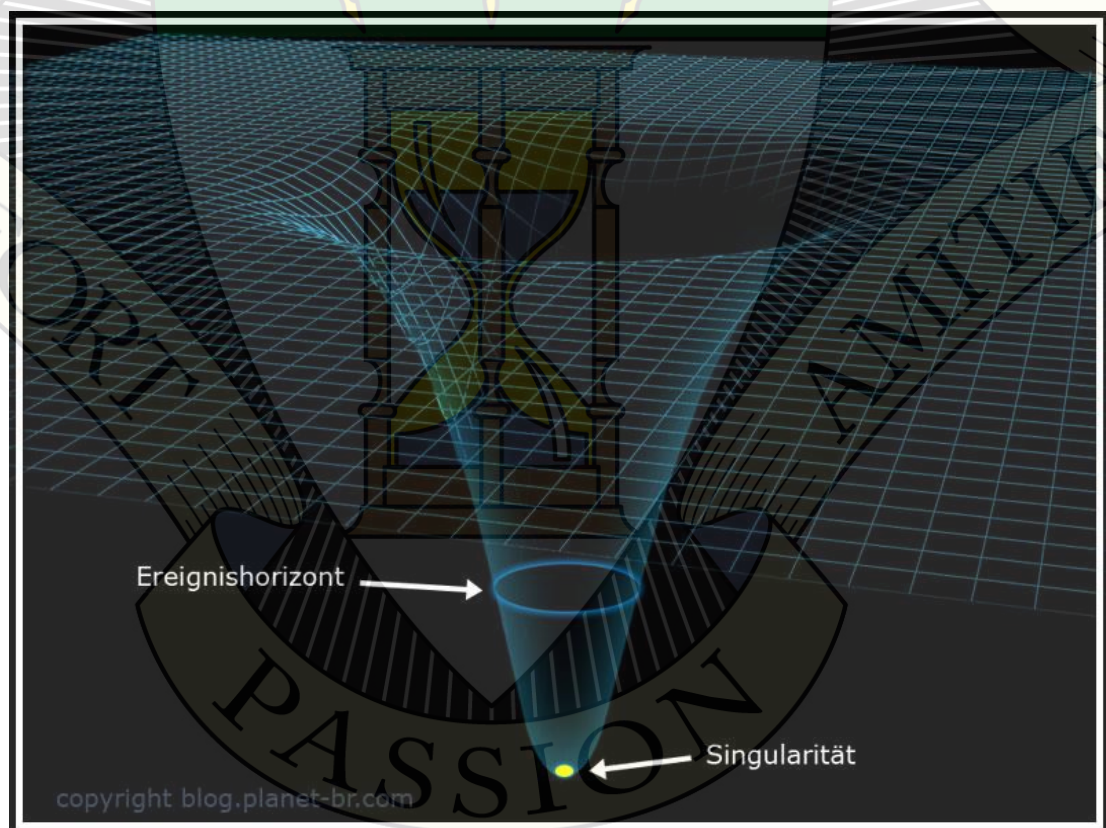
Man erkennt sie auch daran, dass Sterne in der Umgebung eine komische Umlaufbahn bekommen, weil die sich ständig verändert wenn die Gravitation vom Schwarzen Loch größer wird.

Kann etwas aus dem Schwarzen Loch wieder herauskommen

Ja und Nein.

Nein, denn Informationen, Licht etc. können nicht aus einem Schwarzen Loch wieder herauskommen.

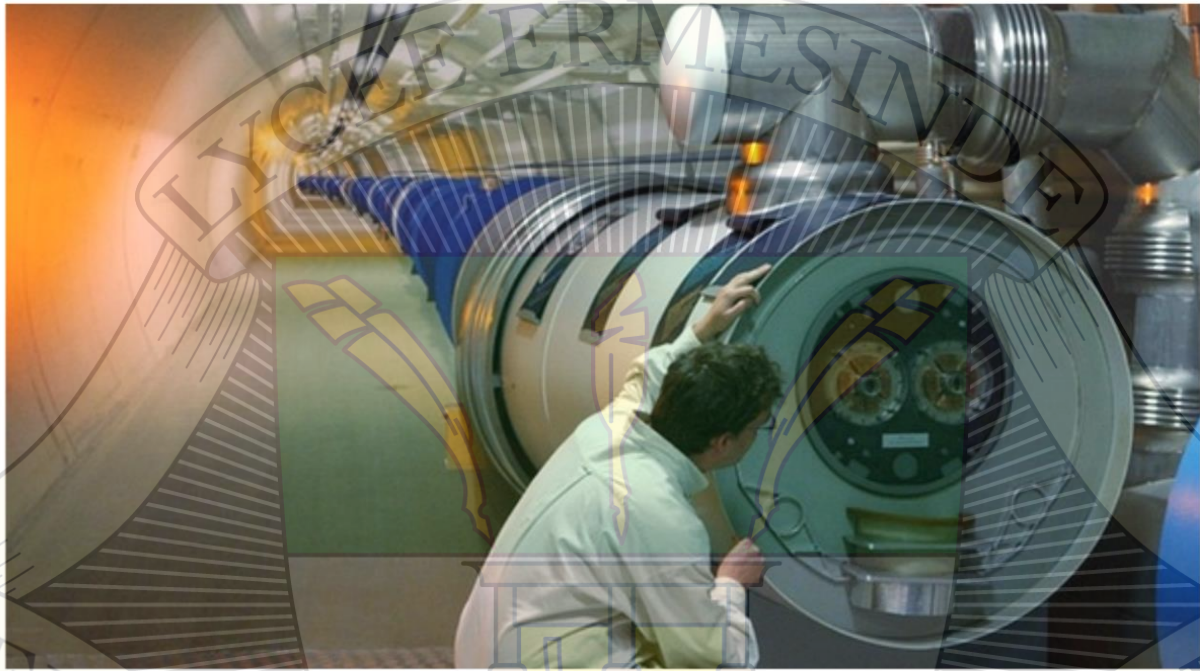
Ja, denn nach der Theorie des englischen Astrophysiker Stephen W. Hawking hat er in seiner Berechnung aus dem Jahr 1974 herausgefunden, dass dann am Ereignishorizont Teilchen entstehen, die den Einflussbereich des Schwarzen Loches verließen. Diese Teilchen subsumiert man unter dem Begriff Hawking-Strahlung oder Hawking-Emission. Es handelt sich aber um eine rein theoretische Arbeit, und dieser Hawking-Effekt konnte bislang nicht experimentell bestätigt werden.



Das Forschungszentrum Cern

Im Kernforschungszentrum CERN wurde laut Pressemitteilung der dort arbeitenden Physiker der Urknall simuliert.

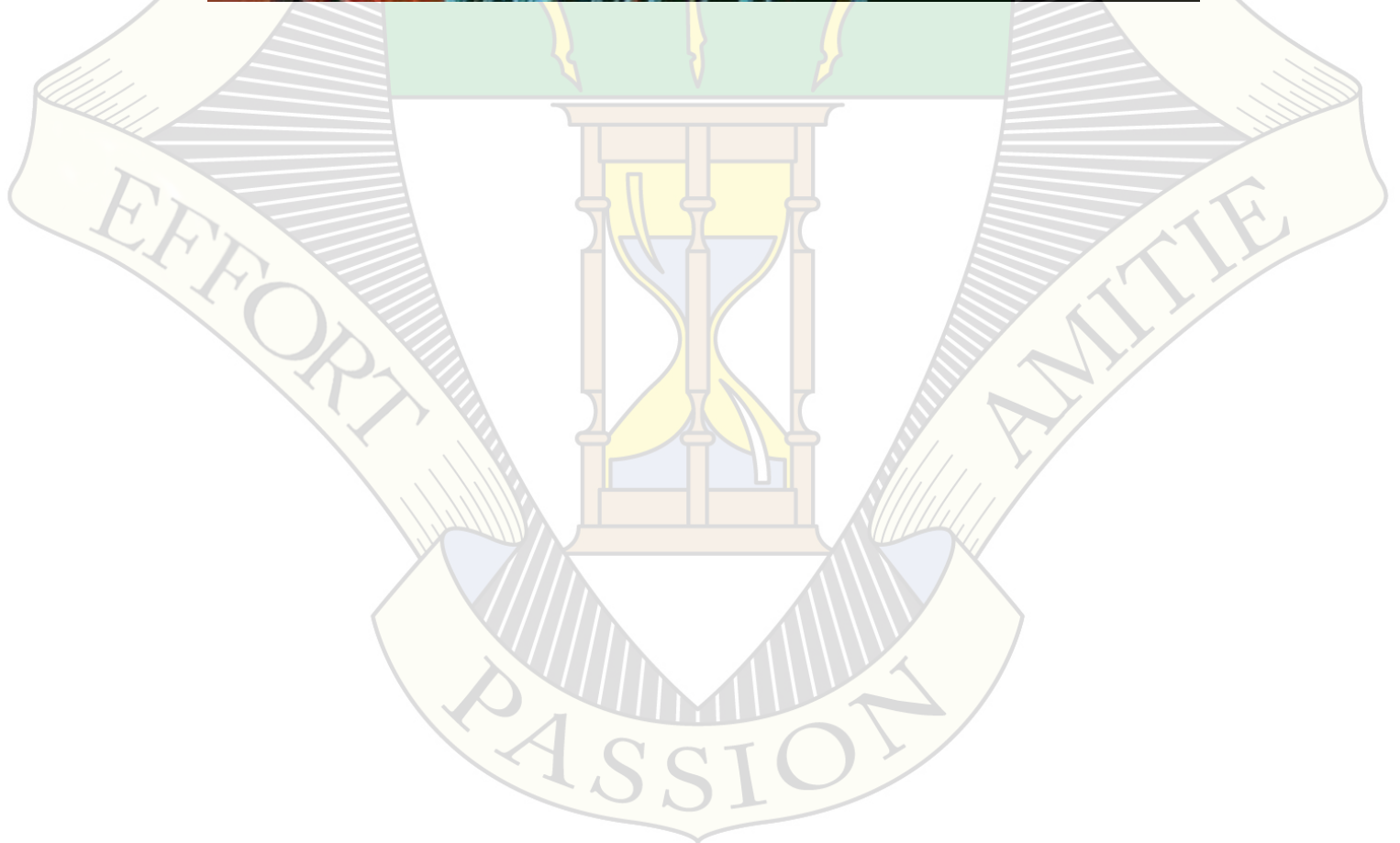
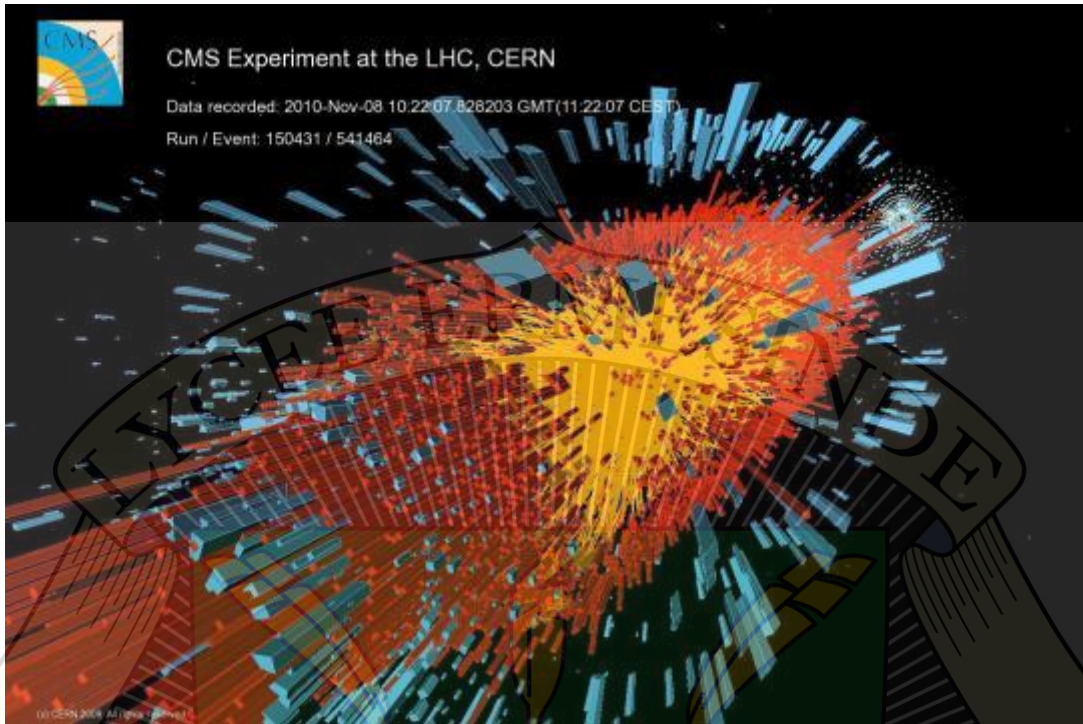
<http://www.br.de/themen/wissen/lhc-cern-teilchenbeschleuniger-100.html> (Cern



2015)

Der Teilchenbeschleuniger Large Hadron Collider (LHC) befindet sich bei Genf in einem ringförmigen Tunnel, der rund 27 Kilometer lang ist. In hundert Metern Tiefe haben Wissenschaftler der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN) mehr als tausend Magnete aneinandergereiht. Diese beschleunigen Protonen oder Blei-Ionen nahezu auf Lichtgeschwindigkeit und lassen sie dann mit gewaltiger Energie zusammenstoßen. Beim Aufprall werden die Teilchen zertrümmert und es entstehen neue Teilchen. Die CERN-Forscher hoffen, bei den Kollisionen Elementarteilchen zu beobachten, die bisher nur in ihren Theorien existieren. Das gelang ihnen zum Beispiel beim Higgs-Teilchen, das der Materie Masse verleiht.

Die Ergebnisse der momentanen Simulation sind noch nicht bekannt, doch dabei könnte, so die Furcht der Journalisten, ein Schwarzes Loch entstehen, das die Erde auffrisst. Es ist möglich und sogar wahrscheinlich, dass ein Schwarzes Loch entstehen würde, doch, das würde direkt wieder verschwinden, weil es eine zu kleine Lebenslänge hat um Materie zu „essen“.



Definitionen

1. massereiche Sterne = Ein Stern, der eine sehr große Masse hat.

Metrik = Lehre von den Maßen und steht in der Physik und Technik für ein Maßzahl-System, also ein Zahlenwert zuzüglich einer Einheit einer Physikalischen Größe.

Primordial= Der Begriff stammt aus dem Lateinischen für *primordium*, dt.: Anfang, Ursprung.

2. Gravitationsfeld = Ein Raumgebiet, in dem ein Objekt mit einer sehr großen Masse eine Gravitations-Anziehungskraft auf ein anderes Objekt ausübt.

3. *Stellare* = im Weltraum

4. *Singularität* = Singularität ist ein unendlich kleiner Punkt mit einer unendlich großer Masse

5. *Schwarzschildradius* = Das ist der Radius dem man braucht, um ein Objekt so stark zu komprimieren das er zu einem Schwarzen Loch wird und Licht nicht entkommen kann. Benannt nach dem Forscher Karl Schwarzschild, der diese Metrik (Zahlenwert) erfand.

6. *Supernova* = Eine Supernova ist das kurzzeitige, helle Aufleuchten eines Sterns am Ende seiner Lebenszeit durch eine Explosion, bei der der ursprüngliche Stern selbst vernichtet wird. Die Leuchtkraft des Sterns nimmt dabei millionen- bis milliardenfach zu, er wird für kurze Zeit so hell wie eine ganze Galaxie

7. *Weißer Zwerge* = Ein Weißer Zwerg ist ein Stern, der trotz seiner durch die hohen Oberflächentemperatur eine sehr kleine Leuchtkraft aufweist

8. *Szenario* = hypothetische Aueinanderfolge von Ereignissen.

9. *Teilchenbeschleuniger* = Ein Teilchenbeschleuniger ist ein Gerät, in dem elektrisch geladene Teilchen durch elektrische Felder auf große Geschwindigkeiten beschleunigt werden. Im Innenraum des Beschleunigers muss Vakuum herrschen. Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten und Funktionsweisen der verschiedenen Teilchenbeschleunigertypen beschreibt die Beschleunigerphysik.

10. *Stringtheorie* = Als Stringtheorie bezeichnet man eine Sammlung eng verwandter hypothetischer physikalischer Modelle, die anstelle der Elementarteilchen – das sind Objekte der Dimension Null – sogenannte Strings als fundamentale Objekte miteindimensionaler räumlicher Ausdehnung verwenden. Das steht im Gegensatz zu den gewohnten Modellen der Quantenfeldtheorie, die von nulldimensionalen Teilchen ausgehen.

11. *Neutronensterne* = Ein Neutronenstern ist ein astronomisches Objekt mit einer extrem hohen Dichte und einem typischen Durchmesser von etwa 20 km bei einer Masse von etwa 1,44 bis 3 Sonnenmassen.

12. Mehrfachsternsysteme = Mehrfachsternsysteme bestehen aus mehreren, durch die Schwerkraft aneinander gebundenen Einzelsternen. Neben Doppelsternsystemen gibt es auch Sternsysteme mit drei, vier und noch mehr Sternen.

14. Quanteneffekte = Ein Effekt, der durch die Überlagerung von 2 Atomen

15. Ereignishorizont = Der Ereignishorizont ist die Stelle wo kein Licht, oder Information etc. wieder heraus kann

16. CERN = die Europäische Organisation für Kernforschung bei Meyrin im Kanton Genf in der Schweiz. Am CERN wird physikalische Grundlagenforschung betrieben. Mit seinen etwa 3.200 Mitarbeitern (Stand: 31. Dezember 2011)[2] ist das CERN das weltgrößte Forschungszentrum auf dem Gebiet der Teilchenphysik. Über 10.000 Gastwissenschaftler[2] aus 85 Nationen arbeiten an CERN-Experimenten.

17. Licht = Licht besteht nach der allgemeinen physikalischen Auffassung aus elektromagnetischen Wellen und ist prinzipiell dasselbe wie Radiowellen, die wir zum Rundfunk- oder Fernsehempfang benutzen, mit dem Unterschied, dass die elektromagnetische Strahlung, die wir mit dem Auge als Licht wahrnehmen. Außerdem bestehen sie aus Photonen und Lichtquanten.

Quellen

Lucy und Stephen Hawking: Die unglaubliche Reise ins Universum.

Lucy und Stephen Hawking: Der geheime Schlüssel zum Universum.

Lucy und Stephen Hawking: Zurück zum Urknall- Die große Verschwörung.

Harald Lesch/ Jörn Müller: Kosmologie für Fußgänger Eine Reise durch das Universum.

<https://www.youtube.com/watch?v=dn595GBrnMo> 08.01.2013

https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch <http://kosmologie.fuer-eilige.de/schwarzesloch.htmf>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Relativit%C3%A4tstheorie>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hawking-Strahlung>

<http://www.weltderphysik.de/gebiet/astro/news/2014/jet-aus-schwarzem-loch/>

<https://www.youtube.com/watch?v=TR6VArXZBuA>

<https://www.youtube.com/watch?v=J1WwLRptu4Q>

[https://www.youtube.com/watch?v= TjYobXKebM](https://www.youtube.com/watch?v=TjYobXKebM)

<http://www.science.lu/de/content/was-ist-ein-schwarzes-loch>

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Szenario#Bedeutung3>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Stringtheorie>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Neutronensterne>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Teilchenbeschleuniger>

<http://www.redshift-live.com/de/kosmos-himmelsjahr/lexikon/Mehrfachsternsystem.html>

http://universal_lexikon.deacademic.com/113546/Quanteneffekt#sel

<http://marvin.sn.schule.de/~erzkoll/projekte/astro1/sterne.html>

<http://www.br.de/themen/wissen/lhc-cern-teilchenbeschleuniger-100.html>

<http://www.astronews.com/news/artikel/2015/11/1511-040.shtml>

<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-19578-2015-11-27.html>

<https://youtu.be/2j04JEjKMjg>

<http://www.zeit.de/wissen/2011-01/schwarzes-loch-dunkle-materie/seite-2>

<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-bild-17918-2014-08-19-24862.html>

<http://www.bild.de/video/clip/cern/cern-12008016.bild.html>