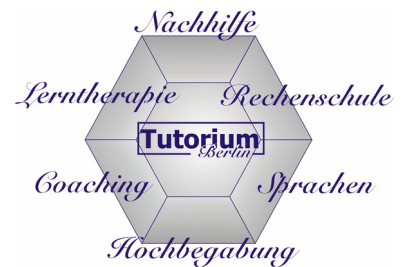


# Schwarzes Loch

weitere Experimente unter  
[forschen.Tutorium-Berlin.de](http://forschen.Tutorium-Berlin.de)



Nachhilfe-TUTORIUM ist ein Unternehmen der Gruppe  
TUTORIUM Berlin Hasenmark 5 in 13585 Berlin

Ein Schwarzes Loch ist ein Objekt, dessen Masse auf ein extrem kleines Volumen konzentriert ist und infolge dieser Kompaktheit in seiner unmittelbaren Umgebung eine so starke Gravitation erzeugt, dass nicht einmal das Licht diesen Bereich verlassen oder durchlaufen kann. Die äußere Grenze dieses Bereiches wird Ereignishorizont genannt. Nichts kann einen Ereignishorizont von innen nach außen überschreiten - keine Information, keine Strahlung und schon gar keine Materie.

Ein solches kompaktes Objekt wird auch als **Singularität** bezeichnet.

Die Anzahl schwarze Löcher im beobachtbaren Universum wird derzeit auf etwa 40 Trillionen geschätzt.

## Entstehung

Die Gravitation ist eine der vier Grundkräfte der Physik, sie äußert sich in der gegenseitigen Anziehung von Massen. Dadurch bewegt sich Materie solange auf einander zu bis sie von einer gleichgroßen aber der Gravitation entgegengerichteten Gegenkraft davon abgehalten wird.

Bei **Planeten** wird diese Gegenkraft durch die Abstoßung zwischen den Atomen erzeugt.

**Sterne** haben viel mehr Masse als Planeten. Der Gravitationsdruck in ihrem Kern ist groß genug um die Abstoßung zwischen den Wasserstoff-Atomen zu überwinden. Dadurch beginnen die Atome zu verschmelzen (Kernfusion). Die dabei frei werdende Energie wirkt der Gravitation entgegen, dieser so genannte **Strahlungsdruck** ist hier die Gegenkraft zur Gravitation.

Ist der „Treibstoff“ für die Kernfusion in Sternen verbraucht endet auch der Strahlungsdruck und die Materie fällt weiter in sich zusammen. Bei Sternen die mindestens 8 mal so schwer sind wie unsere Sonne kann die Gravitation die Abstoßung zwischen den Atomen im ausgebrannten Kern überwinden. Dadurch werden die Protonen und Elektronen der Atome in Neutronen umgewandelt.

Erst die Neutronen sind in der Lage einen Gegendruck aufzubauen und den weiteren Kollaps aufzuhalten. Allerdings wird der Sternkern mit etwa 1,25 bis 3 Sonnenmassen dabei auf nur 20km Durchmesser komprimiert. Es entsteht ein **Neutronenstern**.

Bei noch schwereren Sternen (etwa ab 25 Sonnenmassen) kann der ausgebrannte Kern so schwer sein das sein Gravitationsdruck auch der Abstoßung zwischen den Neutronen überwindet. Dann wird die Materie im Kern noch weiter komprimiert und es entsteht ein **schwarzes Loch**.

## Auswirkungen

Da die Masse erhalten bleibt, wächst die Dichte des Körpers über alle Grenzen. Solche Körper krümmen die Raumzeit in ihrer Nähe so stark das weder Materie noch Information diesen Bereich verlassen kann. Die Grenze dieses Bereichs ist der sogenannte **Ereignishorizont**. Der Ereignishorizont ist kein physisches Gebilde, er bezeichnet nur eine Grenzfläche.

Es ist ein weitverbreiteter Irrtum, dass das Gravitationsfeld bei üblichen Entfernungen von außerordentlich großer Stärke sei. Wenn man jedoch unsere Sonne durch ein Schwarzes Loch gleicher Masse ersetzt würde sich am Gravitationsfeld im Sonnensystem nichts ändern. Abgesehen vom Fehlen des Sonnenlichts wäre lediglich in unmittelbarer Umgebung des Schwarzen Loches (innerhalb etwa des vorherigen Kernradius der Sonne) ein enormer Zuwachs der Gravitationsbeschleunigung festzustellen.

Der Begriff „Schwarzes Loch“ verweist auf den Umstand, das Materie und Strahlung in den Bereich innerhalb des Ereignishorizont nur hineinfallen, aber nicht wieder hinausgelangen kann. Da insbesondere auch eine elektromagnetische Welle, wie etwa sichtbares Licht, diesen Bereich nicht verlassen kann ist es nicht möglich den Bereich innerhalb des Ereignishorizonts zu beobachten.

### TUTORIUM Berlin Nachhilfe -TUTORIUM

Inhaber u. Pädagogischer Leiter: **Holger Schackert**  
Diplom-Mathematiker, Lerntherapeut,  
Psychologischer Berater u. Personal Coach

**Hasenmark 5 in 13585 Berlin-Spandau, Büro: Gartenhaus 1.Etage**

### Anmeldung, Beratung und Informationen:

**Montag - Freitag: 14.30-17.00 Uhr**

und / oder nach Vereinbarung unter

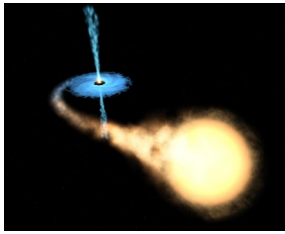
☎: **030 – 85018820** und 030 – 353 053 20

[www.Tutorium-Berlin.de](http://www.Tutorium-Berlin.de)

E-Mail: [info@tutorium-berlin.de](mailto:info@tutorium-berlin.de)

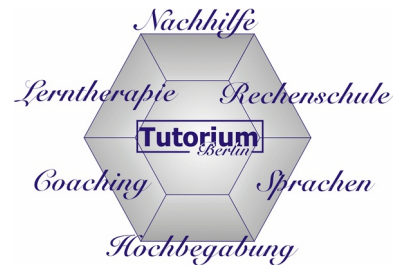
[www.Nachhilfe-Tutorium.de](http://www.Nachhilfe-Tutorium.de)

E-Mail: [info@nachhilfe-tutorium.de](mailto:info@nachhilfe-tutorium.de)



# Schwarzes Loch

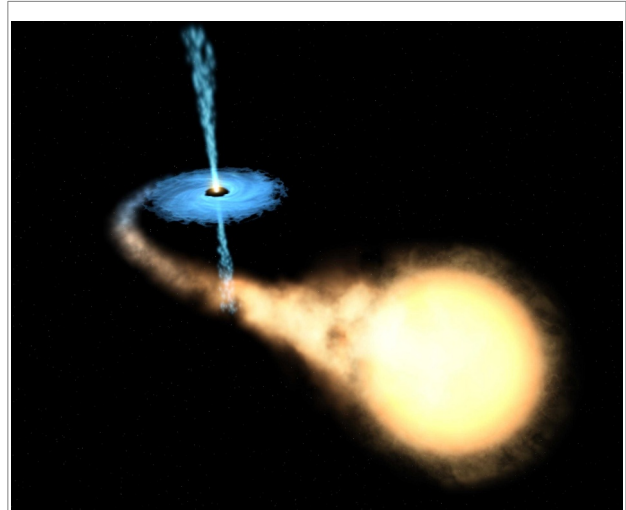
weitere Experimente unter [forschen.Tutorium-Berlin.de](http://forschen.Tutorium-Berlin.de)



## Beobachtung aktiver schwarzer Löcher

Gelangt ein Stern in die Nähe einer Singularität wird es von dessen Gravitation angezogen und schließlich zerrissen. Die Überreste des Stern (Gas und Staub) wird in eine enge Umlaufbahn um die Singularität gezogen. Diese **Akkretionsscheibe** ist eine rotierende Scheibe, die die Materie in Richtung des Zentrums transportiert (akkretiert). Da die Gasscheibe nicht als starrer Körper rotiert, bewegen sich die inneren Bereiche aufgrund der Keplerschen Gesetze schneller als die äußeren. Dadurch ergeben sich starke Reibungs- und Scherkräfte, sodass die rotierenden Scheibe hell aufleuchten.

Nur ein Teil des Scheibengases erreicht allerdings die Singularität, der andere Teil strömt senkrecht zur Rotationsebene vom Objekt weg, er wird dann als **Jet** bezeichnet.

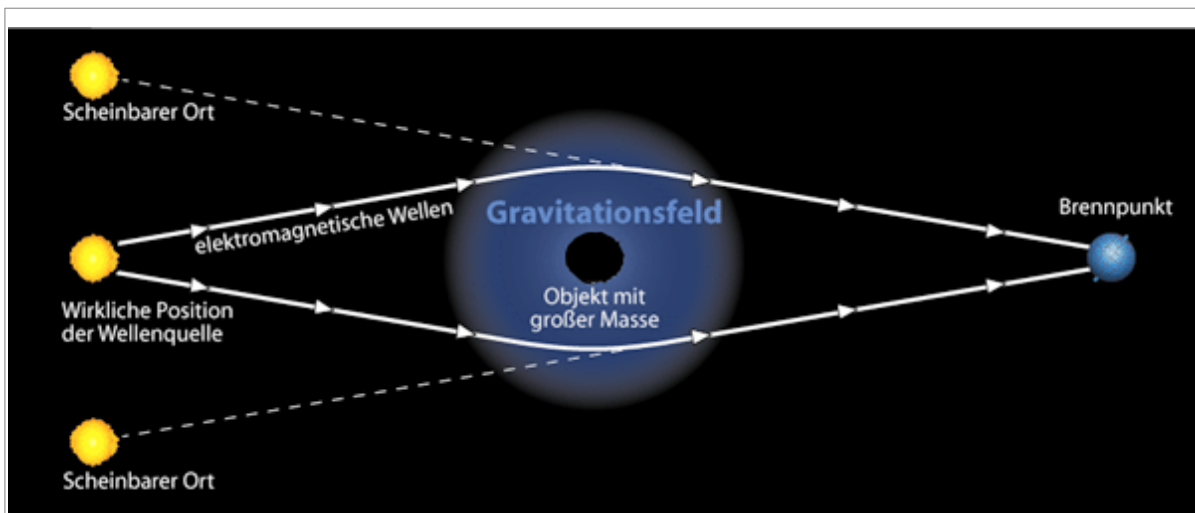


Ein Stern (gelb) wird von der Gravitationskraft eines Schwarzen Loches zerrissen, sein Gas sammelt sich in der Akkretionsscheibe (blau) um die Singularität. Senkrecht zur Scheibe wird Gas als Jet ausgestoßen.

## Beobachtung inaktiver schwarzer Löcher

Ein Objekt hinter der Singularität kann nicht direkt beobachtet werden, da das direkte Licht den Ereignishorizont nicht mehr verlässt. Außerhalb des Ereignishorizontes wird das Licht nicht mehr "verschluckt", es wird aber von der Gravitation abgelenkt. wie bei einer Sammellinse, diesen Effekt bezeichnet man als **Gravitationslinse**.

Je nach Position des beobachteten Objektes hinter der Singularität ist dieses Objekt verschoben, verzerrt oder auch mehrfach sichtbar. Dadurch lassen sich inaktive schwarze Löcher indirekt nachweisen.



Das Licht des Sterns (links) wird auf beiden Seiten der Singularität so abgelenkt das es bis zur Erde (rechts) gelangt.

### TUTORIUM Berlin Nachhilfe -TUTORIUM

Inhaber u. Pädagogischer Leiter: **Holger Schackert**  
Diplom-Mathematiker, Lerntherapeut,  
Psychologischer Berater u. Personal Coach

Hasenmark 5 in 13585 Berlin-Spandau, Büro: Gartenhaus 1.Etage

### Anmeldung, Beratung und Informationen:

Montag - Freitag: 14.30-17.00 Uhr

und / oder nach Vereinbarung unter

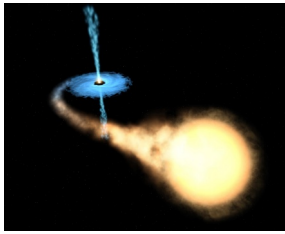
☎: 030 – 85018820 und 030 – 353 053 20

[www.Tutorium-Berlin.de](http://www.Tutorium-Berlin.de)

E-Mail: [info@tutorium-berlin.de](mailto:info@tutorium-berlin.de)

[www.Nachhilfe-Tutorium.de](http://www.Nachhilfe-Tutorium.de)

E-Mail: [info@nachhilfe-tutorium.de](mailto:info@nachhilfe-tutorium.de)



## Schwarzes Loch

weitere Experimente unter  
[forschen.Tutorium-Berlin.de](https://www.forschen.tutorium-berlin.de)



### Aktuelle Forschung

- April 2019: **erste Bild eines Schwarzen Lochs.**  
Dieses Bild wurde mit Radioteleskopen von dem 55 Millionen Lichtjahre entfernten aktiven schwarzen Loch im Zentrum der Galaxis M87 gemacht. Es zeigt die Radio-Strahlung die von der Akkretionsscheibe ausgeht.
- Februar 2022: **Erstes frei fliegendes schwarzes Loch entdeckt**  
Das inaktive schwarze Loch OGLE-2011-BLG-0462 mit geschätzten 7,1 Sonnenmassen befindet sich ca 5200 Lichtjahre von uns entfernt. Es wurde bei der Beobachtung eines ca. 20 Tausend Lichtjahre entfernten Sterns entdeckt als dessen Licht durch die Gravitationslinse des schwarzen Lochs verzerrt wurde.
- Mai 2022: **erstes Bild vom Schwarzen Loch im Zentrum unserer Milchstrasse**  
Sagittarius A\* befindet sich etwa 26 Tausend Lichtjahre von uns im Zentrum der Milchstrasse und hat eine geschätzte Masse von 4,154 Mio. Sonnenmassen. Auch hier wurde die Radio-Strahlung von der Akkretionsscheibe aufgezeichnet. Die Beobachtung war schwieriger als bei M87 da Staubwolken den Blick ins Zentrum unserer Galaxie behindern.
- Juli 2022: **Erstes inaktives stellares Schwarzes Loch außerhalb der Milchstraße entdeckt**  
VFTS 243 befindet sich in der Großen Magellanschen Wolke, einer Nachbargalaxie der Milchstraße, etwa 160 Tausend Lichtjahr von uns entfernt. Es hat etwa 9 Sonnenmassen und umkreise einen heißen, blauen Stern mit der 25-fachen Masse unserer Sonne. Seine Beobachtung erfolgte indirekt durch die Beobachtung der Bewegung seines Begleitsterns.
- November 2022: **Schwarzes Loch in „Erdnähe“ entdeckt.**  
Nur 1600 Lichtjahre von der Erde entfernt befindet sich Gaia BH1, ein Doppelsternsystem das aus einem Gelben Zwerg und wahrscheinlich einem Schwarzen Loch besteht. Das schwarze Loch mit rund zehn Sonnenmassen wurde anhand der Bewegungen seines sonnenähnlichen Begleitsterns gefunden. Die Beobachtung erfolgte mit dem europäischen Weltraumteleskop Gaia das seit Mitte 2014 die Position von Sternen vermisst.



#### Quellen:

[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schwarzes\\_Loch&oldid=126948187](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schwarzes_Loch&oldid=126948187)

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Akkretionsscheibe&oldid=126174018>

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gravitationslinseneffekt&oldid=126939141>

[https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sagittarius\\_A\\*&oldid=227547977](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sagittarius_A*&oldid=227547977)

Bild "Accretion disk.jpg": Nasa

Bild "Gravitationslinse.gif": Horst Frank aus der deutschsprachigen Wikipedia cc3 unportet

Bild „Black hole - Messier 87 crop max res.jpg“: Event Horizon Telescope, uploader cropped and converted TIF to JPG, CC BY 4.0 via Wikimedia Commons

### TUTORIUM Berlin Nachhilfe -TUTORIUM

Inhaber u. Pädagogischer Leiter: **Holger Schackert**  
Diplom-Mathematiker, Lerntherapeut,  
Psychologischer Berater u. Personal Coach

**Hasenmark 5 in 13585 Berlin-Spandau, Büro: Gartenhaus 1.Etage**

#### Anmeldung, Beratung und Informationen:

**Montag - Freitag: 14.30-17.00 Uhr**

und / oder nach Vereinbarung unter

☎: **030 – 85018820** und 030 – 353 053 20

[www.Tutorium-Berlin.de](http://www.Tutorium-Berlin.de)

E-Mail: [info@tutorium-berlin.de](mailto:info@tutorium-berlin.de)

[www.Nachhilfe-Tutorium.de](http://www.Nachhilfe-Tutorium.de)

E-Mail: [info@nachhilfe-tutorium.de](mailto:info@nachhilfe-tutorium.de)