

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 81 (2023)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Was sind eigentlich Gravitationslinsen?  
**Autor:** Baer, Thomas  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1049506>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Phantombilder am Himmel

# Was sind eigentlich Gravitationslinsen?



**Es gibt Gebiete in der Astronomie, die man sich nur schwer vorstellen kann. Um eine solche Frage geht es in der heutigen Ausgabe von «Nachgedacht – nachgefragt»: Was sind eigentlich Gravitationslinsen? Wir haben einst in der Schule gelernt, dass sich Licht von einer Lichtquelle radial geradlinig ausbreitet. Doch ein gewisser Albert Einstein konnte beweisen, dass ein Lichtstrahl durch eine grosse Masse gekrümmt wird.**

Beitrag: Thomas Baer

Schon der englische Physiker *Isaac Newton* beschrieb Kräfte, die zwischen Körpern wirken; die Gravitation. Die Erde etwa zieht den Mond an, der Mond aber «zupft» auch an der Erde. Und dieses tanzende Paar wird wiederum von der Sonne angezogen. Die Erde mit ihrem Trabanten hat jedoch nur einen verschwindenden Einfluss auf das Zentralgestirn. Selbst der riesige Jupiter vermag die massereiche Sonne nur wenig zu beeindrucken. Doch die gegenseitigen «Kräfte» unter den Planeten haben Auswirkungen auf deren Bahnen und Umlaufszeiten; sie werden gestört.

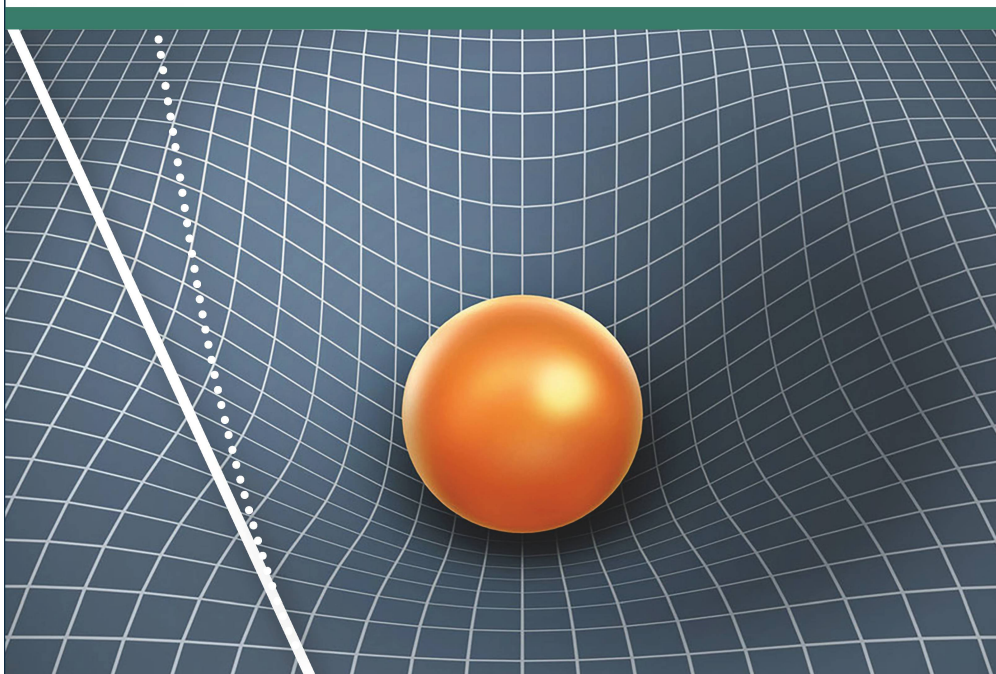
Erst *Albert Einstein* konnte eine plausible Erklärung liefern. Vor über einem

Jahrhundert reiste der britische Astrophysiker *Arthur Stanley Eddington* zur totalen Sonnenfinsternis am 29. Mai 1919 nach Westafrika, um *Einsteins* Relativitätstheorie zu bestätigen. Worum ging es dabei? Bei einer vollständigen Sonnenfinsternis ist es möglich, am heiterhellen Tag die Sterne im Hintergrund der Sonne zu fotografieren, die normalerweise komplett überstrahlt wären. *Einsteins* Theorie, dass massereiche Himmelskörper den Raum krümmen müssten, sollte selbst bei unserer Sonne einen Effekt zeigen. Wenn seine Vermutung stimmte, dürften die Sterne in unmittelbarer Sonnenumgebung nicht exakt an den Positionen stehen, wo sie auf Sternkarten eingetragen sind, sondern

müssten etwas abweichen, weil ihr Licht durch die Masse der Sonne – wir sprechen hier von einem Gravitationsfeld – ein wenig abgelenkt wird. Die Auswertungen der Fotoplatten erbrachten die gewünschten und vermuteten Ergebnisse, und *Einsteins* Allgemeine Relativitätstheorie konnte so experimentell bestätigt werden.

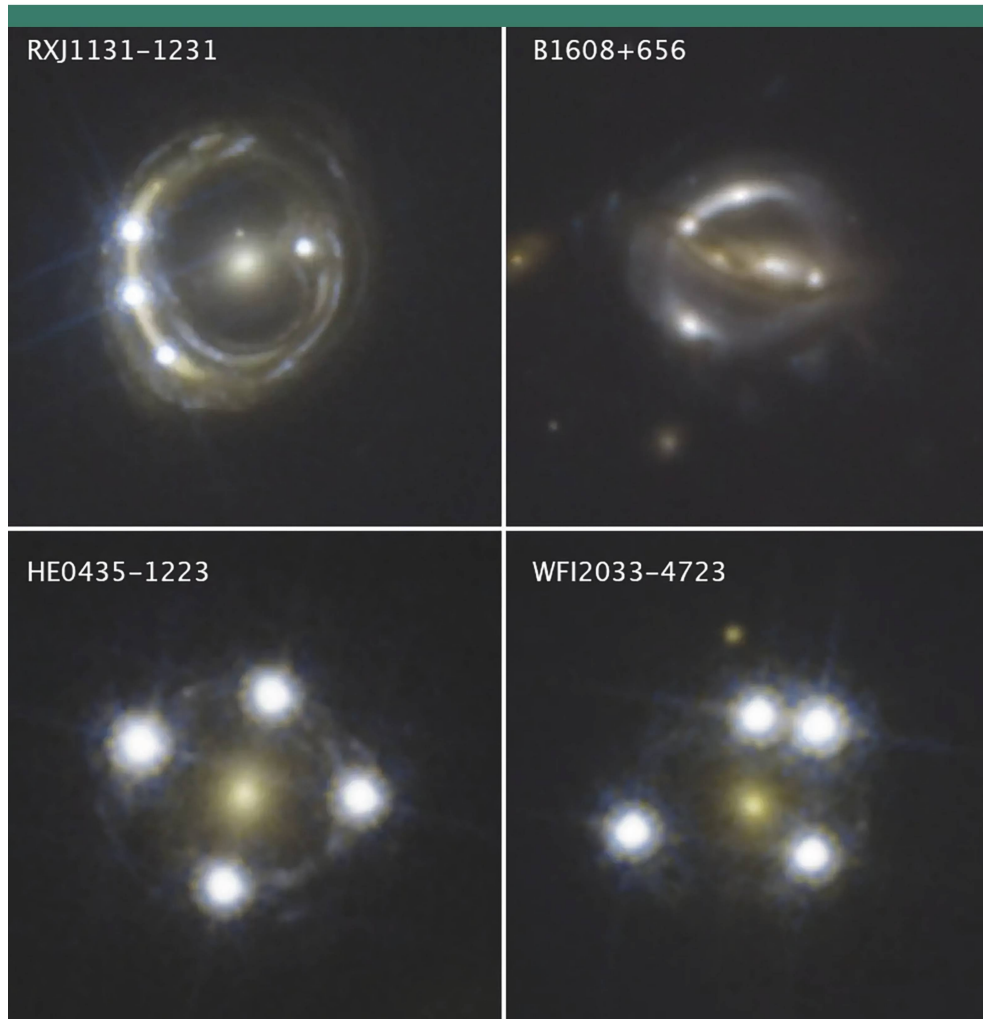
## DER GEKRÜMMTE RAUM

Sich den vermeintlich leeren Raum vorzustellen, übersteigt unsere Möglichkeiten. Noch viel schwieriger aber ist es, sich ein «Bild» des Raums mit den wirkenden Kräften zu machen, weil wir diese «Kräfte» nicht so einfach sehen können. Auch da half *Einstein*: Er verglich den



**Abbildung 1:** Eine Masse – hier z. B. ein Stern wie unsere Sonne – verformt den Raum. Ein Lichtstrahl wird daher abgelenkt.

Quelle: Wikipedia



**Abbildung 2:** Hier sehen wir verschiedene Aufnahmen, die uns Gravitationslinseneffekte zeigen. Nur wenn sich ein Objekt exakt hinter dem massereichen Körper befindet, kann ein «Einsteinring» entstehen. Liegen die fernen Objekte etwas ausserhalb des Sichtstrahls, können sie gewissermassen als Fatamorgana gleich mehrfach erscheinen.

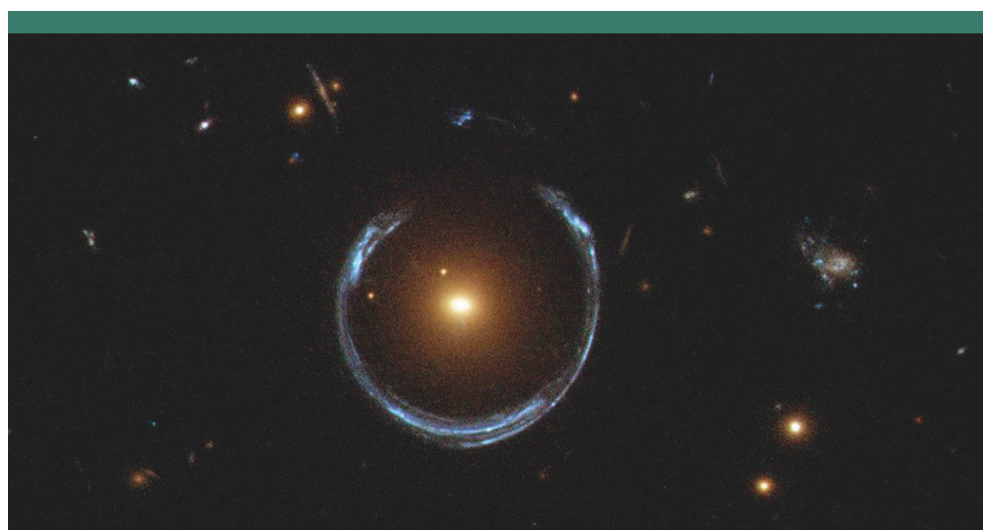
Bilder: ESA/Hubble & NASA

Raum – er nannte es Raumzeit – als «flache Ebene», so, als würde man ein Stofftuch gleichmässig spannen. Legt man eine schwere Metallkugel auf das Tuch, entsteht eine Vertiefung, eine Delle. Wir sehen also, wie sich der Raum um den massereichen Körper «verbiegt» (Abbildung 1). Massereiche Himmelskörper krümmen den Raum weniger stark als massereiche. Die

Dellen sind also alle unterschiedlich tief, können aber erklären, warum etwa die Planeten um die Sonne kreisen. Experimentell können wir dies am «Raumzeit-Modell» sehr schön nachvollziehen, indem wir kleinere Kugeln auf unserem Stofftuch auf die Reise schicken und diese dann auf elliptischen Bahnen um die schwere Metallkugel herum ihre Runden drehen.

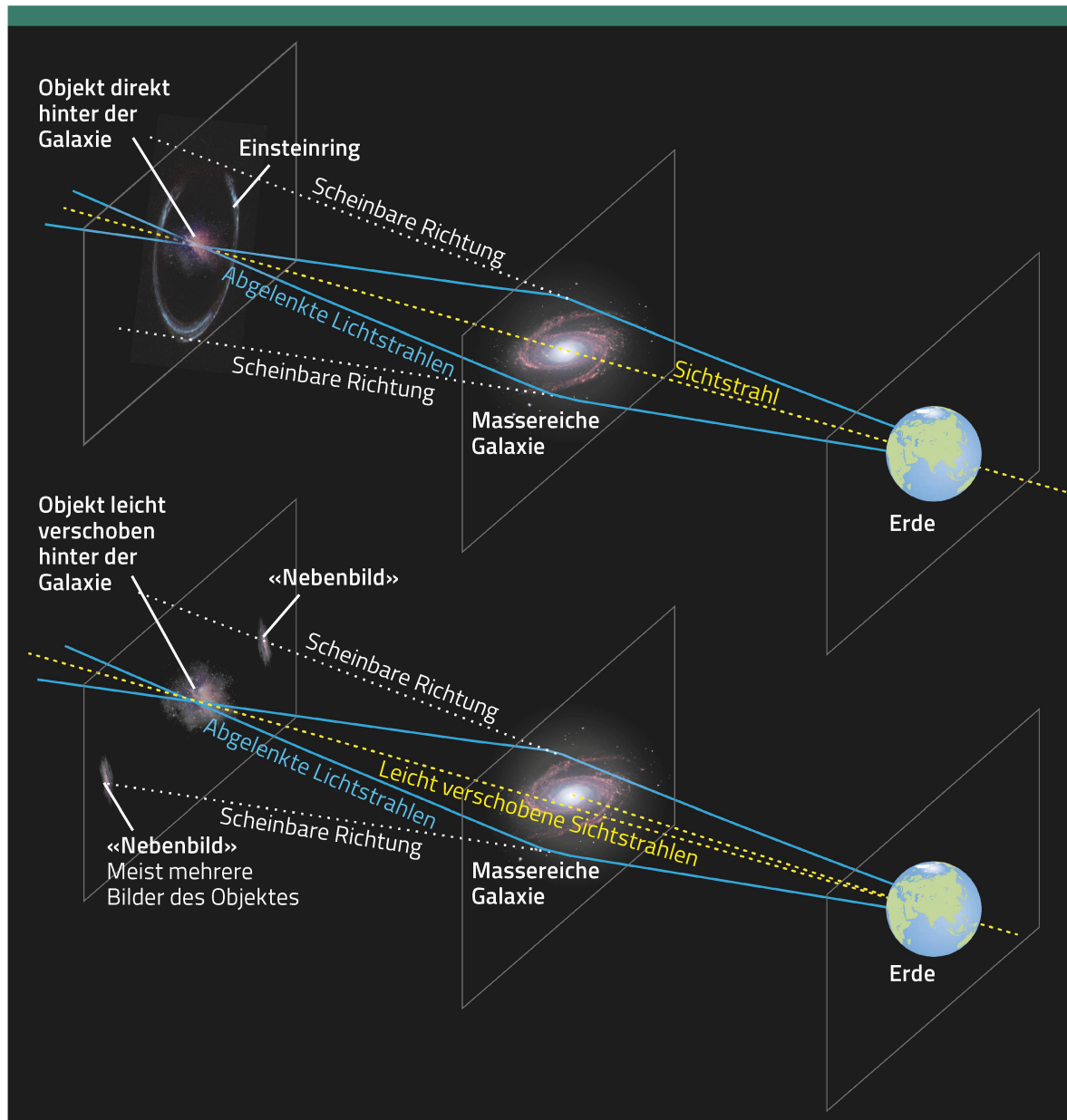
### MASSEREICHE KÖRPER WIRKEN WIE EINE OPTISCHE LINSE

Inzwischen haben Weltraumteleskope die Raumkrümmung schon zig-fach indirekt fotografiert (Abbildung 2). Für unser Auge wirken diese Aufnahmen fast etwas surreal. Da sieht man etwa auf einem Hubblebild eine Galaxie, um die herum zwei dahinterliegende Galaxien wie ein



**Abbildung 3:** Es wird auch das «kosmische Hufeisen» genannt. Die Vordergrundgalaxie LRG 3-757 in der Mitte des Rings ist äusserst massereich und zwei exakt dahinterliegende Galaxien erscheinen als «Einsteinring».

Bild: ESA/Hubble & NASA



**Abbildung 4:** In dieser Grafik wird gezeigt, wie der Gravitationslinseneffekt zustandekommt. Liegt ein massereiches Objekt, z. B. eine Galaxie, direkt vor einem anderen, viel weiter entfernten Objekt, sorgt die Raumkrümmung für eine nahezu gleichmässige Verzerrung des Objekts; wir sehen einen Einsteinring (oben). Liegen die Objekte allerdings leicht versetzt hintereinander, können wir durch den Linseneffekt oft mehrere «Nebenbilder» sehen.

Infografik: Thomas Baer, Redaktion ORION

Ring verzerrt erscheinen (Abbildung 3). Das Objekt trägt die Bezeichnung LRG 3-757. Was wir hier beobachten können, ist ein Gravitationslinseneffekt, auch Einsteinring genannt. Die elektromagnetische Strahlung folgt eben der Raumkrümmung, und so kann eine massereiche Galaxie durch ihre Gravitation Lichtstrahlen dahinterliegender Objekte ablenken. Nun kann es sein,

dass ein Beobachter ein weit entferntes Objekt durch den Gravitationslinseneffekt gleich mehrfach sieht, weil die Lichtstrahlen auf unterschiedlichen Wegen in sein Auge gelangen können. Steht das Objekt allerdings präzise hinter der Linse, können die Bilder als Ringsegmente um die Galaxie oder unter idealen Bedingungen als vollständiger Ring sichtbar werden. Hier sind

die Verhältnisse zwischen Linse und «gelinstem Objekt» besonders symmetrisch.

#### EINE GRAVITATIONSLINSE IST KEIN HIMMELSOBJEKT

Eine Gravitationslinse ist, wie wir gelernt haben, kein Himmelsobjekt, sondern bloss ein durch die Objekte hervorgerufener Effekt. Vereinfacht können wir





**Abbildung 5:** Die NASA nennt dieses Bild «Webbs erstes Deep Field». Es ist ein Bild des Galaxienhaufens «SMACS 0723». Die Masse der Galaxien verzerrt und vergrößert weiter entfernte Galaxien im Hintergrund.

Bild: NASA / ESA / CSA / STScI

sagen; Massen wirken als Linsen. Damit ein sichtbarer Effekt entsteht, müssen es Objekte mit einem extrem intensiven Gravitationsfeld sein, etwa Schwarze Löcher, Galaxien oder ganze Galaxienhaufen. Wie wir eingangs erfahren haben, ist die Wirkung unserer Sonne zwar messbar, aber wäre von bloßem Auge niemals wahrnehmbar.

Es gibt allerdings auch schwache Gravitationsfelder, die entsprechend schwache Verzerrungen bewirken, deren Auswirkungen man nicht direkt sehen, aber durch statistische Methoden ermitteln kann.

Dann gibt es noch einen weiteren Effekt. Dieser wird durch Sterne und Planeten erzeugt, die sich vergleichsweise nahe, also innerhalb unserer Milchstraße befinden. Wenn von uns aus gesehen ein Stern genau vor einem anderen vorüberzieht, erfährt dieser genauso eine Lichtablenkung. Der Unterschied allerdings ist, dass wir nicht wie bei weit entfernten Objekten «Phantombilder» sehen, sondern durch den Linseneffekt lediglich eine kleine Hellig-

keitsveränderung des Hintergrundstern wahrnehmen können, weil das Licht kurzzeitig gebündelt wird. Wir haben es mit einem Mikrolinseneffekt zu tun.

Diesen Effekt nutzen Astronominen und Astronomen, um die Masse von Sternen zu bestimmen. Gewöhnlich kann man Sternmassen auf direktem Wege nur für Doppelsterne über das dritte Gesetz von *Kepler* bestimmen. Bei Einzelsternen ist dies jedoch nicht möglich. Unter optimalen Bedingungen kann der Gravitationslinseneffekt verwendet werden. Diese Methode kam beim relativ nahen Weissen Zwerg LAWD 37 (WD 1142-645) in einer Entfernung von 15 Lj zur Anwendung. Das Objekt näherte sich im November 2019 einer Hintergrundquelle und verursachte ein astrometrisches Mikrolinsenereignis. Mithilfe der Astrometrie von Gaia und Folgedaten des Hubble-Weltraumteleskops konnten die Wissenschaftler die astrometrische Ablenkung der Hintergrundquelle messen und erhielten eine Gravitationsmasse für LAWD 37. Die grösste Herausforderung dieser

Analyse bestand darin, das Linsensignal der schwachen Hintergrundquelle zu extrahieren. Letztlich gelang es aber, was eine Masse für LAWD 37 von  $0,56 \pm 0,08$  Sonnenmassen ergab. ◀

### Sie wählen aus – wir berichten



In der Rubrik «Nachgedacht – nachgefragt» greifen wir astronomische Fragen von Leserinnen und Lesern auf. In jeder ORION-Ausgabe schlagen wir drei Themen vor, über die auf der ORION-Website via QR-Code (oben) abgestimmt werden kann. Die Frage mit den meisten Stimmen wird im nächsten Heft behandelt. Zur Auswahl für ORION 1/24 stehen folgende Themen:

- Was ist die dunkle Materie?
- Wie entstanden die schwereren Elemente vom Eisen bis zum Uran?
- Was verstehen wir unter der Hintergrundstrahlung?