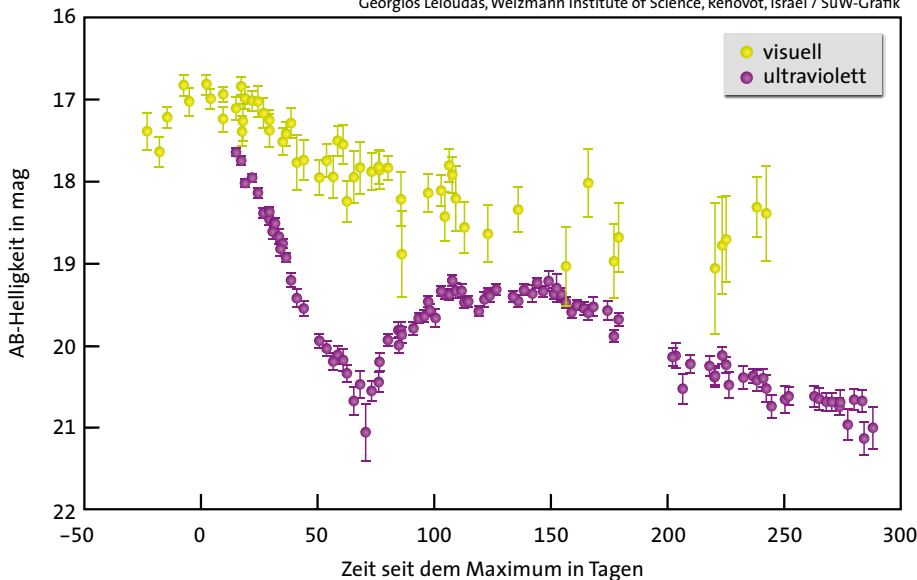




Die Lichtkurve von ASASSN-15lh zeigt nach dem Maximum am 5. Juni 2015 einen Rückgang, der rund 60 Tage später im ultravioletten Spektralbereich in einen starken Helligkeitsanstieg umschwenkt. Dieses Verhalten deutet einerseits auf ein rotierendes Schwarzes Loch hin und andererseits auf ein »tidal disruption event« (TDE), also ein zerstörendes Ereignis durch Gezeiten, bei dem ein sonnenähnlicher Stern auseinandergezogen – spaghettisiert – wurde. Die vom Satelliten Swift aufgenommenen Messwerte sind in AB-Helligkeiten aufgetragen, deren Nullpunkt bei 3631 Jansky liegt, und eine bessere Vergleichbarkeit mit Radiodaten ermöglicht.

ZUM NACHDENKEN

Gezeitenkraft am Ereignishorizont



Schwarze Löcher sind von einer Sphäre umgeben, deren Grenzfläche sich nur in einer Richtung durchqueren lässt. Ihr Radius trägt den Namen von Karl Schwarzschild (1873–1916) und ist bei nicht rotierenden Schwarzen Löchern der Masse M_{BH} gegeben durch: $R_S = 2 G M_{\text{BH}} / c^2$ (Gravitationskonstante: $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, Lichtgeschwindigkeit: $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$). Kommt ein Stern mit Radius r_* und Masse M_* dem Schwarzen Loch zu nahe, so wird er von Gezeitenkräften zerrissen.

Aufgabe 1: Die von einem Schwarzen Loch im Abstand R hervorgerufene Gezeitenkraft F_G ist bis auf einen Vorfaktor: $F_G = G M_{\text{BH}} m r / R^3$. Darin ist m eine kleine Gasmasse an der Oberfläche eines Sterns mit Radius r . Der Vorfaktor ist hier gleich 1 gesetzt und hängt ab von der Bahn des Sterns um das Schwarze Loch und der Dichteverteilung im Sterninneren. Die kleine Gasmasse wird vom Stern mit der Kraft $F_* = G M_* m / r^2$ angezogen. Nähert sich der Stern auf seiner Bahn dem Schwarzen Loch hinreichend an, so werden ab einer gewissen Distanz, Gezeitenradius R_T genannt, die beiden Kräfte gleich groß, $F_G = F_*$. Die Gezeitenkraft beginnt nun, dem Stern an dessen Oberfläche Materie zu

entreißen. Ab welchem Abstand R_T beginnt dieser Prozess? Gesucht ist eine Gleichung der Form $R_T = f(M_{\text{BH}}, M_*, r)$.

Aufgabe 2: Wie groß sind der Gezeitenradius und der Schwarzschildradius bei $r = R_\odot$ und $M_* = M_\odot$ für **a)** das extrem massereiche Schwarze Loch im Zentrum unseres Milchstraßensystems mit $M_{\text{BHMW}} = 4,23 \cdot 10^6 M_\odot$ und **b)** für dasjenige in ASASSN-15lh mit $M_{\text{BHA15}} = 8 \cdot 10^8 M_\odot$? Sonnenmasse: $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, Sonnenradius: $R_\odot = 6,963 \cdot 10^8 \text{ m}$.

Aufgabe 3: Der Schwarzschildradius skaliert linear mit der Masse des Schwarzen Lochs, der Gezeitenradius aber nur mit deren dritter Wurzel. Daher gibt es eine Grenzmasse, bei welcher der sich dem Schwarzen Loch nähernde Stern zuerst auf den Ereignishorizont trifft und im Ganzen verschwindet. Wie groß ist diese so genannte Hills-Masse M_H ? AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **10. Februar 2017** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. PDF: zumnachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe S. 93

erklären, etwa die Entstehung von Materiestrahlen, so genannter Jets. Zudem zeigten auch die am Nachweis von Gravitationswellen beteiligten Schwarzen Löcher eine Eigenrotation. Trifft das Szenario zu, so würde die Beobachtung von ASASSN-15lh Aufschluss über den Rotationszustand des Schwarzen Lochs ermöglichen – und wäre nebenbei der Nachweis eines rotierenden Kerr-Lochs.

Allerdings erklärt auch das TDE-Szenario nicht alle Beobachtungen: So bleiben bestimmte beobachtete Strukturen im Spektrum des Ausbruchs rätselhaft. Das geben die Forscher auch unumwunden zu: »Selbst mit allen zusammengetragenen Daten können wir nicht mit 100 Prozent Sicherheit sagen, dass ASASSN-15lh ein TDE war«, so Leloudas: »Aber es ist die mit Abstand wahrscheinlichste Erklärung.«

JAN HATTENBACH ist Physiker und Amateur-astronom. In seinem Blog »Himmelslichter«, zu finden unter www.himmelslichter.net, schreibt er über alles, was am Himmel passiert.

Literaturhinweise

Leloudas, G. et al.: The Superluminous Transient ASASSN-15lh as a Tidal Disruption Event from a Kerr Black Hole. In: Nature Astronomy 1, Nr. 0002, 2016
Dong et al.: ASASSN-15lh: A Highly Super-Luminous Supernova. In: Science 351, S. 257–260, 2016

WIS Didaktische Materialien: www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1051522 und [artikel/1051412](http://www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1051412)