

## Neues vom Zigarren-Asteroiden 'Oumuamua [21. Dez.]

Während der Entstehung und der Entwicklung unseres *Sonnensystems* wurden zahlreiche Himmelskörper, die sich später zu *Asteroiden* und *Kometen* entwickelten, in den *interstellaren Raum* (über die Grenzen des *Planetensystems*) hinausgeschleudert. Wahrscheinlich fand ein derartiger Prozeß ebenfalls in *Exoplanetensystemen* statt. Die Entdeckung und Untersuchung derartiger kleiner interstellaren Objekte unterstützt die Wissenschaftler, die Entstehung von sog. *Planetesimalen*, den Vorläufern der heutigen Planeten, um die Sonne und andere Sterne zu verstehen.

Das Objekt **1I/2017 U1 'Oumuamua** ('Oumuamua) ist das erste dieser interstellaren Objekte und wurde erst vor wenigen Wochen mithilfe des *Pan-STARRS1-Teleskops* entdeckt (Abb. 1) [2]. Erste Messungen vermuten, daß es sich bei 'Oumuamua um ein **hochgradig langgestrecktes Himmelsobjekt** handelt, das einen Radius von etwa 200x20 Metern (Längsdurchmesser rund 400 Meter) besitzt. Farblich gesehen gleicht es einem Kometen, denn die Lichtmenge, die von seiner Oberfläche reflektiert wird (*Albedo*), beträgt nur etwa 4 Prozent. Es ist sehr dunkel.

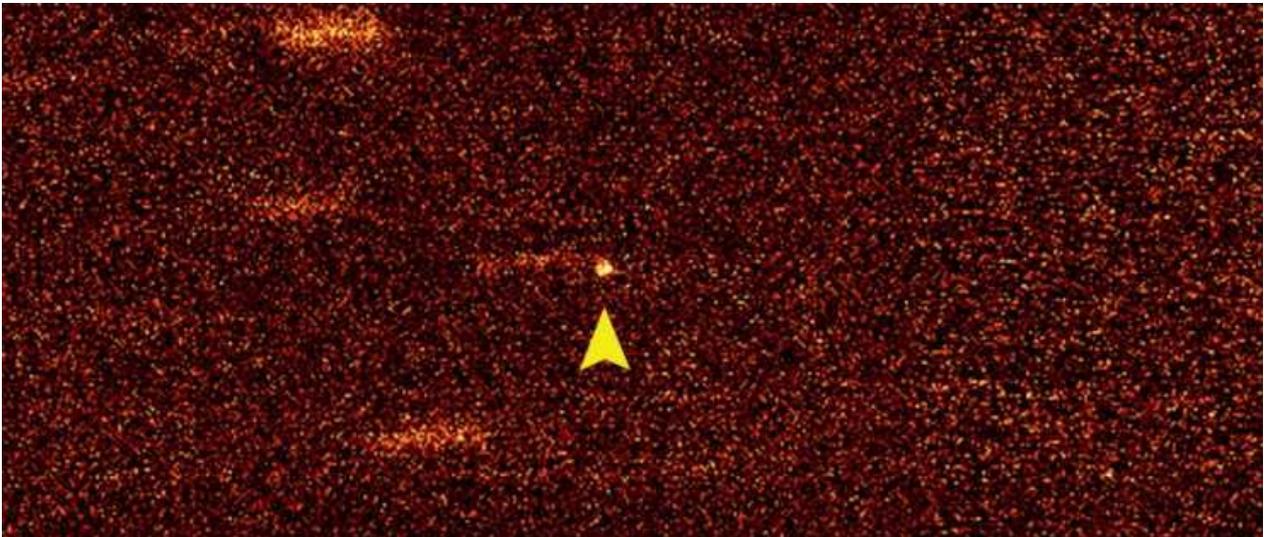


Abb. 1 Das interstellare Objekt A/2017 U1 ('Oumuamua).

Das interstellare Objekt 'Oumuamua (**Pfeil**) gleicht keinem anderen bekannten Himmelsobjekt.

Wahrscheinlich ist es zu einem frühen Zeitpunkt aus einem Exoplanetensystem geschleudert worden und geriet zufällig in den Anziehungsbereich unserer Sonne. Die Aufnahme wurde auf das interstellare Objekt nachgeführt, daher verschwimmen die Hintergrundsterne und bilden lichtschwache Streifen. 'Oumuamua ist auf dieser Aufnahme etwa 10 Millionen Mal lichtschwächer als die schwächsten Sterne, die man gerade noch mit dem bloßen Auge sehen kann.

© R. Kotulla/ Univ. of Wisconsin // WIYN/NOAO/AURA/NSF

Die Astronomen vermuten, daß beobachtbare interstellare Objekte von solchen dominiert werden, die 'Oumuamua gleichen. Die fehlende Aktivität des Himmelsobjekts, beispielsweise ein Ausgasen wie bei einem Kometen, schreiben die Forscher einer **fehlenden Oberflächeneisschicht** zu – wie sie Kometen typischerweise besitzen.

**Spektroskopische Untersuchungen** von 'Oumuamua ergaben eine zeitliche Variabilität und eine mit *organischen Substanzen* angereicherte Oberfläche, die Himmelskörpern im *äußeren Sonnensystem* ähnelt. Diese Eigenschaften stimmen mit Vorhersagen überein, die davon ausgehen, daß 'Oumuamua aufgrund der auf ihn treffenden *kosmischen Strahlung* über einen langen Zeitraum eine **Oberflächenisolationsschicht** gebildet hat. Daher schließen die

Astronomen nicht aus, daß 'Oumuamua unter diesem isolierenden Mantel Eisschichten besitzt. Falls dies der Fall ist, gleiche 'Oumuamua eher einem Kometen als einem Asteroiden. [3]

### **Spektroskopische Messungen**

Ein internationales Team von Astronomen sowie das VLA (*Very Large Telescope*) der *europäischen Südsternwarte ESO (European Southern Observatory)* und das *William Herschel-Teleskop* auf der spanischen Insel *La Palma* haben innerhalb der ersten 48 Stunden nach der Entdeckung von 'Oumuamua dessen Licht analysiert. Erste Ergebnisse weisen eher auf ein **eisiges** und kein gesteinsartiges **Himmelsobjekt** hin [2].

Die Daten zeigen, daß die Oberfläche von 'Oumuamua im *sichtbaren Licht* eher rötlich leuchtet, im *Infrarotbereich* jedoch eher neutral oder gräulich. Vergleichende Laborexperimente weisen darauf hin, daß es sich in diesem Fall um Strahlung einer Oberfläche handelt, die aus kometaren Eissorten und Staub besteht und während eines Zeitraums von Millionen oder sogar Milliarden Jahren dem *interstellaren Raum* ausgesetzt war. [3]

Dabei können *hochenergetische Teilchen*, die sog. **kosmische Strahlung**, die Oberfläche von Himmelsobjekten „austrocknen“, indem die Oberflächeneisschichten „weggeblasen“ werden. Die kosmische Strahlung kann in dem danach verbleibenden Oberflächenmaterial chemische Reaktionen auslösen, die eine Kruste aus *organischem (kohlenstoffbasiertem) Material* bilden (Abb. 2).

### **Asteroid oder Komet?**

Falls dies zutrifft, könnten die Forscher erklären, weshalb die Oberfläche von 'Oumuamua bei dessen Annäherung an die Sonne **keine Ausgasungen** wie bei Kometen aufweist. Normale Kometen erfahren bei der Annäherung an die Sonne eine *Sublimation* an der Oberfläche; dabei verdampft das Oberflächenmaterial und bildet eine gasreiche Atmosphäre, die *Koma*. Falls 'Oumuamua tatsächlich eine **kohlenstoffreiche äußere Schicht** bzw. Kruste besitzt, würde dies erklären, weshalb dieser Prozeß nicht eintritt.

Falls es sich bei 'Oumuamua um einen Kometen handelt, muß sich möglicherweise vorhandenes *Wassereis* mindestens 20 Zentimeter unterhalb der Kruste befinden, denn das Objekt wird sich in Sonnennähe bis auf etwa 600 Grad aufheizen. In diesem Fall wäre es möglich, daß sich das tiefliegende Eis erst Wochen nach dem *Perihel* erwärmt und sublimiert [3]. Befänden sich die Eisvorkommen jedoch rund 30 Zentimeter unter der Oberfläche, reichte die Temperatur von 600 Grad nicht für eine Sublimation.

Falls 'Oumuamuas Oberfläche auf dessen Weg um die Sonne einer permanenten Sonnenbestrahlung ausgesetzt wäre, würde dies bei den derzeitigen Ergebnissen die Tiefe der Eissublimation nur um 10 Zentimeter heraufsetzen. Daraus schließen die Forscher: falls 'Oumuamua keine Eisvorkommen bis rund 40 Zentimeter unterhalb der Oberfläche besitzt, wird das interstellare Objekt zu keinem Zeitpunkt eine Oberflächenaktivität zeigen – selbst wenn sich in seinem Inneren Eis befinden sollte. [3]

### **'Oumuamuas Reise**

Die Astronomen erklären die rötliche Materieschicht von 'Oumuamua als Ergebnis der lang andauernden interstellaren Reise. Beobachtungen mit dem *Gemini-North-Teleskop* auf Hawaii zeigen, daß die Oberfläche des interstellaren Objekts denen einiger **TNOs** (*Trans-neptunischer Objekte*) ähnelt, die sich in den *Außenbereichen des Sonnensystems* befinden. Man nimmt an,

daß die Oberflächen der TNOs in ähnlicher Weise den Einflüssen kosmischer Strahlung ausgesetzt waren. [3]

Die **rötliche Färbung der Oberflächen** von TNOs oder dem *Zwergplaneten Pluto* ist ein Zeichen für die Existenz von **Tholin**; sie bilden sich, wenn *organische Moleküle* wie *Methan* ( $\text{CH}_4$ ) *ultravioletter Strahlung* ausgesetzt sind (Abb. 2).

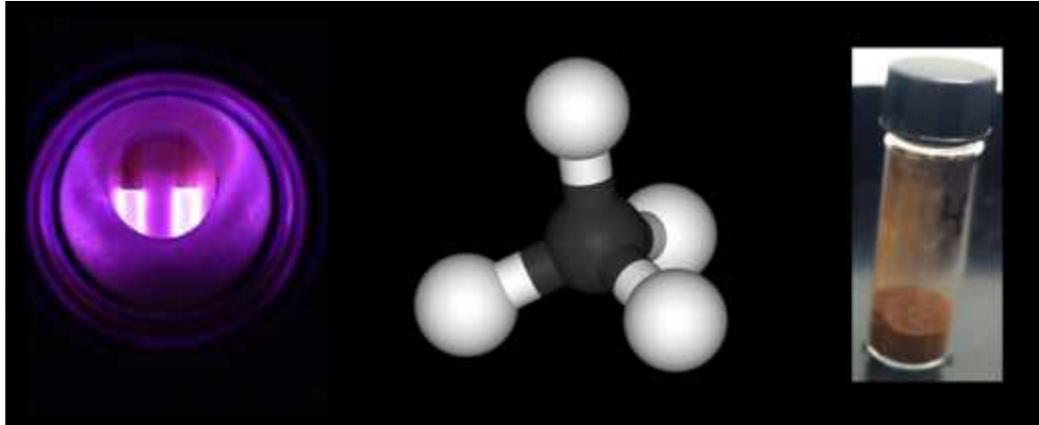


Abb. 2 Die Bildung von Tholin.

Zur Entstehung von Tholin benötigt man Energie wie kosmische Strahlung (links), die auf einfache Gase oder Eissorten (Mitte) trifft und dadurch Tholine bildet (rechts).

© S. Hörst, Johns Hopkins Univ.

## Das Rätsel der Kruste

Falls 'Oumuamua wenigstens teilweise mit *Regolith* – wie es auf dem Mond vorkommt – oder Staub bedeckt ist, sind einige Wissenschaftler der Meinung, daß dies **bereits in seinem Muttersternsystem** geschehen ist [3]. Dies widerspricht der Theorie, daß die Kruste sich erst im interstellaren Raum gebildet hat.

Demnach war 'Oumuamuas Oberfläche wahrscheinlich keinem ständigen Beschuß durch *Mikrometeoriten* ausgesetzt, die die Oberfläche dunkler und röter hätten erscheinen lassen. Daneben sorgte die sehr geringe *Schwerkraft* des interstellaren Objekts (*Entweichgeschwindigkeit* rund 1 Zentimeter pro Sekunde – im Vergleich zur Erde rund 11 Kilometer pro Sekunde) für das leichte Entkommen jeglichen feinkörnigen Materials, insbesondere an den Polen des Objekts, wo die *Oberflächenschwerkraft* am geringsten ist. [3]

Ein Wissenschaftler geht sogar noch weiter und macht sog. **Abrasionsvorgänge** für die extrem längliche Form von 'Oumuamua verantwortlich (Abb. 3) [4]. Dabei sollen langsame Abrasionsvorgänge während einiger Hundert Millionen Jahren für den „*Oberflächenabrieb*“ gesorgt haben. Der Forscher glaubt, daß ohne größere Einschläge auf der Oberfläche dieser mit einer Geschwindigkeit von rund 50 Kilometern pro Stunde von einem zu einem anderen Sonnensystem gereist ist. In diesem Zeitraum soll er – entgegen der obigen Theorie – von zahlreichen schnellen *interstellaren Staubkörnern* (Durchmesser im *Mikrometerbereich*, Geschwindigkeit einige 10 Kilometer pro Sekunde) getroffen worden sein. Die **Kollisionen mit kleinen Staubkörnern** seien energetisch ausreichend gewesen, um Material von dem Objekt abzuschlagen. Daher habe man keinen austretenden Staub beobachtet als sich 'Oumuamua der Sonne näherte. Die Abrasion könnte auf einfache Art und Weise zu der Form 'Oumuamuas geführt haben (Abb. 3), die bei seiner Passage beobachtet wurde, unabhängig von seinem ursprünglichen Aussehen. [4]

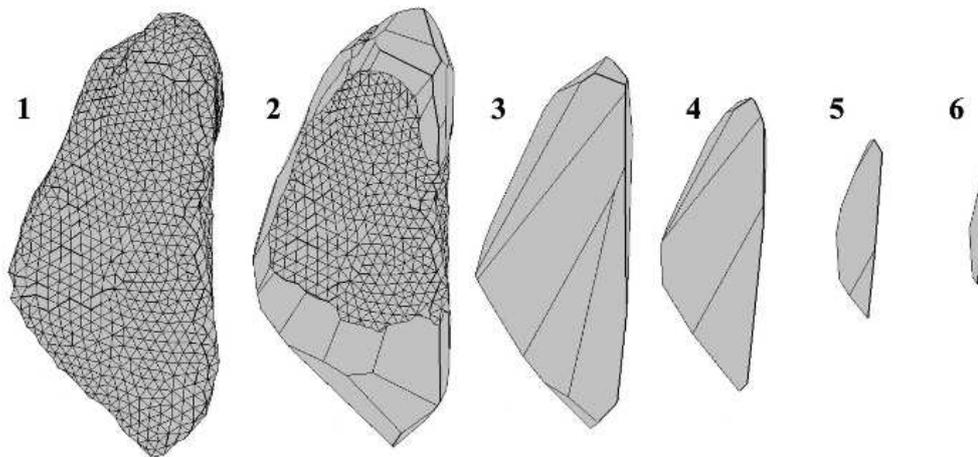


Abb. 3 Entstehung der Form von 'Oumuamua durch Abrasionsvorgänge.

Unabhängig von seiner ursprünglichen Form könnten Abrasionsvorgänge von kleinen Staubteilchen im interstellaren Raum für den Abrieb an 'Oumuamuas Oberfläche gesorgt haben. Nach vielen Millionen Jahren im interstellaren Raum entstand schließlich die längliche Form des interstellaren Objekts.  
© [4]

Ohne einen Effekt wie den *Sonnenwind* konnte sich während der interstellaren Reise Staub bis zu einer größeren Höhe auf 'Oumuamuas Oberfläche festsetzen und zu einer Kruste verbacken. 'Oumuamuas Oberfläche ist daher von einem Staubmantel bedeckt, der der mehr Strahlung reflektiert und weniger massereich ist als angenommen. So gesehen repräsentiert 'Oumuamua eher die **helle, junge Spitze eines Eisbergs einer Population** von zumeist dunkleren interstellaren Objekten. Somit könnte die Anzahl ähnlicher interstellarer Objekte wesentlich größer sein als gedacht und bis zu ausgeschleuderten 3 *Erdmassen* pro Stern entsprechen. [3]

Ob jedoch eine Population von auf diese Art und Weise ausgeschleuderten Planetesimale große Objekte enthält, die beobachtbar sind, aber nur eine geringe Anzahl darstellt, oder interstellare Objekte zahlreich sind, jedoch zu lichtschwach um sie vor einer möglichen Kollision mit der Erde zu entdecken, bleibt unklar. [3]

## Interstellare Objekte

Lange haben die Astronomen auf die Entdeckung eines interstellaren Objekts gewartet. Bisher hat man angenommen, daß diese Objekte hauptsächlich aus Eis bestehen und bei der Entstehung und Wanderung der Planeten im frühen Sonnensystem herausgeschleudert wurden, insbesondere durch den **Einfluß der großen Planeten**, die in der gleichen Region entstanden.

Wahrscheinlich entstanden interstellare Objekte ebenfalls in der **Oortschen Kometenwolke**, (Abb. 4) beispielsweise durch Passagen nahegelegener Sterne und *galaktische Gezeiten*. Die Wissenschaftler nehmen an, daß die Oortsche Wolke etwa 200-10.000 mal mehr kometare Körper enthält als Asteroiden.

In Exoplanetensystemen könnten ebenfalls Kometenwolken außerhalb der dort entstandenen Planeten entstehen bzw. existieren und sich in ähnlicher Weise wie in unserem Sonnensystem entwickeln.



Abb. 4 Künstlerische Darstellung der Oortschen Kometenwolke.

Die Oortsche Kometenwolke erstreckt sich weit über das äußere Sonnensystem hinaus. Die Wissenschaftler vermuten, daß ihre Entfernung bis in einige 100.000 Astronomische Einheiten reicht. Die Kometenwolke ist das Reservoir zahlreicher beobachteter Kometen. Links der Bildmitte befindet sich das innere Sonnensystem. Die langgestreckte Ellipse entspricht einem Kometen, der aus der Oortschen Wolke geschleudert wurde und in das Sonnensystem gelangte.

© NASA

*Aktive Kometenkerne* sind relativ einfach zu entdecken, einfacher als Asteroiden mit gleichem Durchmesser. Aufgrund ihrer Gas- und Staubbkoma kann man Kometen selbst in größeren Entfernungen entdecken. Dagegen konnte selbst mithilfe großer Teleskope erst vor wenigen Wochen das erste interstellare Objekt entdeckt werden.

Bisher nahmen die Wissenschaftler an, daß typische interstellare Objekte als Asteroiden der Sonne näher als *2 Astronomische Einheiten (AE)* kommen, während kometare interstellare Objekte *Periheldistanzen* von mindestens 4 AE besitzen.

**Die Entdeckung von 'Oumuamua hat alle überrascht:** die geringe Periheldistanz, die *Exzentrizität*, die *Bahnneigung* gegenüber der *Ekliptik*, der Ebene der Planeten, entsprechen den Eigenschaften, die man für interstellare Asteroiden-Objekte angenommen hatte. Doch insbesondere die Form von 'Oumuamua ist bisher einzigartig und nicht vollständig verstanden.

### **Wie alt ist 'Oumuamua?**

Wenn die oben beschriebene Theorie richtig ist, sollten während der letzten rund 4,6 Milliarden Jahre\* zahlreiche weitere Kometen aus der Oortschen Kometenwolke durch den Einfluß der kosmischen Strahlung eine ähnliche Krustenbildung durchlaufen haben. Normalerweise beobachten wir eine bedeutende Aktivität durch die Sublimation von oberflächennahem Eis, wenn ein Komet zum ersten Mal in das innere Sonnensystem gelangt und sich im Perihel in Sonnennähe befindet; dazu gehören die Bildung eines Kometenschweifs und/oder Helligkeitsschwankungen.

**'Oumuamuas Aktivität liegt bei Null:** daher vermuten die Forscher, daß er frühestens zusammen mit den ersten Sternen (des Universums) entstanden ist; damit betrüge sein Alter maximal etwa das Dreifache des Alters unseres Sonnensystems\*. Die Astronomen nehmen jedoch an, daß 'Oumuamua eher **aus einer jüngeren Sterneneration** stammt und erst geboren wurde, nachdem die ersten Sterne ausreichend viele *schwere Elemente* erzeugt haben, um Planetesimale wie 'Oumuamua zu bilden (Abb. 5).

Die Erklärung dieser Theorie ist plausibel: das Ausschleudern von Planetesimalen aus einer *protoplanetaren Scheibe* durch einen (*Proto*)*Planeten* um einen jungen Stern erfolgt in der Regel während der ersten 10-100 Millionen Jahre nach dessen Entstehung [3]. Derartige **Säuberungen** erfolgen eher bei jungen als bei älteren Sternsystemen.

Simulationen zeigen, daß abhängig von dem *Zentralstern*, Planeten mit Massen wie die Planeten *Neptun* bis *Saturn* innerhalb von 1-10 AE um den Stern eisfreie Planetesimale innerhalb von 10 Millionen Jahren aus der protoplanetaren Scheibe schleudern [3]. In diesem Fall entspräche die Entdeckung von 'Oumuamua einer Raumdichte ähnlicher Objekte von rund einer Erdmasse (pro Planetensystem).



Abb. 5 Künstlerische Darstellung von Planetesimalen in einem jungen Planetensystem.  
Man nimmt an, daß die heutigen Planeten aus dem Verbacken zahlreicher Planetesimale, der Vorstufe von Planeten, entstanden sind. Allerdings könnten Planetesimale durch verschiedene Prozesse in der Frühphase der Entstehung eines Sonnensystems ausgeschleudert worden sein.

© NASA

Falls 'Oumuamua **aus einer sonnennahen Sternassoziation** stammt, gehen einige Forscher davon aus, daß er lediglich rund 100 Millionen Jahre alt ist. Das durchschnittliche Alter von Sternen in der Sonnenumgebung beträgt lediglich einige Milliarden Jahre. Falls jeder dieser Sterne Planetesimale in gleicher Anzahl erzeugt hat, ist die Wahrscheinlichkeit, daß das erste von uns entdeckte interstellare Objekt lediglich 100 Millionen Jahre alt ist, jedoch sehr gering. Denn es ist fraglich, ob ein relativ junges interstellares Objekt 100 Millionen Jahre im interstellaren Raum überlebt. Wahrscheinlich besitzen ältere ausgeschleuderte Planetesimale höhere Geschwindigkeiten als man es bei 'Oumuamua beobachtet hat. [3]

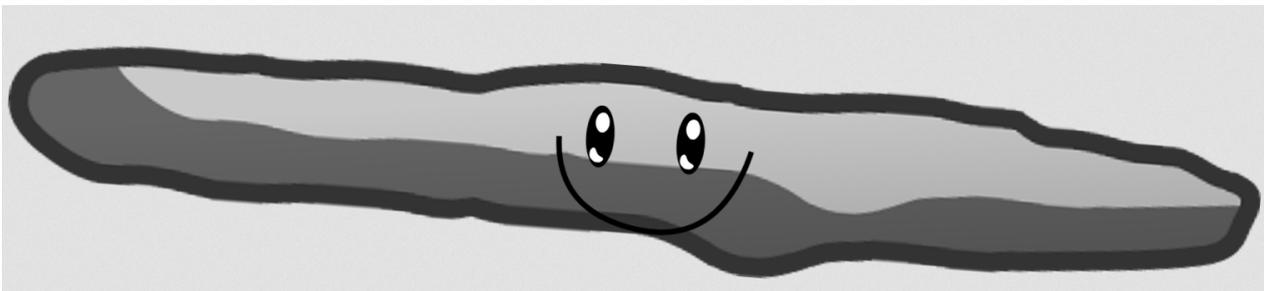
Möglicherweise entstand 'Oumuamuas dicke Oberflächenkruste zu einem sehr frühen Zeitpunkt, beispielsweise während naher Passagen um seinen Mutterstern und bevor er aus seinem Geburtssystem geschleudert wurde. Alternativ könnte der Grund seiner Inaktivität in seinem **geringen Durchmesser** liegen; im Vergleich zu aktiven Kometen mit Durchmessern von mehr als 2 Kilometern ist 'Oumuamua relativ klein. In diesem Fall könnte der geringe Durchmesser von lediglich rund 40 Metern dafür verantwortlich sein, daß der Hauptteil der inneren Eisvorkommen bereits in der Vergangenheit verlorengegangen ist.

## FAZIT und AUSBLICK

Unter der Berücksichtigung sämtlicher bekannter Daten ist es sehr unwahrscheinlich, daß 'Oumuamua aus dem Sonnensystem stammt. Vielmehr stammt das Objekt **aus einem anderen Planetensystem**. Dafür sprechen ebenfalls die *Bahnparameter* und die hohe Geschwindigkeit von rund 40 Kilometern pro Stunde, die typisch für Sterne in der *Sonnenumgebung* ist.

Die Entdeckung des interstellaren Objekts 'Oumuamua eröffnet die einzigartige Möglichkeit, Entstehungsprozesse in Sternsystemen sowie Effekte des interstellaren Raums auf Planetesimale bzw. deren Oberflächen direkt zu verfolgen.

Inzwischen befindet sich 'Oumuamua bereits außerhalb der Bahn des Planeten *Mars* und rast oberhalb des *Asteroidengürtels* weiter in das äußere Sonnensystem. In diesem Winter befindet sich das lichtschwache interstellare Objekt im *Pegasus-Viereck* am Winternachthimmel.



Möglicherweise befindet sich das nächste interstellare Objekt bereits im Anflug auf die Sonne und wird bereits in der nächsten Woche entdeckt werden.

Das Universum ist näher als wir dachten ...

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter **[kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu](mailto:kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu)**

Ihre  
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter (yahw)

Quellenangaben:

[1] Mehr Information über Objekte des Sonnensystems und astronomische Begriffe (*kursive Schreibweise*)  
[www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

[2] Mehr Information über 'Oumuamua  
<http://theskyatnight.de/?q=node/159>

[3]  
Fitzsimmons, A., et al., *Nature Astronomy Lett.* (18 Dec 2017)  
Knight, M. M., et al., *APJ Lett.* (in press) (2017)  
Bannister, M. T., et al., *APJ Lett.* (in press) (2017)  
Gaidos, E., *MNRAS* (in press) (20 Dec 2017)

[4] Domokos, G., *Research Notes of the AAS* (Dec 2017)