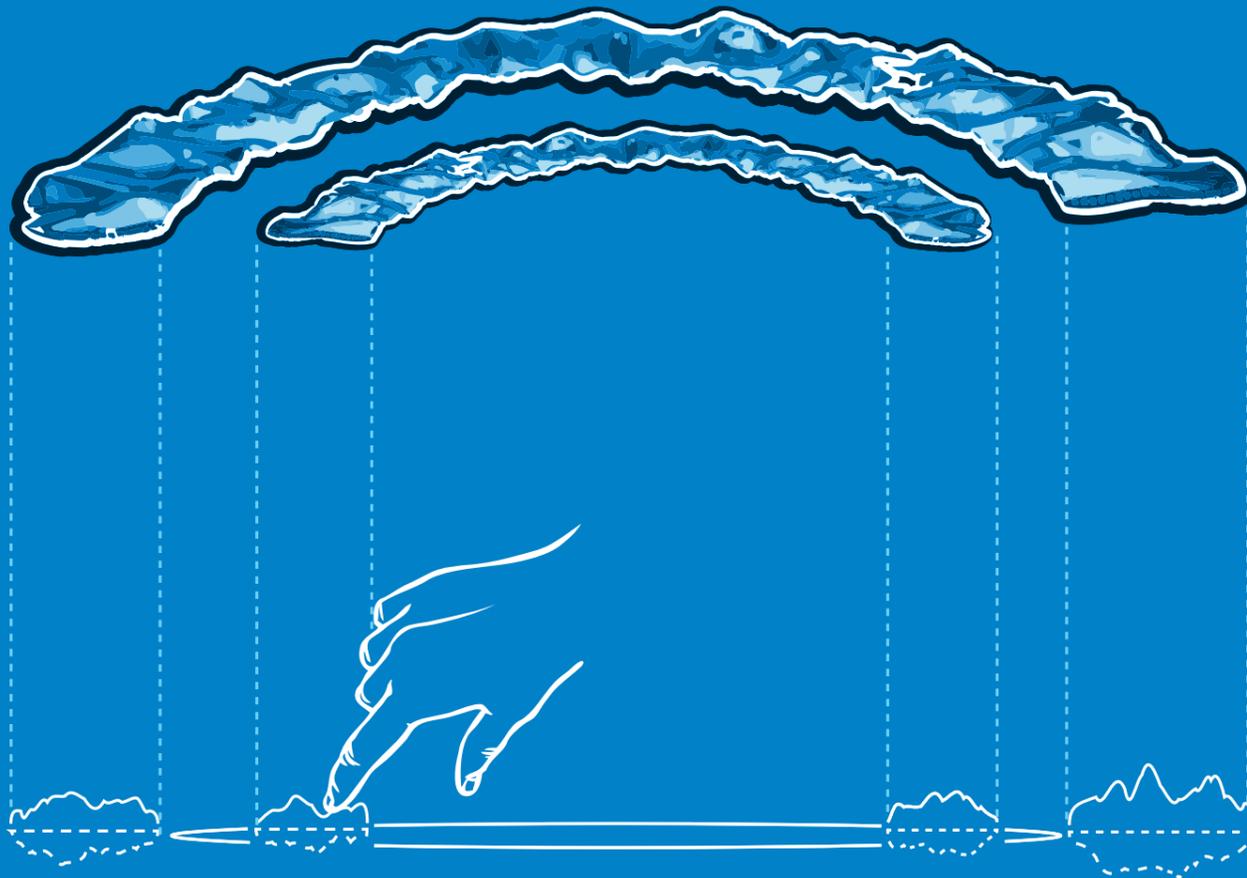


PAY ATTENTION TO YOUR HANDS

Lift the outer layer of Phase 2.

Feel that there are striking changes in the outer disc. The gas has dissipated leaving only rocky debris and dust.

Some of this debris lies far from the star in a second debris belt that also contains ice.



The surviving bodies are now stable and remind us a little of our own solar system.

In the centre is the star, further out is an asteroid belt that marks the boundary between the realm of the rocky planets and the gaseous ones.

You can still feel the giant planet that formed in Phase 2. In the outermost part of the system, a second belt can be felt, which would be the analogue of the Kuiper belt of our Solar System.



Listen



STAGES OF PLANET FORMATION

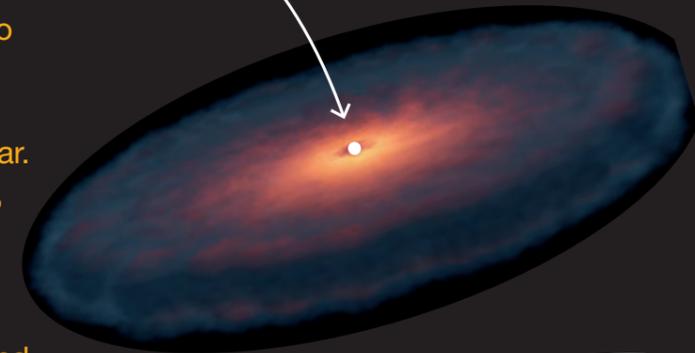


PRE-STELLAR CORE

A cloud of dust and gas with sizes around 20000 au and temperatures below 20K. 1 au is the average distance between the Earth and the Sun.

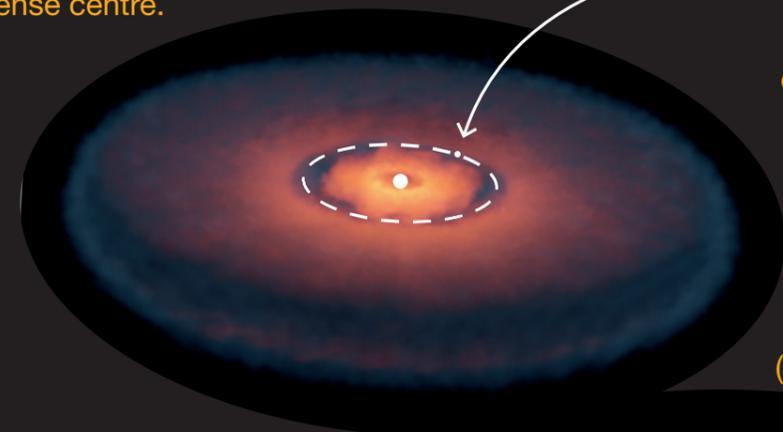
Pre-main sequence star

A contracting cloud of gas and dust, due to the effect of its own gravity, which will eventually form a star. During this process, due to the effect of its high rotation, the cloud shrinks, forming a disc around a super-dense centre.



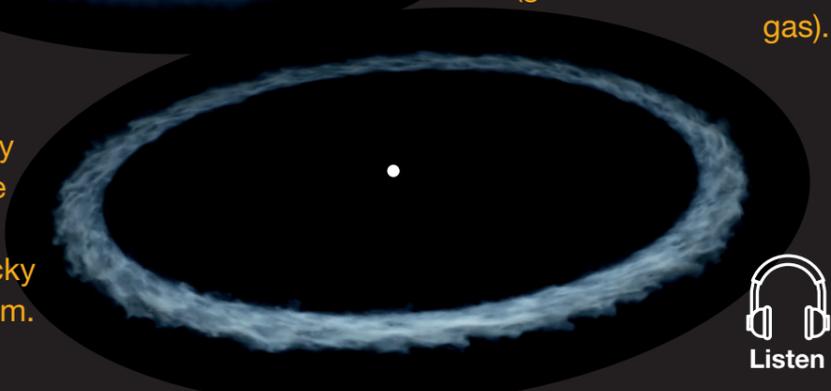
Protoplanet

A small accumulation of dust, rocks and gas with its own gravity, which feeds from the disc's material, sweeping everything in its path (or orbit) until it forms a planet (giant if it accumulated gas).



DEBRIS DISC

A disc surrounding an already formed star composed of the debris from the formation of giant planets, from which rocky planets such as Earth will form.



Listen

The mass of many celestial bodies is measured relative to the mass of the Sun: M_{\odot}

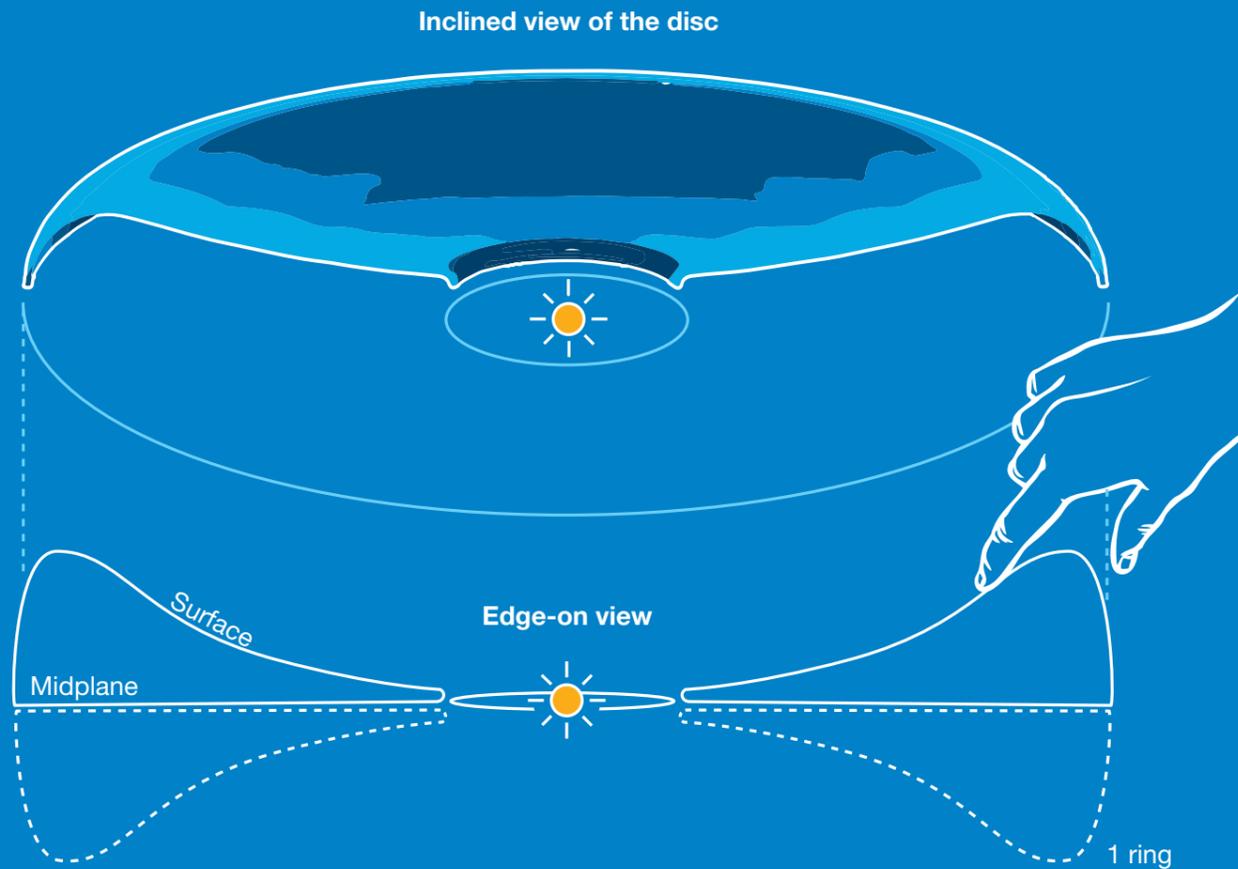
These rotating discs typically have masses between $0.01 - 0.1 M_{\odot}$ and are made up of 99% gas and 1% dust.



PAY ATTENTION TO YOUR HANDS

Ask the student to explore Phase 1 of the model with her fingertips and palms, using one or both hands. The rotation of the disc, the texture and the different heights will shed light on the shape and movement of the disc material.

Above the disc we are feeling a gaseous cloud mixed with almost imperceptible particulate grains. The disc is homogeneous. The model grows in height as we move away from the centre. The differences in height reflect the different volumes of gas present.



In the model, the size of the star is artificially increased with respect to the size of the disc.

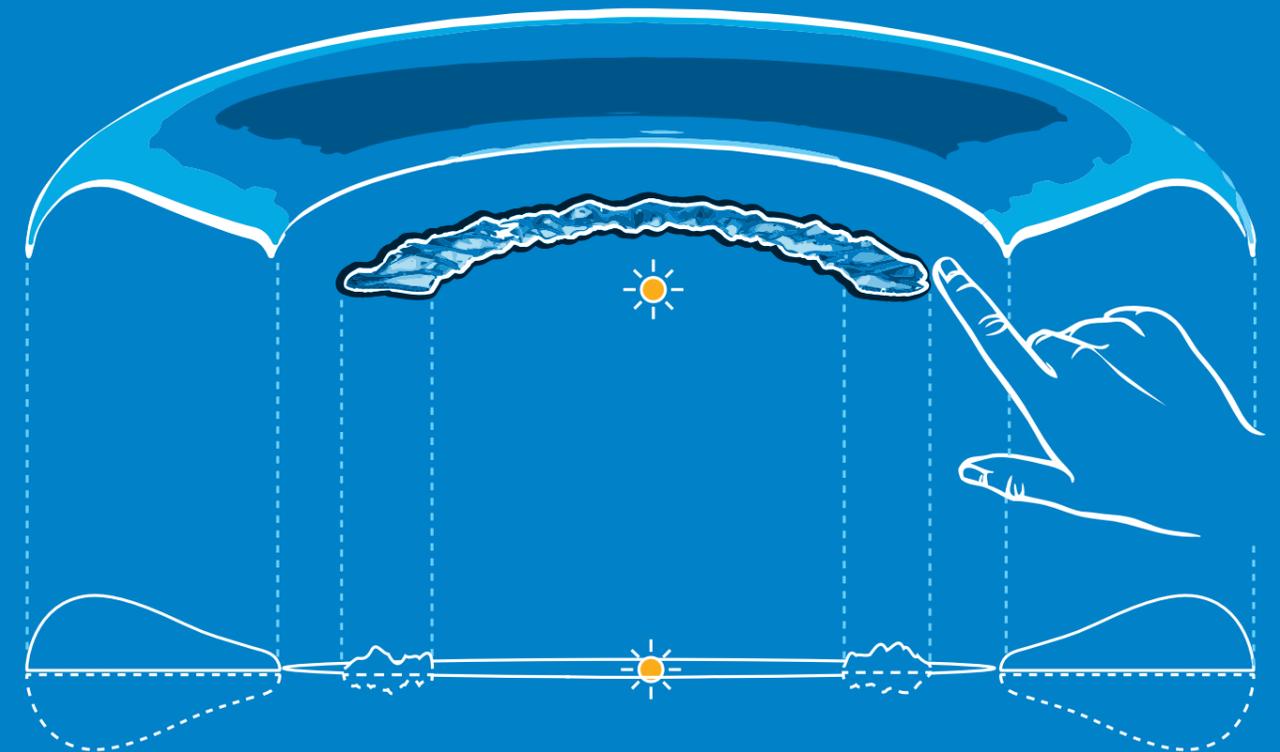
If the disc were on the same scale, it would be 10 metres in diameter.

PAY ATTENTION TO YOUR HANDS

Lift the Phase 1 layer to reveal Phase 2.

In a cosmic blink of an eye (~one million years) new structures have been created. We are feeling a central ring, but there are also cases where spiral arms form (which this model does not show). Around the

star, there is still a void that is now even larger. If we continue to explore outwards, the height of the disc increases, but to a lesser extent than in Phase 1. What has happened to the large mass of gas?



Let's feel the ring again and try to identify the planet in formation that is responsible for opening that gap in the disc.

In the model, the size of the protoplanet is also artificially enlarged so that we can feel it. In this case, if the disc were on the same scale, it would measure 100 metres in diameter.

(HL Tau,
ALMA Observatory)



Listen



eso.org



Listen

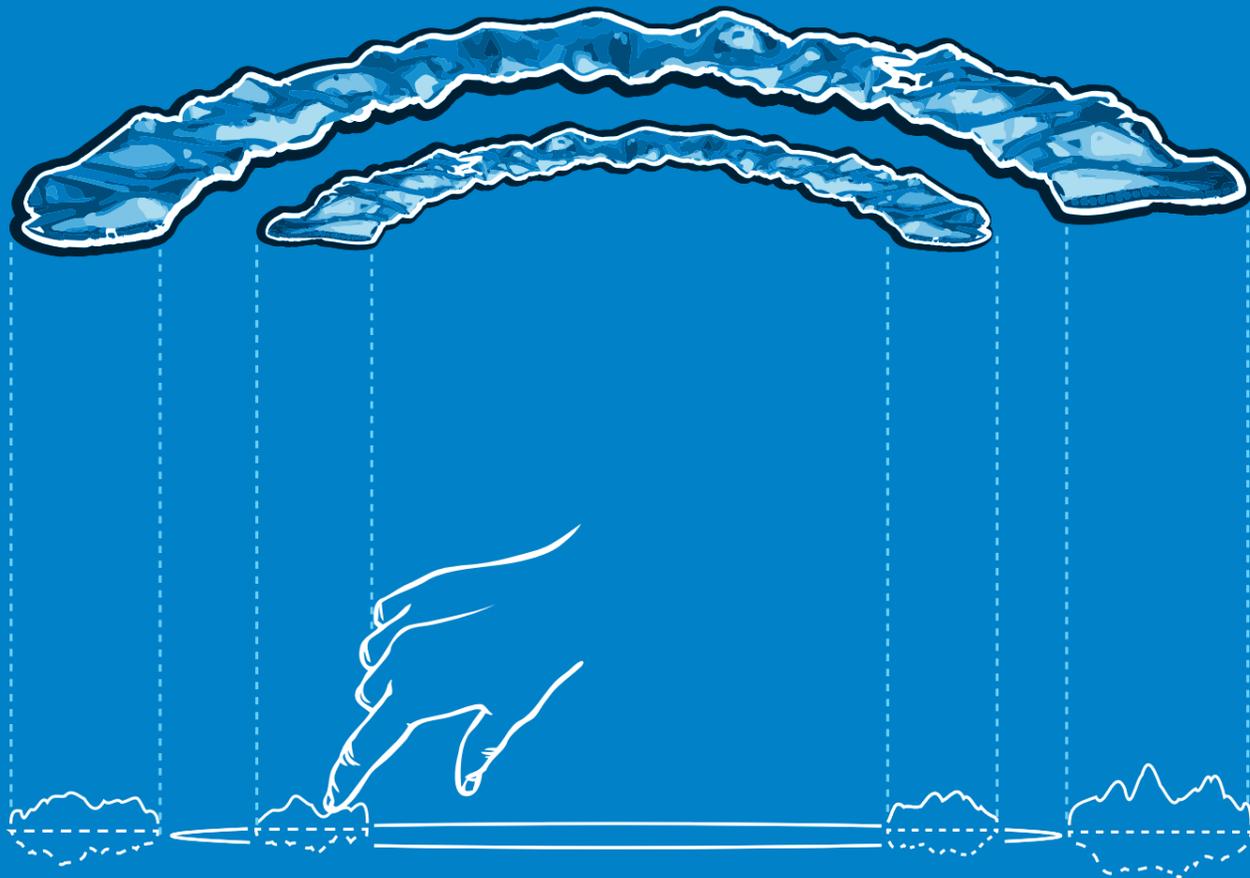


ACHTE AUF DEINE HÄNDE

Hebe die äußere Schicht von Phase 2 an.

Bemerke die auffälligen Veränderungen in der äußeren Scheibe. Das Gas hat sich verflüchtigt und nur felsige Trümmer und Staub zurückgelassen.

Diese Trümmer liegen eisig und weit entfernt vom Stern in einem zweiten Trümmerringel.



Die überlebenden Körper sind nun stabil und erinnern ein wenig an unser eigenes Sonnensystem.

In der Mitte befindet sich der Stern, weiter außen liegt ein Asteroidengürtel, der die Grenze zwischen dem Reich der Gesteinsplaneten und dem der Gasriesen markiert.

Noch immer kannst Du den Riesenplaneten fühlen, der sich in Phase 2 gebildet hat. Im äußersten Teil des Systems ist ein zweiter Gürtel zu erkennen, der dem Kuiper-Gürtel unseres Sonnensystems entsprechen würde.

eso.org



Anhören



STUFEN DER PLANETEN-BILDUNG

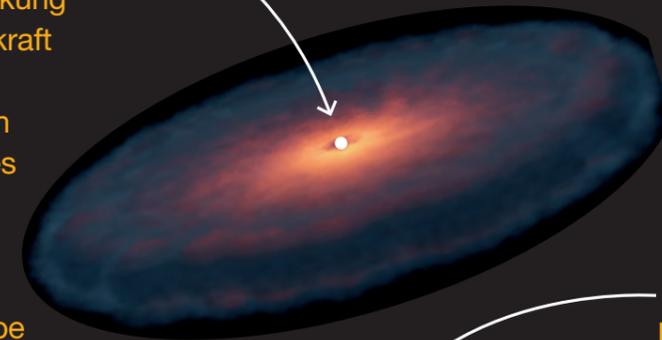


PRÄ-STELLARE HÜLLE

Eine Staub- und Gaswolke mit einer Größe von ca. 20000 AE und Temperaturen unter 20 K. 1 AE ist der durchschnittliche Abstand zwischen Erde und Sonne.

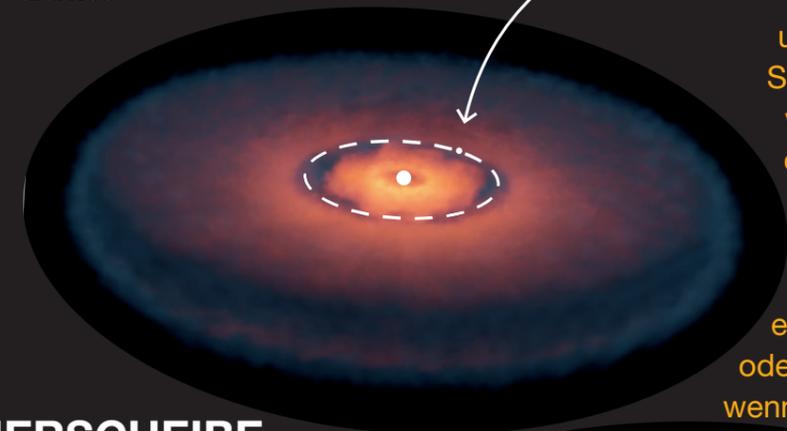
Protostern

Eine Gas- und Staubwolke, die sich durch die Wirkung ihrer eigenen Schwerkraft zusammenzieht und schließlich einen Stern bildet. Während dieses Prozesses schrumpft die Wolke aufgrund ihrer hohen Rotation und bildet eine Scheibe um ein super-dichtes Zentrum.



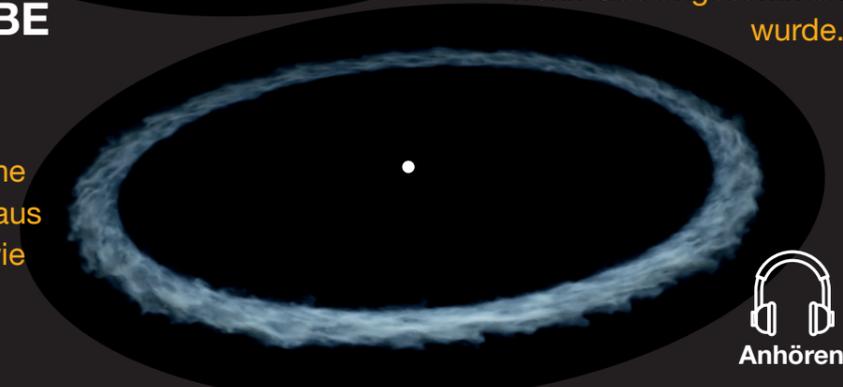
Protoplanet

Kleine Ansammlung von Staub, Gestein und Gas mit eigener Schwerkraft, die sich von dem Material in der Scheibe ernährt und alles mitreißt was sich ihr in den Weg stellt – bis sie einen Planeten formt oder ein Gasriese wird, wenn Gas angesammelt wurde.



TRÜMMERSCHEIBE

Nach der Entstehung von Riesenplaneten bildet das übriggebliebene Material eine Scheibe um den Stern. Daraus können Gesteinsplaneten wie die Erde entstehen.



Anhören

Wusstest Du schon?

Die Masse vieler Himmelskörper wird relativ zur Masse der Sonne gemessen: in M_{\odot}

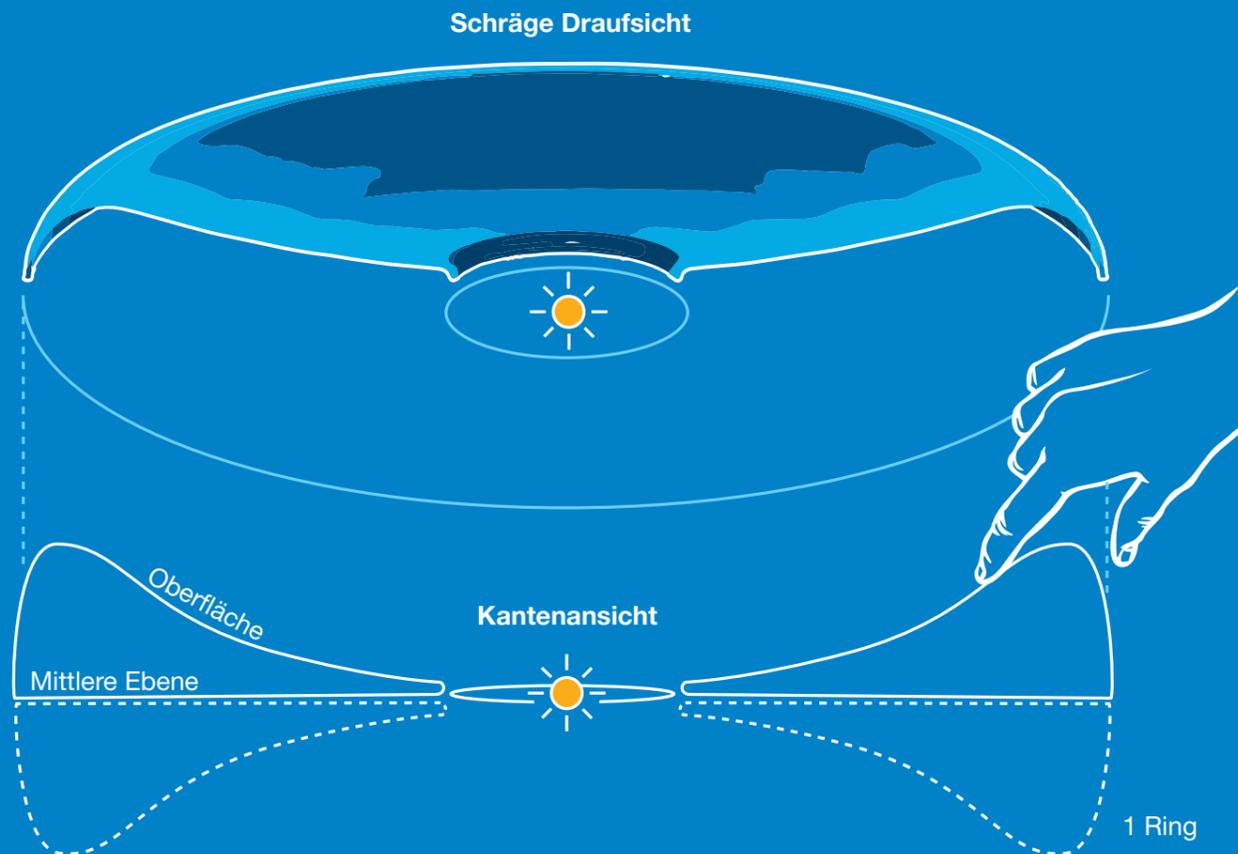
Diese rotierenden Scheiben haben typischerweise Massen zwischen $0.01 - 0.1 M_{\odot}$ und bestehen zu 99% aus Gas und zu 1% aus Staub.



ACHTE AUF DEINE HÄNDE

Für Lehrer*innen: Bitten Sie die Schülerinnen und Schüler, Phase 1 des Modells mit ihren Fingerspitzen und Handflächen zu erforschen, indem sie eine oder beide Hände benutzen. Die Drehung der Scheibe, die Textur und die unterschiedlichen Höhen geben Aufschluss über die Form und Bewegung des Scheibenmaterials.

Oberhalb der Scheibe spüren wir eine gasförmige Wolke, die mit kaum wahrnehmbaren Partikelkörnern vermischt und homogen ist. Das Modell nimmt an Höhe zu, je weiter wir uns vom Zentrum entfernen. Die Dicke zeigt, wieviel Gas an welchem Ort vorhanden ist.



In diesem Modell wird die Größe des Sterns künstlich relativ zur Größe der Scheibe vergrößert.

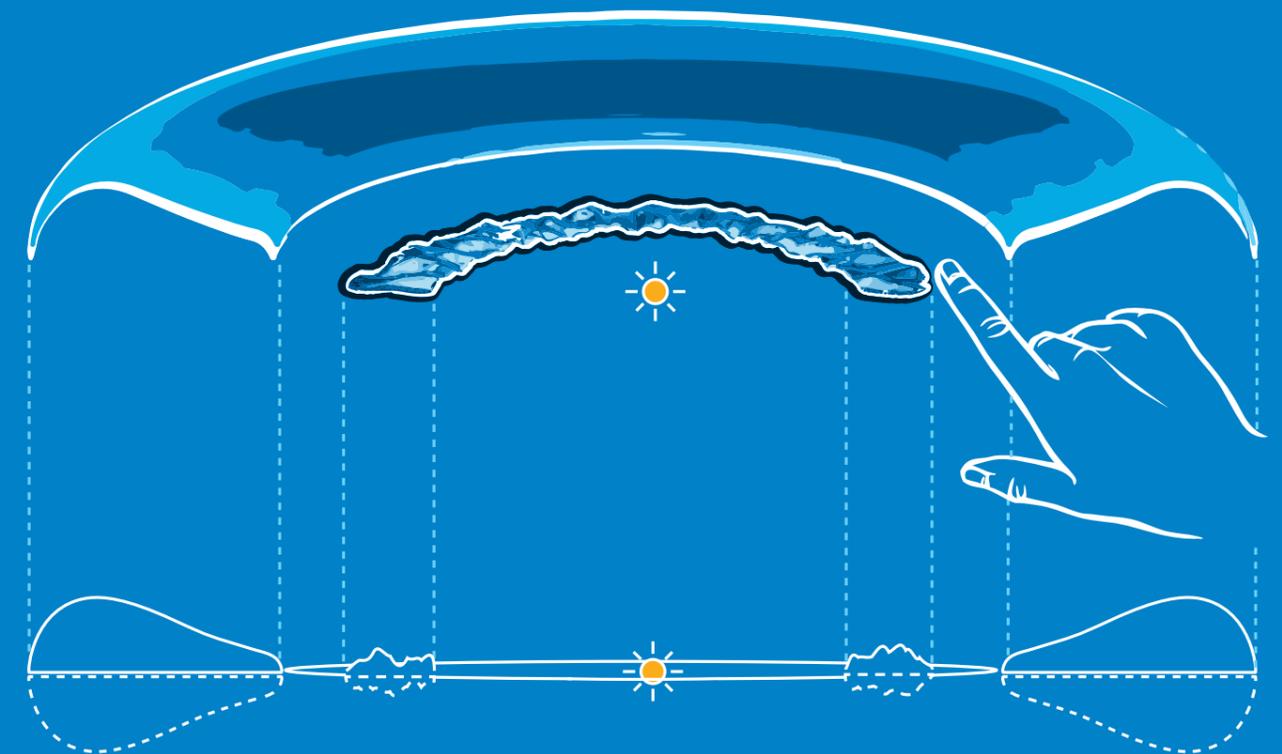
Wäre die Scheibe im gleichen Maßstab, müsste sie einen Durchmesser von 10 Metern haben.

ACHTE AUF DEINE HÄNDE

Hebe die Schicht von Phase 1 an, um Phase 2 zu entdecken.

In einem kosmischen Wimperschlag (~ eine Million Jahre) sind neue Strukturen entstanden. Wir spüren einen zentralen Ring, aber es gibt auch Fälle, in denen sich Spiralarme bilden (was dieses

Modell nicht zeigt). Um den Stern herum gibt es immer noch eine Lücke, die jetzt noch größer ist. Wenn wir uns weiter nach außen bewegen, nimmt die Höhe der Scheibe zu, allerdings in geringerem Maße als in Phase 1. Was ist mit der großen Gasmasse geschehen?



Lass uns noch einmal den Ring fühlen und versuchen, den sich bildenden Planeten zu finden, der für die Lücke in der Scheibe verantwortlich ist.

In dem Modell wird die Größe des Proto- planeten ebenfalls künstlich vergrößert, damit wir ihn fühlen können. In diesem Fall hätte die Scheibe bei gleichem Maßstab einen Durchmesser von 100 Metern.

(HL Tau,
ALMA Observatorium)



Anhören



eso.org



Anhören

