

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 68 (2010)  
**Heft:** 356

**Artikel:** Das Weltall und seine geheimnisse : Dunkle Materie und blendend helles Licht  
**Autor:** Tacchelta, Sandro  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-897969>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

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

Das Weltall und seine Geheimnisse

# Dunkle Materie und blendend helles Licht

■ Von Sandro Tacchella

*Auch in diesem Jahr veranstaltete die Schweizer Gesellschaft der Freunde des Weizmann Institute of Science die traditionelle «Weizmann Lecture». Dank der Teilnahme namhafter Wissenschaftler gibt dieser Anlass einen Einblick in den Stand der internationalen Forschung, in der das Weizmann Institute of Science einen Spitzenplatz einnimmt.*

Im Vortrag von Prof. Dr. LAURA BAUDIS (Universität Zürich) ging es um die dunkle Seite des Universums. Sie berichtete von ihrer Suche nach der dunklen Materie, die sich nur über die Gravitationswechselwirkung mit sichtbarer Materie bemerkbar macht. Durch die Existenz von dunkler Materie lassen sich viele Rätsel der physikalischen Kosmologie lösen, wie zum Beispiel die zu schnellen Umlaufgeschwindigkeiten der Randbereiche einer Galaxie. Aber nicht nur die Bewegung der Sterne in der Galaxie lässt sich durch die dunkle Materie erklären, sondern auch das Zusammenhalten von ganzen Galaxiehaufen. Die erste Person, die Hinweise für die Existenz von dunkler Materie vorlegte, war der Schweizer Astrophysiker FRITZ ZWICKY. Er wendete das Virial-Theorem auf den Galaxiehaufen «Coma» an und erhielt das Resultat, dass es etwa 400mal mehr Masse gibt, als man sieht. Bis heute weiss man aber nicht, welche Art von Teilchen die Grundbausteine der dunklen Materie sind.

Ein guter Kandidat sind die sogenannten WIMPs (von englisch Weakly Interacting Massive Particles; deutsch „schwach wechselwirkende massereiche Teilchen“), welche in einer frühen, heissen Phase des Universums entstanden sein könnten. Die Teilchenphysik beruht auf dem „Standardmodell“, eine physikalische Theorie, die die bekannten Elementarteilchen und Wechselwirkungen zwischen diesen beschreibt (starke, schwache und elektromagnetische Wechselwirkung). Durch eine Erweiterung des

Standardmodells zum «minimalen supersymmetrischen Standardmodell» werden WIMP-ähnliche Teilchen vorausgesagt, welche eine viel grössere Masse als die bis jetzt bekannten Elementarteilchen haben. Prof. Dr. BAUDIS erklärte in ihrem Vortrag, wie sie versucht, diese WIMPs aufzuspüren. Dies sei eine schwere Angelegenheit, denn WIMPs wechselwirken nur sehr selten mit normaler Materie. Jedoch sollten sie über Kollisionen an Atomkernen eines terrestrischen Detektors nachgewiesen werden können. Die Detektoren sind im Untergrund angebracht, so dass sie geschützt von kosmischer Strahlung sind. Zudem müssen sie sehr gross sein, da das Ereignis einer Kollision zwischen WIMP und Atomkern sehr selten ist. Zusätzlich müssen die Detektoren hochempfindlich sein, da Atomkerne und deren Bewegung durch eine Kollision sehr klein sind. Prof. Dr. BAUDIS arbeitet an verschiedenen Experimenten mit, wie zum Beispiel CDMS (Cryogenic Dark Matter Search) im Soudan Underground Laboratory (USA) und XENON im Laboratori Nazionali del Gran Sasso (Italien). Bisher sind noch keine WIMPs nachgewiesen worden, jedoch hätten diese Experimente eine realistische Chance, das Rätsel der dunklen Materie in naher Zukunft zu lösen.

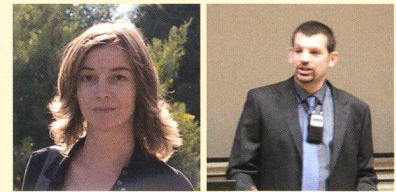
**Für Dr. Avishay Gal-Yam wird es erst ab 8 Sonnemassen spannend**

Der zweite Vortrag von Dr. AVISHAY GAL-YAM (Weizmann Institute of

## Wissenschaft zugänglich machen

Das Weizmann Institute of Science in Israel wurde 1934 durch den Chemiker und ersten Staatspräsidenten Israels, Dr. CHAIM WEIZMANN, als Daniel Sieff Forschungsinstitut gegründet. Heute gehört das Weizmann Institut mit seinen rund 2'600 Mitarbeitenden zu den weltweit führenden multidisziplinären naturwissenschaftlichen Forschungsinstituten.

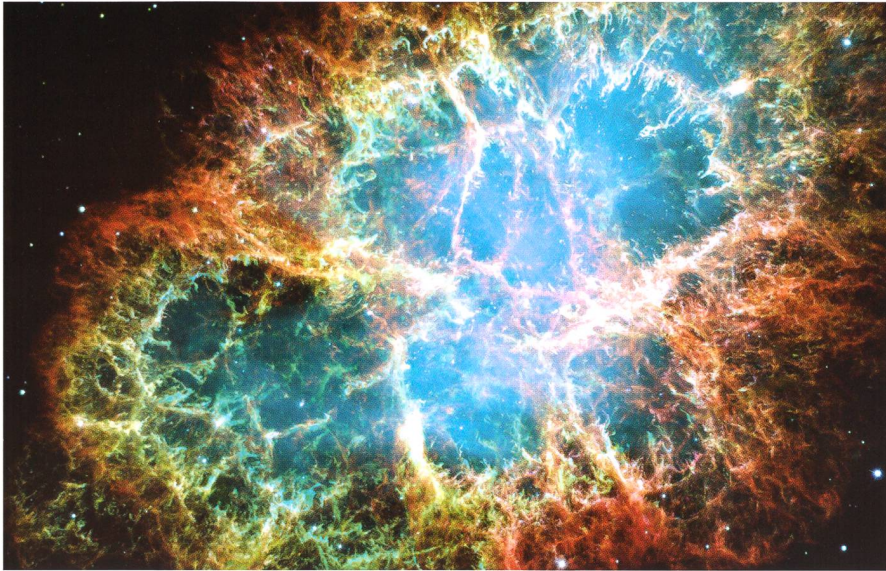
Die Schweizer Gesellschaft der Freunde des Weizmann Institute of Science wurde vor mehr als 30 Jahren gegründet. Neben der finanziellen Unterstützung der Forschung – insbesondere des wissenschaftlichen Nachwuchses – hat sich die Gesellschaft zum Ziel gesetzt, die Arbeit des Weizmann Institute of Science einer breiteren Schweizer Öffentlichkeit zugänglich zu machen.



Die beiden Referenten Prof. Dr. Laura Baudis (links) und Dr. Avishay Gal-Yam (rechts).

In diesem Rahmen fanden am 25. November 2009 zwei Vorträge an der Universität Zürich statt. Der Abend stand unter dem Thema «Das Weltall – dunkle Materie und blendend helles Licht» und wurde von Prof. Dr. JAY S. SIEGEL geleitet. (tac)

Science) handelte von «Kosmischen Explosionen: Das kurze Leben und der gewaltige Tod von den schwersten Sternen» («Cosmic Explosions: the short life and violent death of the most massive stars»). Dr. AVISHAY GAL-YAM erkläre die Entwicklungsphasen von Sternen unterschiedlicher Masse, und er ging speziell auf deren Endphasen ein. Sterne entstehen nach der Kontraktion einer Staub- bzw. Gaswolke, welche hauptsächlich aus Wasserstoff besteht. Die Gaswolke kollabiert auf Grund ihrer eigener Schwerkraft (Gravitation). Durch diesen Gravitationskollaps wird potentielle Energie umgewandelt:



Der Krebsnebel ist ein Supernovaüberrest. Die Sternexplosion wurde am 4. Juli 1054 durch einen chinesischen Hofastronomen entdeckt. (Bild: NASA)

Zum einen in kinetische Energie und zum anderen in (Infrarot-) Strahlung. Die Erhöhung der kinetischen Energie führt zu einem Temperaturanstieg. Der Protostern kollabiert weiter, bis die Temperatur im Zentrum einen kritischen Wert (10 Millionen °C) erreicht hat, so dass die Kernfusion von Wasserstoff zu Helium (Wasserstoffbrennen) beginnt. Falls jedoch die Masse des Protosterns zu niedrig ist (um 0.07 Sonnemassen), bildet sich ein brauner Zwerg, indem die Lithium- und Deuteriumfusion stattfindet.

Durch das Wasserstoffbrennen entsteht ein Druck, welcher der Schwerkraft entgegenwirkt. Der Stern erreicht ein Gleichgewicht, indem der Stern über mehrere Milliarden Jahre (zum Beispiel die Sonne 9 Milliarden Jahre) verharren kann. Im Verlauf dieser Hauptreihenphase werden die Sterne langsam grösser, heisser und heller und bewegen sich in Richtung der Riesensterne. Es kommt aber bei jedem Stern der Zeitpunkt, wo der grösste Teil des Wasserstoffs durch dessen Fusion aufgebraucht ist. Je nach Masse des Sterns geschieht das unterschiedlich schnell. Je grösser die Masse eines Sternes ist, umso kürzer ist seine Brenndauer. Die massereichsten Sterne verbrauchen in nur wenigen hunderttausend Jahren ihren gesamten Brennstoff und ihre Strahlungsleistung übertrifft dabei die der Sonne um das 100'000fache oder mehr!

Nachdem der Brennstoff «Wasserstoff» aufgebracht ist, nimmt der

Druck (der ja von der Fusion aufgebaut wurde) ab und der Stern verlässt das Gleichgewicht. Er kontrahiert wieder. Falls der Stern genug massenreich ist, startet die Heliumfusion bei 100 Millionen Grad. Dieses Spiel geht bei sehr massenreichen Sternen (über 2.3 Sonnemassen) über die Kohlenstoff-, Neon- und Sauerstofffusion bis hin zur Siliziumfusion weiter. Die Produkte der Siliziumfusion sind unter anderem Eisen, aus dem dann keine weitere Energie durch Fusion mehr gewonnen werden kann. Dies bedeutet, dass für alle Sterne einmal ein Ende kommen muss, welches aber sehr von der Masse abhängt.

Dr. AVISHAY GAL-YAM erläuterte, dass sehr massearme Sterne (bis zu 0.3 Sonnenmassen) «langweilig» sterben: Nach dem Erlöschen des Wasserstoffbrennens kontrahiert der Stern zu einem weissen Zwerg, der dann abkühlt und schliesslich einen schwarzen Zwerg bildet.

Sterne mit Massen zwischen 0.3 bis 2.3 Sonnemassen, können in ihrem Kern Helium verbrennen. Das Wechseln vom Wasserstoff- zum Heliumbrennen geschieht innerhalb von Sekunden (sog. Heliumflash). Es kommt zu einem gewaltigem Temperaturanstieg und der Stern expandiert zu einem roten Riesen. Die äussere Hülle wird oft abgestossen (welche dann einen planetarischen Nebel bildet), während der Rest des Sterns zu einem weissen Zwerg wird. Da Dr. AVISHAY GAL-YAM explodierende Objekte im All untersucht, erklärte er den Zuhörern, wie Novas entstehen: «Falls ein weisser

Zwerg sich in einem Doppelsternsystem befindet, kann er seinem Begleiter Materie (Wasserstoff) abziehen. Nach gewisser Zeit kommt es dann entweder zu einem explosiven Wasserstoffbrennen in der äusseren Schale des weissen Zwergs oder zu einer Explosion aufgrund von Instabilitäten.»

Auch Sterne mit Massen zwischen 2.3 bis 8 Sonnemassen werden zu weissen Zwergen, jedoch erst nach dem Kohlenstoffbrennen.

Für Forscher Dr. AVISHAY GAL-YAM beginnt die «Unterhaltung» erst mit Sternen ab 8 Sonnemassen. Diese verbrennen alle leichteren Elemente fast ausschliesslich zu Eisen. Um den Kern im Sterninneren entstehen Schalen nach Art einer Zwiebel, in denen die verschiedenen Fusionsprozesse stattfinden. Nach völligem Verbrauch des nuklearen Brennstoffs kollabiert der Kern, und es kann ein kompaktes Objekt (Neutronenstern oder Schwarzes Loch, abhängig von der Masse des Kerns) entstehen. Dabei leuchtet der Stern extrem hell auf: Die Leuchtkraft nimmt millionen- bis milliardenfach zu; der Stern wird für kurze Zeit so hell wie eine ganze Galaxie. Dieses Phänomen nennt man Supernova.

Dr. AVISHAY GAL-YAM untersucht in seiner Forschung Supernovae. Die physikalischen Prozesse sind äusserst kompliziert, und die Allgemeine Relativitätstheorie kommt zur Anwendung. Durch eine Supernova können weitere Elemente gebildet werden, die schwerer sind als Eisen (zum Beispiel Gold). Dr. AVISHAY GAL-YAM will diese zusätzlich entstanden Elemente beobachten, wofür er natürlich Daten von möglichst vielen Supernovae braucht. Dank neuer Technik kann er heute etwa zehn Supernovae untersuchen, wofür er vor einigen Jahren noch mindestens ein Jahr warten musste. Durch diese neuen Daten hat Dr. AVISHAY GAL-YAM Hinweise gefunden, die auf Supernovae von Sternen hindeuten, die noch kein Eisen im Kern haben, jedoch mehr als 50 Sonnemassen schwer sind. Er erklärte, dass es seit den 50er Jahren eine Theorie gebe, die eine Begründung für dieses Phänomen liefert. Mit seinen Resultaten sei es eventuell möglich, diese Theorie zu bestätigen.

■ Sandro Tacchella

Bächliwis 3

CH-8184 Bachenbülach