

Gammastrahlen lichten den Nebel im intergalaktischen Raum

Messungen der Strahlung von zwei fernen Quasaren zeigen, dass der Raum zwischen den Galaxien transparenter für Gammastrahlen ist als bisher erwartet.

Mit den H.E.S.S.-Gammastrahlen-Teleskopen in Namibia konnten Astrophysiker erstmals sehr hochenergetische Gammastrahlung von zwei recht weit entfernten Quasaren (aktiven Galaxien) messen. Aus diesen Messungen folgt, dass das Universum transparenter für diese Art Gammastrahlung ist, als man bisher angenommen hat. Diese Gammastrahlung (siehe Feld rechts) wird von den gewaltigsten Objekten im Universum erzeugt. Auf ihrem langen Weg von fernen Orten zur Erde werden sie absorbiert, wenn sie mit einem „normalen“ Photon etwa im sichtbaren oder infraroten Wellenlängenbereich zusammentreffen. Dieser Hintergrund oder Nebel aus Licht erfüllt das gesamte Universum und ist ein Überrest all des Lichts, das im Universum während dessen gesamten Alters jemals ausgestrahlt wurde. Und zwar Licht von der Entstehung der allerersten Sterne und Galaxien bis in die heutige Zeit. Die Astrophysiker nutzten die fernen Quasare als Sonden und studierten, wie jenes fossile Licht die Energieverteilung der Gammastrahlung modifizierte. Daraus folgte eine Obergrenze für die Menge des Lichts, die deutlich niedriger ausfällt, als in bisherigen Abschätzungen erwartet wurde. Das Ergebnis, das am 20. April im Wissenschaftsmagazin Nature veröffentlicht wurde, hat nachhaltige Konsequenzen auf unser Verständnis der Galaxienbildung und -entwicklung und erweitert den sichtbaren Horizont des Gammastrahlen-Universums.

Die Suche nach der Geschichte der Licht-Emission im gesamten Universum:

Licht wird von allen Arten von Objekten (Sternen, Galaxien, Quasaren usw.) im Universum zu allen Zeiten emittiert. Dieses Licht durchdringt gleichmäßig den gesamten intergalaktischen Raum und wird daher auch als „diffuses extragalaktisches Hintergrundlicht“ (engl.: extragalactic background light, EBL) bezeichnet. Wissenschaftler haben lange versucht, diese fossile Aufzeichnung der Licht-Emission im Universum zu messen. Seine direkte Bestimmung aus dem gleichmäßigen Leuchten am Nachthimmel ist aber unglaublich schwierig und äußerst ungenau, da Atmosphäre, Sonnensystem und Milchstraße viel heller leuchten. Die sehr hochenergetische Gammastrahlung bietet eine alternative Möglichkeit, das Hintergrund-Licht zu ermitteln. Die Forscher der internationalen H.E.S.S.-Kollaboration haben mehrere Quasare (die leuchtkräftigsten Quellen hochenergetischer Gammastrahlung, siehe Extra-Feld rechts) mit diesem Ziel beobachtet. Das Ergebnis war geradezu umwerfend.

Der Nebel der intergalaktischen Photonen:

Wenn die sehr hochenergetischen Gammastrahlen (siehe schematische Darstellung unten) mit Licht bei Wellenlängen nahe dem sichtbaren Bereich zusammenstoßen, kann Materie erzeugt werden. Und zwar wird jeweils ein Elektron-Positron-Paar gebildet. Die Gammastrahlen von einer fernen Galaxie werden auf ihrem Weg zur Erde abgeschwächt, da es zu Zusammenstößen mit den Photonen des diffusen Lichts kommen kann. Dieser Effekt ist stärker für energiereichere Gammastrahlen und das ursprüngliche Gamma-Spektrum wird „röter“, etwa so wie die Sonne bei Sonnenuntergang röter aussieht, weil das blaue Licht in der Atmosphäre stärker gestreut wird als das rote Licht. Da die „Rötung“ von der Dicke des Absorbers abhängt (in diesem Fall der Intensität der Hintergrund-Photonen), wird die Messung der Dicke möglich.

Gammastrahlung: Gammastrahlung ist elektromagnetische Strahlung, wie auch sichtbares Licht oder Röntgenstrahlung, jedoch mit einer viel höheren Energie. Sichtbares Licht hat eine Energie von etwa einem Elektronenvolt (1 eV), einer von Physikern benutzten Einheit. Röntgenstrahlen haben etwa eintausend bis eine Millionen eV. H.E.S.S. weist sehr hochenergetische Gammastrahlung mit Energien von bis zu tausend Milliarden eV (Teraelektronenvolt, TeV) nach. Diese Strahlen sind sehr selten: selbst von einer relativ starken Quelle trifft nur etwa ein Photon pro Monat und Quadratmeter auf die Erdatmosphäre auf.

Die Messung des Photonen-Nebels:

„Das Haupt-Problem dabei ist, dass die Verteilung der Gamma-Energien (das Spektrum) von Quasaren viele verschiedene Formen annehmen kann, und bisher konnten wir nicht wirklich sagen, ob ein beobachtetes Spektrum 'rot' aussieht, weil es einer starken Rötung ausgesetzt war, oder ob es schon am Ursprung so aussah,“ sagt Dr. Luigi Costamante, einer der an dieser Entdeckung beteiligten Forscher. Aber die Gamma-Spektren von diesen zwei Quasaren namens H 2356-309 und 1ES 1101-232 haben einen Durchbruch ermöglicht. Die beiden Quasare sind weiter entfernt als bisherige Quellen und konnten nur dank der unerreichten Empfindlichkeit des H.E.S.S.-Instruments gemessen werden. Ihre Spektren sind zu „blau“ (d.h. sie enthalten zu viele Gammastrahlen am hochenergetischen Ende des gemessenen Bereichs) um mit der bei hoher Intensität des Hintergrund-Lichts zu erwartenden starken Rötung verträglich zu sein. Ohne noch problematischere oder ganz exotische Szenarien ins Spiel zu bringen, ist die wahrscheinlichste Schlussfolgerung die, dass die Intensität des fossilen Lichts deutlich geringer ist als bisher geglaubt.

Erweiterung des Gammastrahlen-Horizonts des Universums:

Die Grenze auf die maximale Intensität des diffusen Lichts, die man aus den H.E.S.S.-Daten ableiten kann, ist in der Tat sehr nahe an der unteren Grenze die sich aus der Summe des Lichtes einzelner Galaxien ergibt, die wir mit optischen Teleskopen wie dem Hubble-Weltraumteleskop sehen. Dies liefert eine Antwort auf eine der Fragen, die Wissenschaftler schon seit einigen Jahren verwirrt hat: wird das diffuse Licht vor allem von der Strahlung der allerersten Sterne im Universum bestimmt, als das Universum nur wenige hundert Millionen Jahre alt war? Das Ergebnis von H.E.S.S. scheint eine solche Möglichkeit auszuschließen und lässt ebenfalls wenig Spielraum für wesentliche Beiträge anderer Arten von Quellen als normalen Galaxien.

Ein besserer Durchblick durch den intergalaktischen Raum eröffnet zudem neue Perspektiven für die Untersuchung von Gamma-Quellen außerhalb unserer eigenen Galaxie. Die H.E.S.S.-Wissenschaftler werden weiterhin den Gammastrahlen-Himmel erforschen, jetzt wo sie wissen, dass sie bis in größere Entfernungen sehen können als bisher gedacht.

Kontakt:

[Dr. Luigi Costamante](#) &
[Dr. Felix Aharonian](#)

Max-Planck-Institut fuer Kernphysik
Saupfercheckweg 1
69117 Heidelberg, GERMANY
Tel +49 6221 516470 &
+49 6221 516485

[Dr. Michael Punch](#)

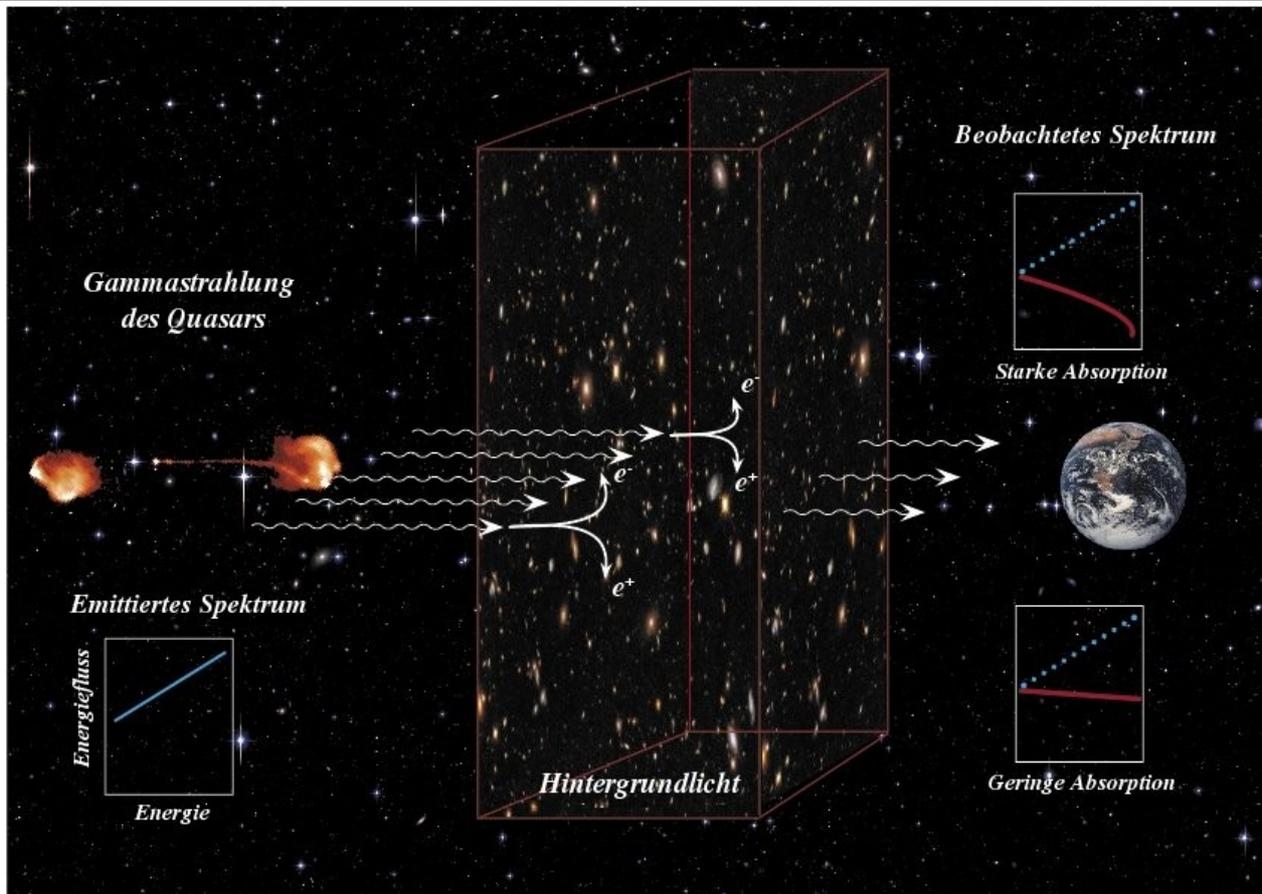
AstroParticule et Cosmologie
Collège de France
11 place Marcelin Berthelot
75231 Paris Cedex 05, FRANCE
Tel +33 1 4427 1545

[Prof. Stefan Wagner](#)

ZAH, Landessternwarte
Königstuhl
D-69117 Heidelberg, GERMANY
Tel +49 6221 541 712

Quasare, aktive Galaxien: Praktisch alle Galaxien scheinen in ihrem Zentrum ein sehr massereiches schwarzes Loch zu beherbergen, mit millionen- bis milliardenfacher Masse der Sonne. In manchen Galaxien wird es „aktiv“, indem es Gas aus seiner Umgebung aufsaugt und einen Teil davon als Plasma (bestehend aus Protonen, Elektronen und elektromagnetischen Wellen) mit Geschwindigkeiten sehr nahe der Lichtgeschwindigkeit wieder ausstößt. Diese „relativistischen“ Ausströmungen bilden jeweils einen engen Strahl, wie aus einer Düse, und können sich in manchen Fällen über die hundertfache Ausdehnung der Galaxie erstrecken. Sofern der Plasma-Strahl in etwa zur Erde zeigt, sehen wir die vom Plasma ausgesandte Strahlung hochgradig verstärkt. Solche Objekte werden als „Blazare“ bezeichnet. Ihre Strahlung erstreckt sich vom Radiobereich bis zu TeV-Energien und ändert sich stark im Laufe der Zeit, sowohl in ihrer Intensität als auch in ihrer Energieverteilung. Die zwei von H.E.S.S. gefundenen Objekte sind genau von diesem Typ.

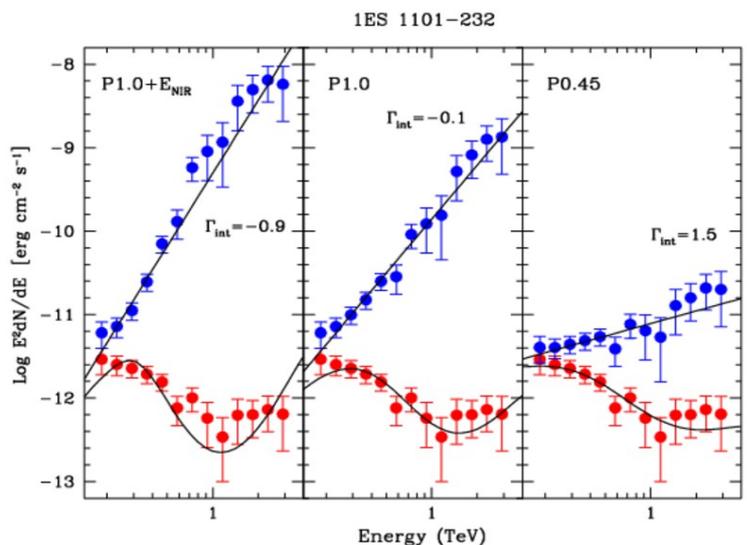




Eine schematische Darstellung der Auswirkung des extragalaktischen Hintergrund-Lichts (EBL) auf die Gammastrahlung von einem fernen Quasar, bevor diese die Erde erreicht. Die Gammastrahlen werden zum Teil absorbiert auf Grund von Kollisionen mit den EBL-Photonen, die von allen Sternen und Galaxien im Universum kommen. Wenn die Dichte der EBL-Photonen hoch ist (Diagramm oben rechts), ist die Absorption stark und die höchstenergetischen Gammastrahlen gehen verloren. Das gemessene Spektrum wird gegenüber dem ursprünglichen Spektrum stark verändert. Falls die Dichte gering ist (Diagramm rechts unten), ist die Absorption geringer und das Spektrum ändert sich nicht so stark.

Das Spektrum des Blazars 1ES 1101-232.

Die beobachtete Verteilung der Energien (das Spektrum) der ankommenden Gammastrahlung ist jeweils rot dargestellt. Blau dargestellt ist die ursprüngliche Verteilung an der Quelle, die man durch Korrektur der am Hintergrund-Licht erlittenen Absorption errechnet. Bei Annahme hoher Intensität des Hintergrund-Lichts (linker und mittlerer Teil des Bilds) ergibt sich ein Quell-Spektrum, das dramatisch von dem abweicht, was man als typische Verteilung von solchen Objekten annehmen kann. Für niedrige Intensität des Hintergrund-Lichts (rechts im Bild) wird das resultierende Quell-Spektrum kompatibel mit den normalen Eigenschaften dieser Art von Quasaren.



Über H.E.S.S.

Das H.E.S.S.-Team: Die H.E.S.S.- (High Energy Stereoscopic System) Kollaboration besteht aus Wissenschaftlern aus Instituten und Universitäten aus Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Irland, der Tschechischen Republik, Armenien, Südafrika und Namibia.

Der Detektor: Die Ergebnisse wurden mit dem stereoskopischen Teleskopsystem H.E.S.S. erhalten, welches in Namibia installiert ist. Das Teleskop-System besteht aus 4 gekoppelten Spiegel-Teleskopen mit je 13 m Durchmesser, und ist das zur Zeit empfindlichste Instrument zum Nachweis von sehr hochenergetischer Gammastrahlung. Diese wird beim Eintritt in die Atmosphäre absorbiert, wobei ein Teilchenschauer entsteht, der wiederum einen sehr kurzen, bläulichen Lichtblitz emittiert (sogenanntes Tscherenkow-Licht mit einer Dauer von nur wenigen Milliardstel Sekunden). Die Teleskope fokussieren mit ihren großen Spiegeln diese sehr schwachen Lichtblitze auf ihre hochempfindlichen Kameras. Aus den Bildern eines jeden Schauers, lässt sich die Richtung und die Energie der einzelnen Gamma-Quanten rekonstruieren. Durch Überlagerung der Richtungen am Himmel werden die Bilder von astronomischen Objekten im Licht der TeV-Gammastrahlung erzeugt.

Das H.E.S.S.-Teleskopsystem wurde über mehrere Jahre von mehr als 100 Wissenschaftlern und Technikern aus Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Irland, der Tschechischen Republik, Armenien, Südafrika und dem Gastgeberland Namibia entwickelt. Das Instrument wurde im September 2004 vom Premierminister Namibias, Theo-Ben Guirab, eingeweiht. Bereits die ersten Daten führten zu einer Reihe von wichtigen Ergebnissen und Entdeckungen, wie zum Beispiel das erste astronomische Bild einer Supernova-Schockwelle im Licht der hochenergetischen Gammastrahlung.

Zukunft: Die bei H.E.S.S. beteiligten Forscher sind dabei, das Teleskop-System weiter auszubauen und zu verbessern. Der Bau eines zentralen Teleskops – unglaubliche 30 m im Durchmesser – ist im Gange. Neue Partnerländer, wie etwa Polen, nehmen daran teil. Diese weitere Ausbaustufe, als H.E.S.S.-II bezeichnet, wird noch empfindlicher und wird einen noch weiteren Bereich an Gamma-Energien überdecken. Das H.E.S.S.-Team wird damit Gammastrahlung von noch ferneren Quasaren sehen können.

Weitere Informationen zu H.E.S.S.:

[H.E.S.S.-homepage](#)
[Projekt-Chronologie](#)
[Die H.E.S.S.-Teleskope](#)
[Broschüre über H.E.S.S.](#)
[\(PPT mit hoher Ausflösung 15 MB\)](#)

