

## Urknall-Zerstrahlung: Wo ist bloß die Energie geblieben?

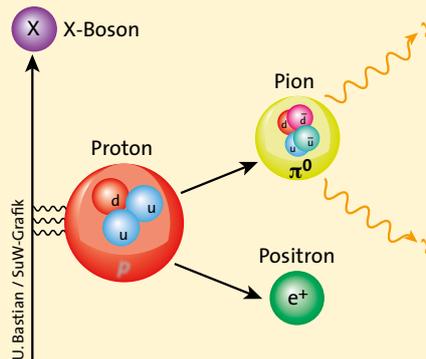
Laut gängigem Standardmodell entstanden beim Urknall aus der Anfangsenergie rund 50 Prozent Materie und rund 50 Prozent Antimaterie, die sich anschließend gegenseitig weit gehend auslöschten. Aus den verbliebenen vielleicht 0,01 Prozent Materie entstanden unsere Galaxien, Sterne, Planeten und so weiter.

Meine Frage lautet nun: Wenn sich 99,99 Prozent oder mehr der Ursprungsenergie des Urknalls erst in Materie umwandelte, sich dann durch die Zerstrahlung von Materie und Antimaterie wieder in Energie zurück verwandelte, wo ist diese Energie dann heute? Energie kann bekanntlich nicht vernichtet werden, nur umgewandelt. Über diesen Punkt wird in allen Modellbeschreibungen zum Thema Big Bang immer hinweg gegangen. Wir müssten diese Energie doch folglich heute noch irgendwo sehen beziehungsweise messen können.

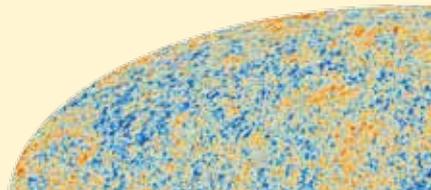
ULRICH WESSENDORF, GREVEN

Die Energie aus der Vernichtung der Materie und Antimaterie im frühen Universum muss in der Tat übrig geblieben und heute beobachtbar sein. Auch wenn es auf den ersten Blick unglaublich erscheint: Diese Energie ist in Form der schwachen Strahlung des kosmischen Mikrowellenhintergrunds erhalten – um einen Faktor von fast  $10^{15}$  rotverschoben und fast  $10^{45}$  verdünnt.

Mit der Expansion des Universums sank die Temperatur ab, und es fanden teilchenphysikalische Prozesse statt, die der jeweiligen Temperatur entsprachen. So bildeten sich im Standardmodell rund zehn Mikrosekunden nach dem Urknall Baryonen und Antibaryonen aus dem Plasma, das zuvor aus Quarks und Gluonen bestand. Es entstanden dabei ein klein wenig mehr Baryonen als Antibaryonen, wobei der Mechanismus für diese Baryonen-Asymmetrie bisher nicht verstanden ist. Die Größe der Asymmetrie beträgt rund  $10^{-9}$ , das heißt, es gab also für eine Milliarde Antibaryo-



Hypothetischer Zerfall eines Protons durch Vermittlung eines virtuellen X-Bosons. Das dabei entstehende neutrale Pion zerfällt sofort weiter in zwei Gamma-Photonen. Experimente konnten bislang zeigen, dass Protonen auf der Zeitskala von  $10^{40}$  Sekunden stabil sein müssen – das ist immerhin das  $10^{23}$ -fache des Alters des Universums!



Die Feuer der großen Vernichtungsschlacht der Baryonen leuchten heute nur noch schwach als universelle Mikrowellenstrahlung nach.

nen eine Milliarde und ein Baryon, die sich deshalb gegenseitig nicht vollständig vernichten konnten.

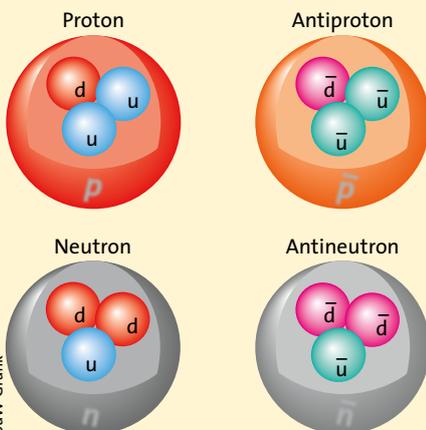
Das bedeutet allerdings, dass sehr viele Photonen bei der Vernichtung der Baryonen und Antibaryonen entstanden, und man muss  $10^9$  Photonen für jedes überlebende Baryon erwarten. Diese sind tatsächlich im kosmischen Mikrowellenhintergrund heute messbar und hatten wichtige Auswirkungen auf die Bildung der chemischen Elemente, weil sie das Verhältnis von Neutronen zu Protonen und den Zeitpunkt der Deuteriumproduktion bei der Elementsynthese wenige 100 Sekunden nach dem Urknall bestimmten.

Die Asymmetrie selbst stammt in diesem Bild aus einer noch früheren Phase des Universums, als es wenige Pikosekunden alt war. Das Standardmodell kennt die Baryonenzahl als eine erhaltene Größe, was bedeutet, dass bei allen teilchenphysikalischen Prozessen, wie wir sie kennen,

die Zahl der Baryonen minus die Zahl der Antibaryonen immer konstant sein muss. Daher braucht man Prozesse aus der noch gesuchten vereinheitlichten Theorie der Wechselwirkungen, etwa den Zerfall von X-Bosonen, die bevorzugt in mehr Quarks als in Antiquarks (bei gleichzeitiger Ladungserhaltung) zerfallen und auf diese Weise die Baryonen-Asymmetrie erzeugen.

Die X-Bosonen sind postulierte Teilchen, die direkte Wechselwirkungen zwischen Quarks und Leptonen (wie dem Elektron) vermitteln können. Modelle, die diese Teilchen postulieren, hätten als interessante Konsequenz, dass selbst Protonen nicht mehr stabil wären, sondern auf großen Zeitskalen in ein Pion und ein Positron zerfallen, weil eines seiner Quarks sich in ein Positron verwandelt.

BJÖRN MALTE SCHÄFER ist Kosmologe und Professor am Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg.



Aufbau von Protonen, Neutronen und ihren Antiteilchen aus jeweils drei Quarks beziehungsweise Antiquarks.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.

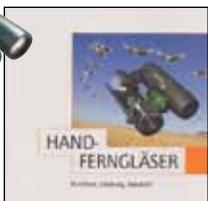
## Fernglaswelt

Egal ob Ihr Interesse bei Vogelbeobachtung, Marine, Jagd, Natur, Security oder Astronomie liegt: Wir haben das perfekte Fernglas für Sie. Besuchen Sie unsere riesige Ausstellung hochwertiger Ferngläser.

Nikon 7x50 Aculon	119,-
Fujinon 7x50 FMT-SX2	599,-
Fujinon 10x50 FMT-SX2	699,-
Fujinon 10x70 FMT-SX2	799,-
MEOPTA MeoStar B1 7x42	748,-
MEOPTA MeoPro 8x42	299,-
Swarovski EL 8,5x42	2.124,-
Swarovski 8x56 SLC WB	1.980,-
Zeiss Victory HT 8x54	2.065,-
Leica Ultravid HD 7x42	1.950,-
Nikon EDG 7x42 DCF	1.699,-
Pentax DCF BC 9 x 32	335,-
Minox BL 8x44 CB	399,-
Minox BL 8x56 CB	675,-
Vixen New Foresta 10x56	539,-
KOWA Genesis XD 8x33	895,-
KOWA BD 10x56 XD	639,-
KOWA Highlander 32x82-45°	3.999,-



**Hand-Ferngläser H. Melitz**  
Hier wird jedes Detail der Technik und des Beobachtens eingehend erläutert, auf eine sehr zielorientierte und verständliche Art. Selbst Fernglas-Profis werden staunen, was sie bisher alles nicht wußten. 207 Seiten, Format 21x24 cm, Deutsch, € 36,-



## SkyWatcher Star Adventurer

Die neue Star Adventurer Montierung ist vor allem für die Astrofotografie auf Reisen gedacht. Tragkraft 3 kg, Gewicht 1,1 kg.

Der integrierte, beleuchtete Polsucher erlaubt eine genaue Ausrichtung und das groß dimensionierte Schneckengetriebe hat einen ausgezeichneten Gleichlauf. So schafft man ohne Guiding scharfe Aufnahmen mit mehreren Minuten Belichtungszeit.

Star-Adventurer Komplettsatz mit Polhöhe, L-Adapter, Gegengewicht mit Stange sowie Berlebach Ministativ € 475,-



## Vixen Polarie

Pfiffige, kompakte Reisemontierung in völlig neuem Design. Alles ist in einem Gehäuse integriert, keine Kabel, keine externen Boxen, integrierte Stromversorgung über 2 Mignon Batterien. Gewicht 740 g, Zuladung max. 2 kg / 200 mm Brennweite. Wählbare Geschwindigkeit: Sonne, Mond, Sterne und halbe Sternengeschwindigkeit für Sternhimmel+Horizont-Bilder. Peilsucher zum groben Einnorden für kurze Belichtung.

Vixen Polarie Montierung	€ 399,-
Vixen Polarie Set mit Kugelkopfkugel	€ 450,-
Komplettsatz Mini-Stativ u. 2 Kugelköpfe	€ 610,-
Polsucher-Fernrohr für Vixen Polarie	€ 189,-



## Quantum Scientific Imaging

Neue Modelle mit CCD-Chips von Sony

- ICX-814 - ICX-694 - ICX-674
- 9.2 - 6.1 - 2,8 Megapixel
- Quantenwirkungsgrad von 77% bei 560 nm
- Extrem geringer Dunkelstrom
- Sehr niedriges Chip-Rauschen
- Pixelgrößen von 3.69 µ und 4.54 µ, ideal für kurze Brennweiten von 400 - 700 mm
- Preise ca. € 3.300,- bis € 4.670,-



Bild: Stephan Messner

## TeleVue Achromaten

Perfekte Optik, kompakte und extrem robuste Bauweise.

Ideal als Reiset teleskop für visuelle Beobachtung und Fotografie.

Alle mit 10:1 Microfokus.

OTA ohne jedes Zubehör.

Tele Vue 85 micro OTA	€ 1.899,-
Tele Vue 76 micro OTA	€ 1.398,-



Bild: Stephan Messner

Tele Vue NP 101is OTA	€ 4.275,-
Tele Vue NP 127is OTA	€ 7.820,-

## Sonnenfinsternis 20. März 2015



**ICS Schutzbrille zur Sonnenbeobachtung**  
mit schwarzer ICS Sonnenfolie, absolut sicher, keine Reflexe, perfektes Sonnenbild

ICS SoFi-Schutzbrille, 10er-Pack	€ 21,-
ICS SoFi-Schutzbrille, 50er-Pack	€ 90,-
ICS SoFi-Schutzbrille, 100er-Pack	€ 165,-

### ICS Sonnenfolie

perfekt bis 20-fache Vergrößerung, schönes Sonnenbild in gelb, ungefärbtes Folienstück mit Anleitung, visuell ND 5

ICS Sonnenfolie 10 x 20 cm	€ 7,-
ICS Sonnenfolie 15 x 15 cm	€ 9,-
ICS Sonnenfolie 30 x 30 cm	€ 23,-

### Baader Astro-Solar Sonnenfolie

perfekter Kontrast, absolut sicher, weißes Sonnenbild. Ungefärbtes Folienstück mit Anleitung. Erhältlich in ND3,8 (nur fotografisch) oder ND5 (visuell und fotografisch)

Astro-Solar ND5 (od. ND3,8) 10x10 cm	€ 5,-
Astro-Solar ND5 (od. ND3,8) 20x20 cm	€ 15,-
Astro-Solar ND5 (od. ND3,8) 25x25 cm	€ 25,-

### Thousand Oaks Sonnenfilter aus Glas, gefaßt

sehr schönes Sonnenbild in gelb, hervorragender Kontrast, ND5, absolut sicher, solide Alu-Fassung, viele weitere Größen lieferbar

Öffnung 76 mm, Fassung ID 95 mm	€ 90,-
Öffnung 89 mm, Fassung ID 101 mm	€ 90,-
Öffnung 125 mm, Fassung ID 146 mm	€ 129,-

### Herschelprismen zur Weisslicht-Beobachtung

Baader Safety Herschelprisma 2" Photo

€ 495,-

Baader Safety Herschelprisma 2" Visuell

€ 445,-



### H-Alpha Filter

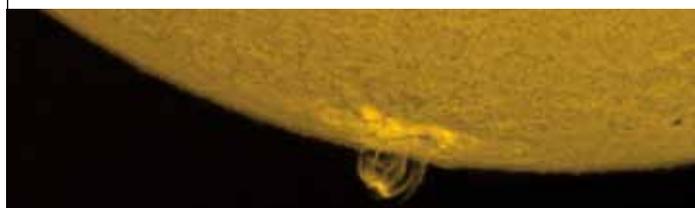
60 mm Lunt H-Alpha Filter LS60FHa-B1200	€ 3.225,-
60 mm Lunt Double Stack Element	€ 2.250,-
60 mm Coronado SolarMax II Filter BF 15 mit T-Max	€ 2.249,-

### H-Alpha Teleskope mit Pressure Tuner

Lunt 50 mm Ha Teleskop B600 PT	€ 1.275,-
Lunt 60 mm Ha Teleskop B600	€ 1.920,-
Lunt 100 mm Ha Teleskop Feather Touch, Pressure Tuner, Double Stack <0,5A	€ 8.999,-

### Coronado H-Alpha Teleskope – Letzte Exemplare

90 mm Coronado SolarMax Teleskop BF30 Double Stack <0,5A	€ 8.999,-
--	-----------



## Alles für die Astronomie

TELESKOPe · FERNGLÄSER · ZUBEHÖR · BÜCHER · STERNKARTEN · SOFTWARE

Info: [www.intercon-spaceteq.de](http://www.intercon-spaceteq.de)  
Shop: [www.fernrohrmarkt.de](http://www.fernrohrmarkt.de)

INTERCON SPACETEC · Riesenauswahl · Große Ausstellung

Gablinger Weg 9a · D-86154 Augsburg (Zufahrt nur über Talweg)

Mail: [info@intercon-spaceteq.de](mailto:info@intercon-spaceteq.de) · Fax 0821-414 085 · Tel. 0821-414 081

