

Isartalsternwarte

Der „unsichtbare“ Himmel

Freitag, 11.04. 2025

Ultraviolette Beobachtungen

A. Einleitung

Bislang ist es in den bisherigen Vorträgen um Strahlungsquellen gegangen, deren Temperaturen zwischen -270°C und etwa $10\,000^{\circ}\text{C}$ liegen. Wir überspringen nun den sichtbaren „optischen“ Bereich des elektromagnetischen Spektrums und landen bei eher „heißen Temperaturen“ der ultravioletten Strahlung. Die Wellenlängen werden ab jetzt in Folge immer kürzer, die Frequenzen immer größer, der Energiegehalt der Strahlung immer gewaltiger.

B. Hauptteil

1. Die ersten Anfänge der ultravioletten Astronomie

- 1.1. Nahezu zeitgleich mit unserem Kirchenmusikdirektor Herschel, von dem im vergangenen Vortrag bereits die Rede war, experimentierte 1801 in Jena ein gewisser Herr Johann Wilhelm Ritter mit verschiedenen Silbersalzen. Besonders angetan war er vom Silber-Iodid: Er tränkte ein Blatt Papier mit einer Silber-Iodid-Lösung, ließ Licht darauf einwirken und erreichte damit eine deutliche Schwärzung des Papiers. Im optischen Spektrum nahm die Intensität dieser Schwärzung in Richtung des violetten Bereiches zu, jenseits (lateinisch „ultra“) des Violetten erreichte der Schwärzungseffekt ein Maximum. Hier ist wohl eine nicht sichtbare Strahlung, die „Ultraviolette Strahlung“ am Werk gewesen! Mit seinen Experimenten hat Herr Ritter übrigens den Weg zur modernen analogen Photographie bereitet und er hat später auch noch den Akku erfunden.
- 1.2. Mit der Einführung von sehr heißen elektrischen Glühlampen wurde es möglich, künstliche UV-Strahlung zu erzeugen. Besonders im medizinischen Bereich ist diese Strahlung unverzichtbar: Zum Beispiel befreit sie medizinische Geräte von gefährlichen Bakterien oder sie tötet Keime im Trinkwasser ab. In der Mineralogie kann UV-Strahlung spezielle Kristalle phosphoreszieren lassen und auf Partys kommen jene „Schwarzlicht-Lampen“ immer wieder richtig gut an.

- 1.3. Es lag auf der Hand, dass die Himmelforscher zunächst einmal versuchten, die UV-Strahlung unserer Sonne zu ergünden. Doch dabei stellte es sich rasch heraus, dass unsere Atmosphäre eine sehr wirksame Abschirmung gegen diese Strahlung bietet: Die Ozonschicht in der irdischen Stratosphäre. Die Stratosphäre beginnt in einer Höhe von 10 km (über den Polargebieten) und 17 km (oberhalb des Äquators), sie erstreckt sich bis in eine Höhe von etwa 50 km. Also kann es von der Erdoberfläche keine direkte UV-Beobachtung geben! Auch die höchsten Berggipfel unseres Planeten gestatten keinen Zugang zu den kosmischen ultravioletten Spektralbereichen. Die einzige Möglichkeit, Beobachtungen der himmlischen UV-Strahlung durchzuführen, liegt also hauptsächlich in der Nutzung geeigneter Satelliten. Der erste gründliche Einstieg in die UV-Astronomie glückte mit der Inbetriebnahme des Satelliten IUE („International Ultraviolet Explorer“) im Jahr 1978.

2. Wellenlängen und atmosphärische Fenster

Das Spektralband der UV-Strahlung erstreckt sich zwischen den Wellenlängen 380 und 2 Nanometer (10^{-9} Meter). Mittlerweile definieren wir drei UV-Bereiche, die mit abnehmender Wellenlänge in UV-A („nahes Ultraviolet“), UV-B und UV-C („fernes Ultraviolet“) eingeteilt werden. Jegliche UV-Strahlung ist für irdisches Leben zumindest äußerst schädlich, ab einer gewissen Dosis sogar tödlich. Unsere Sonnenstrahlung enthält zum Glück nur zu 5% UV-Wellen.

Das „nahe UV“ mit einer Wellenlänge von mehr als 310 Nanometer schafft es noch hinunter bis zur Erdoberfläche, wo es dann für unsere Sonnenbrände und für die Orientierung verschiedenster Insekten sorgt.

Der Sauerstoff und das stratosphärische Ozon sollen sicherstellen, dass alle anderen UV-Strahlen restlos verschluckt werden. Durch einen verschwenderischen Umgang mit diversen technischen Gasen – z.B. mit den Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen FCKW – hätten wir es beinahe geschafft, diesen lebenswichtigen Ozon-Schutzschild dauerhaft zu zerstören. Damit wäre zwar die astronomische Beobachtung kosmischer UV-Strahlung von der Erdoberfläche aus immer besser gelaufen, doch bald hätte auch es keine Menschen mehr gegeben, die solche Beobachtungen hätten anstellen können. Inzwischen dürfen wir sicher sein, dass wir es gerade noch geschafft haben, die ursprüngliche Schutzwirkung der Ozonschicht wieder zu erlangen.

3. Instrumente für die Beobachtung der kosmischen UV-Strahlung

3.1. Ballon-Sonden

Bevor die Raumfahrt die UV-Beobachtungen endgültig übernommen hat, behelfen sich die Forscher spezieller Ballon-Teleskope. Diese Ballons erreichten Höhen von bis zu 45 km und damit die Luftschichten, wo noch nahes und mittleres UV bis zu 200 Nanometer zugänglich sind.

3.2. UV-Satelliten

Die ersten UV-Satelliten wurden vor knapp fünfzig Jahren auf die Erforschung der ultravioletten Sonnenstrahlung angesetzt – die OAO-Serie, der US-Satellit „Copernicus“ und die europäischen Satelliten ANS und TD-1. Im Jahr 1978 nahm dann, wie oben schon erwähnt, der IUE seinen Betrieb auf. Für einen besonderen Höhepunkt der UV-Astronomie sorgte und sorgt das Weltraumteleskop „Hubble“. Neueste Entdeckungen glückten schließlich mit dem Satelliten GALEX. Mithilfe all dieser Satelliten konnten Wellenlängenbereiche bis hinab zu 115 Nanometer erreicht werden.

Die interstellare Materie selbst – hier vor allem der Wasserstoff - verschluckt UV-Strahlung in großem Maßstab zwischen 91,2 nm und 10 nm. Bei kürzeren Wellenlängen wird dann der Weltraum wieder durchsichtig.

3.3. Optische Probleme

Die UV-Strahlung ist schon dermaßen „hart“, dass sie von normalen Teleskopspiegeln nicht mehr richtig reflektiert werden kann. Es gab viele vergebliche Versuche mit diversen Aluminium-Vergütungen und Aluminiumoxid-Beschichtungen, schließlich landete man bei Spiegeln mit Lithium-Fluorid-Vergütung. Diese Beschichtung muss aber unbedingt vor jeglichem Einfluss von Feuchtigkeit bewahrt bleiben, denn sie ist stark hygroskopisch.

4. Ergebnisse

- 4.1. Im Gegensatz zur Radio- und IR-Astronomie hat die UV-Astronomie keine nennenswerten „völlig neuen Objekte“ entdecken können. Doch im Bereich der Spektroskopie hat die UV-Beobachtung durchaus Fortschritte ermöglicht, weil viele relevante Elemente besonders stark im UV-Spektrum strahlen. Ganz besonders interessiert sind die Forscher an der „Lyman-Alpha-Linie“ des Wasserstoffs, die mit 121,6 nm Wellenlänge im fernen UV-Bereich liegt und von der Erdoberfläche aus nicht beobachtet werden kann.
Die spektralen Auswertungsmethoden sind übrigens nahezu identisch mit den optischen Verfahren – das macht die Forschungsarbeit insgesamt erheblich einfacher.
- 4.2. Kometen: Die UV-Beobachtung von Kometen gestattet Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung der Kometen-Materie, die ja als „ursprüngliche und unveränderte Urmaterie“ vom Anbeginn des Sonnensystems gilt.
- 4.3. Interstellare Materie: Die meisten Atome und Moleküle, die so zwischen den Sternen schweben, haben infolge von Resonanzeffekten die stärksten Absorptionslinien im UV-Spektrum. Damit lassen sich ihre chemische Zusammensetzung und ihre Bewegungsverhältnisse sehr schön studieren. Wie oben schon erwähnt, strahlt der interstellare Wasserstoff am stärksten im UV-Bereich.
- 4.4. Heiße Sterne: In der Nachbarschaft besonders heißer Sterne (Oberflächentemperatur bis zu 50 000°C) finden sich höchst dynamische Gaswolken, deren UV-Spektren auf zahlreiche Elemente hinweisen. Besonders der Kohlenstoff spielt hier eine ganz wesentliche Rolle.
- 4.5. Sobald ein „durchschnittlicher“ Stern seinen Brennstoff-Vorrat (zumeist Wasserstoff) verzehrt hat, bläht er sich noch einmal kurz auf, bevor er zu einem „Weißen Zwerg“ degeneriert. Im Zusammenhang mit diesen Prozessen pustet der sterbende Stern seine äußeren Hüllen ab, die sich auch im optischen Licht als „Planetarische Nebel“ beobachten lassen. Die „nackten Kernbereiche“ des „Todgeweihten“ strahlen vorrangig im UV und regen damit die abgesprengte Nebelhülle zum Glühen an.
- 4.6. In unserer Milchstraße und gewiss auch anderswo gibt es zahlreiche Sternenpaare – die „kataklysmischen Doppelsterne“ – bei denen sich die beiden Partner sehr eng umkreisen. Dabei kann es immer wieder geschehen, dass von einem Partner Materie zum anderen „überströmt“. Dieser Materieaustausch verändert die Biographien der beteiligten Sterne erheblich und kann sogar zu kurzen und heftigen Helligkeitsausbrüchen führen. Wir sehen dann am irdischen Sternenhimmel eine „Nova“.
- 4.7. Im UV-Spektrum ferner Galaxien können wir die dortige Verteilung heißer Sterne und Gaswolken studieren und verschiedene Entwicklungsstadien ableiten. Zudem verraten sich „Schwarze Löcher“ in den Zentren etlicher Milchstraßensysteme durch ihr Verhalten im UV-Bereich.

C. Schluss

Der für den am 23. Mai 2025 anstehende Vortrag führt uns abschließend in ein Gebiet, das wieder einmal unsere Vorstellungskraft stark belasten wird. Wir nehmen Einblick in die „Hochenergie-Astronomie“, die sich mit „Schwarzen Löchern“, mit kollidierenden Neutronensternen und mit unfassbar energiereichen Partikeln beschäftigt.