

## Moderne Physik:

### 01. Astrophysik. Einführung.

Grob kann konstatiert werden, daß seit aller frühester Zeit, d.h. etwa bis zum Jahre 9000 v. Chr., die Menschen in Monumenten zum Ausdruck brachten, daß sie die Himmel mit seinen Erscheinungen der Gestirne, der Sonne und des Wetters beobachteten und versuchten zu verstehen, sei es, um sich dieser vielfältigen Erscheinungen zu bedienen wie z. B. die regelmäßigen Überschwemmungen des Nils oder um die eigene Macht gegenüber den Untertanen zu festigen.

Die Chinesen lieferten ebenso bedeutsame Beiträge wie afrikanische und amerikanische Kulturen, um nur einige Beispiele zu nennen. Selbst Stonehenge in England zeugt davon, daß die Beobachtungen des Himmels eine alte Tradition hat. Dann folgen die Namen der Griechen wie Archimedes, Hipparch, die den Beginn der Naturwissenschaften bereiteten. Jedoch erst die Neuzeit mit Brahe, Galiläi, Kepler und vielen anderen beendeten die dunkle Zeit des durch Religion und Hexenwahn geprägten Mittelalters.

Eins jedoch war allen Beobachtungen bis heute hin gemeinsam, wenn es auch noch nicht modern formuliert werden konnte: alle Beobachtungen waren visueller Natur, d. h. optischer Art und gehörten damit, so würde man heute sagen, dem elektromagnetischen Spektrum (EMS) an.

Die Ausbreitung dieses Spektrums, anfangs des Lichtes, geschieht im Vakuum des leeren Raumes = des Universums = des Kosmos mit der Vakuumlichtgeschwindigkeit  $c = 300.000 \text{ km/s}$ , und unter modernen Gesichtspunkten ist es verständlich, daß die Dauer der Lichtreise etwas erzählt über die Vergangenheit. Ist das Licht etwa von der Sonne zirka 8 Minuten unterwegs, so sehen wir mit dem Auge oder mit optischen Geräten auf der Erde, was vor 8 Minuten auf der Sonne passierte. Ist das Licht Milliarden von Jahren unterwegs, kann die Geschichte des Universums, der Sterne, von Galaxien und vieles mehr entschlüsselt werden, vorausgesetzt, man versteht diese Sprache.

Auf der Erde sind nur Teile des EMS wegen der Absorption in der Lufthülle zu beobachten, das sichtbare und das Radiowellenspektrum = sichtbares Fenster und Mikrowellenfenster. Alle erdgebundenen Beobachtungen sind hierdurch entscheidend eingeschränkt.

Erst das Ersteigen hoher Berge, der Start von Ballons, Raketen, Satelliten etc. ermöglicht die Beobachtung des gesamten EMS. Viel mehr Beobachtungsmöglichkeiten existieren auch nicht, es können zwar mit Sonden einzelne Atom- oder Molekülarten, Gesteine und Mineralien untersucht werden, doch beschränken sich diese Untersuchungen auf die nähere Umgebung der Erde und der Sonne, wobei es zweifelsohne viel zu erfahren und zu lernen gibt.

Die Weiten des Universums sind jedoch nur mit dem EMS zu sehen und zu verstehen, was bedeutet, das man die Physik und Chemie der Neuzeit beherrschen muß.

Die bislang vorgenommenen Beobachtungen des Alls zeigen, daß es kontinuierlich strahlende Objekte wie dunkle Materie, Gaswolken und Vakuum ebenso gibt wie Spektren des Schwarzen Körpers und von Synchrotronstrahlung. aber es gibt auch diskrete Objekte wie Galaxien, Kometen, Monde, und Sterne, etc, die EMS - Spektren in Emission wie in Absorption zeigen.

Einige mehr philosophische als physikalische Fragen treten auch dabei auf:

- Von allen ( fiktiven ) Standorten des Universums aus sehen fiktive Beobachter das Gleiche: es herrscht **Isotropie**;

- **das Universum ist zusammenhängend** und bis zum Horizont beobachtbar. Möglich ist auch ein Jenseits des Horizonts sowie viele Universen;

- die uns auf der Erde bekannte und überprüfte **Physik ist und war im Universum an allen Orten und zu jeder Zeit gültig**. Alle **Naturkonstanten** wie  $c$ ,  $G$ ,  $e$ ,  $h$ , etc. im Großen wie im Kleinen **sind weder orts- noch zeitabhängig**.

Die zur Beschreibung notwendigen Skalen sind in Metern und in Sekunden etwa  $10^{100}$ .

Eine konsistente Beschreibung im Großen leistet die Allgemeine Relativitätstheorie Einstein ( mit Modifikationen ) und im Kleinen die Quantentheorien.

## Moderne Physik: Astrophysik.

### 02.: Beobachtungen und Meßergebnisse.

An Geräten werden alle Möglichkeiten, das EMS - Spektrum zu analysieren, für die Zwecke der Weltraumforschung weiterentwickelt und eingesetzt. Die Astrophysik ist in gewisser Weise einer der Schrittmacher der Physik gewesen und ist es noch.

Die wesentlichen Geräte der Beobachtungen und der Detektion sind Fernrohre, Spektrometer, Spiegelteleskope und andere Meßgeräte wie u. a. Gravitationsdetektoren, Teilchenzähler, Röntgenspektrometer, etc., die erdgebunden oder im Weltraum eingesetzt werden.

In Entwicklung für den Einsatz u. a. im Weltraum sind Meßgeräte für die Quanten der Gravitationswellen, den Gravitonen (= Bosonen) und Teilchendetektoren für den interstellaren Wind. Auch der Datentransfer und die Datenverarbeitung spielen eine außergewöhnlich große Rolle.

Der Aufbau und die Funktionsweisen dieser Geräteklassen ist Inhalt anderer Veranstaltungen. Tiefere Einblicke oder Übersichten dazu können der gängigen veröffentlichten Literatur entnommen werden.

### Meßergebnisse:

2.1. Die Helligkeitsunterschiede im EMS (Bolometrie) und der Schwarzkörperstrahlung (=black body radiation) ergeben über die Standardkerzen die Möglichkeit, die Entfernungen im All zumindest grob angeben zu können (Standardkerzen sind selbst leuchtende Objekte im All, deren Physik gut verstanden ist, die stets die gleiche Helligkeit = Lichtintensität  $I$  abstrahlen):

$$2.1.: I = I_0 \cdot 4\pi D^2 \text{ oder auch } m = 5 \cdot_{10} \log\left(\frac{D}{10}\right) + M, \text{ wobei } I = \text{absolute Leuchtkraft};$$

$I_0$  = scheinbare Leuchtkraft;  $D$  = Entfernung zum Beobachter;

$m$  = scheinbare Größenklasse und  $M$  = absolute Größenklasse.

2.2. Farbdifferenzen in den verschiedenen Spektralbereichen des EMS, insbesondere im Sichtbaren, der Optik. Damit ist die Einteilung in ein zeitliches Entwicklungsdiagramm der Sterne ermöglicht: das Hertzsprung - Russell - Diagramm gibt die Sterngeschichte und die Zukunft von Sternen an, auch die der Sonne;

2.3. Zeitliche Änderungen des EMS, die langsam und auch sehr schnell, einmalig wie auch wiederholt sein können, wobei sich die Wiederholungsfrequenzen über Jahrzehnte und Jahrtausende noch geringfügig ändern können, das sind die Pulsationen. Ist die Physik dahinter bekannt, ergeben sich Informationen über Doppelsterne, schwarze Löcher, Rotation, etc. Die Pulsationen liegen im Bereich von Bruchteilen von Sekunden bis zu Monaten, manchmal sind bei der Zählung der zeitlichen Verteilung einzelner Photonen des EMS eines Objektes nur schwierig Unterscheidungen zu machen zwischen Wiederholungen und dem Rauschen;

2.4. Die Untersuchung des EMS von strahlenden Objekten nach Banden und Linien in Absorption und Emission ergibt den Nachweis von Materie nach Art, Menge und Zustand, z. B. angeregt oder ionisiert etc.

2.5. Verschiebung der Banden und Linien in den blauen oder in den roten Bereich sind als Dopplereffekt und als Gravitationsverschiebung deutbar.

Also als Fluchtgeschwindigkeit von Sternen oder Galaxien und deren Rotation oder als Nachweis ihrer Gesamtmasse. Die bislang größten Entfernungen sind mit einem Faktor zwei versehen, etwa:

2.2.:  $D_{\max} \approx 5 \cdot 10^{10}$  Lichtjahre; 1 Lichtjahr = Entfernung, die das Licht pro Jahr zurücklegt.

2.6. Häufigkeitsverteilung der Elemente im Sonnensystem, der Milchstraße = „unserer“ Galaxies, im All und in den vielen leeren Stellen (voids), etc. ergeben Aussagen über die Bildungsmechanismen der Objekte, deren Alter und deren Herkunft.

Das gesamte All besteht praktisch nur aus Wasserstoff und Helium, der gesamte Rest der Elemente wird als „Metalle“ bezeichnet. Neben dem atomaren oder molekularen Grundzuständen gibt es verschiedene Anregungszustände, aber auch einfach oder mehrfach gestrippte Zustände der Materie;

2.7. Die Beobachtungen der Dynamiken verschiedener Galaxien ( Explosionen von Sternen bis hin zu Galaxien = Novae und Super - Novae ) ergeben weitere Informationen über schwarze Löcher in den Zentren von Galaxien, dunkle und exotische Materie, den Magellanschen Strom, etc.

Die Modellbildung geschieht analytisch und auch über Näherungen mit Hilfe der Einsteinschen allgemeinen Relativitätstheorie, die mathematisch gesehen unendlich viele Lösungen zuläßt.

Einzelne Lösungen sind gefunden worden von Schwarzschild, Friedman, Einstein - de -Sitter, Thorne, Hawkings, Penrose, Kerr, etc.

Sofern die Massen klein und damit die Gravitation gering ist, ist die normalerweise gekrümmte Raum-Zeit flach = euklidisch und Newton ist anwendbar, sonst ergeben sich mathematisch gesprochen Singularitäten, als physikalische Objekte schwarze Löcher unterschiedlicher Eigenschaften und Größenklassen.

Die Modellbildung in den Singularitäten sollte die Allgemeine Relativitätstheorie Einsteins mit den Erkenntnissen der Quantentheorie verbinden, dies ist noch nicht gelungen.

Entscheidende Größen sind die Planck - Wheeler - Länge, die Planck - Wheeler - Masse und die Planck - Wheeler - Zeit, in deren Exponent jeweils ein Faktor von etwa -40 auftaucht.

**Schlußfolgerungen:** Es gibt einen Anfang des Universums (oder der Universen): den Big Bang als Standardmodell der Kosmologie und eine nachfolgende zeitliche Entwicklung, die etwa  $10^{11}$  Jahre alt ist, eingeteilt in sehr frühe Zeitabschnitte = Märchen- = Mythenära und der Zeit danach; aber es gibt auch ein steady state Modell.

Zum Zeitpunkt des Big Bang ist die Raum - Zeit - Krümmung so stark, daß sämtliche Vorstellung und alle bislang bekannte Physik versagt und vor allem die Zeit ihres bekannten Charakters entkleidet wird, so daß die Frage nach einem davor obsolet werden mag.

Im Big Bang entsteht die Materie, die Photonen und die Zeit und zwischen 1 - 1000 Sekunden werden die Materie, d. h. Wasserstoff und Helium und die Photonen erzeugt; nach etwa 1000 Sekunden nimmt das Universum für die restliche Zeit seine heutige Gestalt und Ausdehnungsdynamik an. Heute ist der Massenanteil der Photonen über die Einstein - Beziehung  $E=mc^2$  vernachlässigbar, da dieser Anteil um einen Faktor 1000 kleiner ist.

Die Schwerkraft = Gravitation erzeugt Gasansammlungen aus Wasserstoff, die u. a. zu Sternen und Galaxien führen können, dabei jeweils eine typische Dynamik durchlaufen und nach Explosionen (Novae, Supernovae), zu schwarzen Löchern oder schweren Elementen wie Eisen und Nickel führen. Im Sterninnern finden massenabhängige Kernfusionsprozesse zur Energieerzeugung statt, bekannt als Protonen - und Kohlenstoffkreislauf und Brutprozesse für die schweren Elemente, die nach den Explosionen der Sterne in neue Sterne und deren Begleiter, Planeten, etc. übergehen.

Manche der Gasplaneten enden wie der Planet Jupiter, manche wie die Sonne, die selbst ein weißer Zwerg werden wird, als Neutronenstern oder als schwarzes Loch.

Schwarze Löcher gibt es in vielleicht drei Arten: Baby - Schwarze - Löcher, die aus der Zeit des Urknalls stammen, schwarze Löcher als Endstadium von sonnenähnlichen Sternen und super große schwarze Löcher im Zentrum von Galaxien, die Milliarden von Sonnenmassen schwer sind.

Aus schwarzen Löchern kann wegen der Energie - Masse - Verknüpfung kein Photon (=Licht) mehr entweichen, jedoch kann es aus quantentheoretischen Gründen nach sehr langer Zeit durch die Hawking - Strahlung verdampfen: diese Zeit beträgt etwa  $10^{+60}$  Jahre.