

Bild 27 Häufigkeit der Elemente im Universum.

Erst in der späten Materie-Ära entstehen dann auch Moleküle, und noch später Informationsprozesse, biologische Substanzen, Leben usw. (s. nächste Abschnitte). Einen schematischen Überblick zur gesamten Entwicklung vom Urknall zeigt Bild 28. Auffällig sind hierin insbesondere zwei Geraden. Für sie gilt mit  $t_p$  in Sekunden:

$$\rho = \frac{10^5}{t_p} \text{ und } T = \frac{10^{16}}{\sqrt{t_p}}$$

Infolge des sehr großen Temperaturbereiches von größer  $1:10^{30}$  kann es sich als nützlich erweisen, die Zeit-Variante Chronosta  $\tau$  statt der völlig ungewöhnlich geteilten Zeitskala mit  $t$  zu nutzen. Zur Umrechnung fehlen aber (noch) hinreichende allgemeine Kenntnisse. Deshalb erfolgte nur eine erste, vorläufige Abschätzung in Chronosta (Zeit-Tabelle S. 25, ähnlich wie in [Völl4] [Völl5]). Zur Berechnung könnte davon ausgegangen werden, dass es für die Energie zwei allgemeingültige Formeln gibt:  $E = k_p \cdot T$  und  $E = h \cdot f$ . Mittels der Boltzmann-Konstante  $k_p \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$  und der Planck-Konstante  $h \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$  ergibt sich daraus formal zwischen der Temperatur  $T$  und der (Takt-) Frequenz  $f$  für eine Zeite/Zählung der Zusammenhang  $f = (k_p/h) \cdot T \approx 2 \cdot 10^{10} \text{ T}$ . Der Verlauf jedoch dürfte aber viel steiler sein, vielleicht proportional  $T^n$  oder gar exponentiell. Es muss also noch ein anderer allgemeingültiger Zusammenhang zur Berechnung der absoluten Chronosta-Maßzahlen, z. B.  $5_{ph}$ , gefunden werden. Vielleicht sind dafür die Geschwindigkeit der Teilchen gemäß der Maxwellverteilung, die freie Weglänge und die Stoßhäufigkeit geeignet. Erst dann folgt eine richtige und weitgehende Analogie zu Gewicht und Masse gemäß Bild 20. Dennoch wurde für die zusätzliche Skalenenteilung von Bild 28 für die Evolution der Welt eine grobe Abschätzung gewagt. Dabei ist die zweite obige Formel gemäß der roten Gerade im Bild 28 nützlich. So verschiebt sich der Urknall nach minus unendlich. Die unten grün eingefügte Skala benötigt dabei zumindest noch einem unbestimmten Faktor  $x$ .

$$T \cdot t^{1/2} = 5 \cdot 10^6 \text{ für } 10^{-43} \text{ s bis } 10^6 \text{ a} \quad 1)$$

1) WEINBERG, S.: Die ersten drei Minuten. R. Piper & Co. Verlag, München, Zürich, 2. Auflage 1978, S. 130

$$H_T = (4/3) \pi \cdot c^2 \cdot \rho(t) \cdot [D(t)/2]^3 / [k \cdot \ln 2 \cdot T(t)]$$

$H_T \approx 10^{89} = \text{const.}$   $c = \text{Lichtgeschwindigkeit im Vakuum}$   
 $k = \text{BOLTZMANN Konstante}$

$$\ln 2 \cdot H_{DE} = (t_u / t_p)^2$$

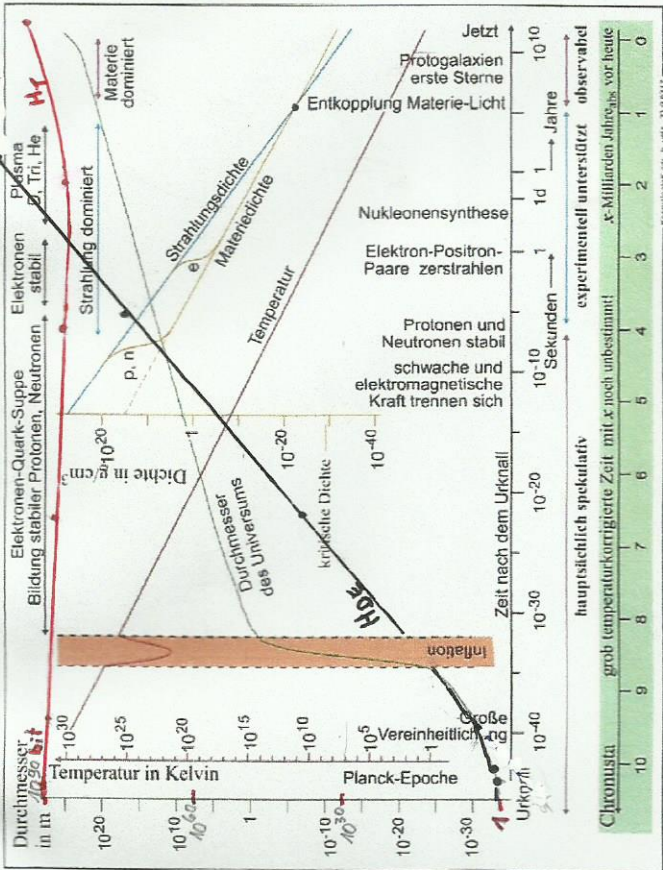


Bild 26. Schematischer Ablauf der Welt-Evolution vom Urknall aus.

Neben der Urknalltheorie werden z. T. auch noch andere Modelle, wie Branekosmologie, Loop Quantum Cosmology und chaotische Inflation diskutiert.

#### 4.3 Entstehung chemischer Verbindungen

Primär entstehen in den Sternen nur die verschiedenen Elemente. Bei der Weiterentwicklung des Universums entstehen auch chemische Verbindungen. Dazu ist notwendig, dass die unterschiedlichen Elemente einander hinreichend nahe kommen (transportiert werden) und die Temperatur soweit absinkt, dass die Verbindungen bestehen bleiben. Durch die Kernreaktionen im Stern werden schrittweise die dafür notwendigen Elemente aufgebraucht und er kühlt sich (unregelmäßig) ab. Die Schalen besitzen Temperaturdifferenzen, die zyklische Bewegungen bewirken. So entstehen teilweise auch gegen Ende der

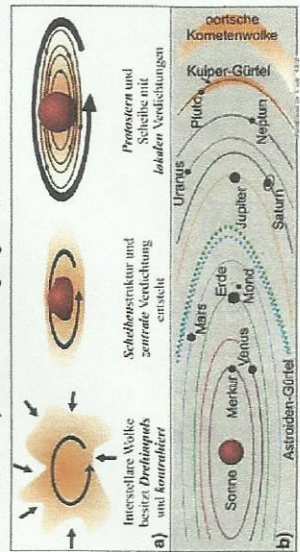


Bild 27. Von den Gaswolken zu einem Planetensystem.