**Die natürliche kosmologische Konstante
und die Entwicklung des Universums**

Die Ausführungen unter „Das natürliche Universum“ /1/ zeigen den Weg, den die Natur vor mehr als $10^{10}$ Jahren, die sich aus einer Ausdehnung von mehr als $10^{26}\,m$ ergeben, zur Realisierung des Universums eingeschlagen hat. Bis zum Auffinden eines solchen Weges war Vakuum-Energie der Form $\hbar c/\bar{\lambda}_z$ mit kleinsten „quantenoptischen Längen“ und extrem großer Energiedichte $\varsigma c^2 = \hbar c/\bar{\lambda}_z^4$ verfügbar. Ein solcher „Gleichlauf“ von Energie und Energiedichte – größere Energie führt zu größerer Energiedichte - wurde zur Speicherung von großer Energie auf kleinstem Raum verwendet. Dieser Gleichlauf, der auf der Mikro-Invariante $\hbar c$ basiert, war nicht geeignet, um mit einer gespeicherten Energie den Aufbau und den Ausbau eines Weltalls - des natürlichen Universums - auszuführen. Die Natur war auf der Suche nach einer zweiten Invariante, mit der bei abnehmender Energiedichte, d. h. bei Vergrößerung des Raumes, zunehmende Energie möglich wird. Die von der Natur gewählten Invarianten hat Max Planck 1899 mit seinen natürlichen Einheiten entdeckt. Die natürlichen Einheiten bilden ein Vakuum-Energiedichte-Gesetz $(\hbar c/\bar{\lambda}_{Pl}^4) = (c^4/G)/\bar{\lambda}_{Pl}^2$, das neben der Mikro-Invariante $\hbar c$ eine Makro-Invariante $c^4/G$ enthält. Die kleinste Lichtausdehnung $\bar{\lambda}_{Pl} = (\hbar c/(c^4/G))^{1/2} = 1{,}62\cdot 10^{-35}\,m$ und der größte quadratische Kehrwert $1/\bar{\lambda}_{Pl}^2 = (c^4/G)/\hbar c = 0{,}383\cdot 10^{70}\,m^{-2}$, die mit diesen Invarianten gebildet werden können, betragen $\bar{\lambda}_{Pl} = 1{,}62\cdot 10^{-35}\,m$ und $1/\bar{\lambda}_{Pl}^2 = 0{,}383\cdot 10^{70}\,m^{-2}$. Der Kehrwert des Ausdehnungs-Quadrates wird zur natürlichen kosmologischen Konstante erklärt und diese Konstante wird zum Auslöser eines Naturgesetzes für den materiefreien Raum - das Vakuum -. Die Natur ermöglicht mit der Einführung der Makro-Invariante $c^4/G = 1{,}21\cdot 10^{44}\,kgm^{-1}(m\sec^{-1})^2$ auf dem Makrolevel neben einer Mikro-Gleichläufigkeit von Vakuum-Energie und Vakuum-Energiedichte die Gegenläufigkeit von Vakuum-Makro- Energie und Makro-Energiedichte. Die Natur bildet bei $\bar{\lambda} > \bar{\lambda}_{Pl} > \bar{\lambda}_z$ unter Einhaltung der natürlichen kosmologischen Konstante, die bei $\bar{\lambda}_{Pl}$ aus zwei Invarianten hervorgeht, den räumlich und zeitlich unbegrenzten materiefreien Raum, dessen Vakuum-Quanten-Energie bei $\bar{\lambda} > \bar{\lambda}_{Pl}$ aufgrund einer Quellen-Nutzenergie-Zunahme $\hbar c/\bar{\lambda}_Z$ bei $\bar{\lambda}_z < \bar{\lambda}_{Pl}$ mit $\bar{\lambda}_z > \bar{\lambda}_{Univ}$ unbegrenzt zunehmen kann. Für das Verhältnis aus Makro-Raumausdehnung $R_{\min N} n_0^x = (\alpha_G^{-1} n_0^x)^{1/2}(\bar{\lambda}_N n_0^{x/2})$ und Mikro-Raumausdehnung $\bar{\lambda}_N n_0^{x/2}$ ergibt sich (vgl. „Das natürliche Universum“ /1/ )

$$\frac{(R_{\min N} n_0^x)^2}{(\bar{\lambda}_N n_0^{x/2})^4} = \frac{(\alpha_G^{-1} n_0^x)(\bar{\lambda}_N n_0^{x/2})^2}{(\bar{\lambda}_N n_0^{x/2})^4} = \frac{((\alpha_G^{-1} n_0^x)\bar{\lambda}_{Pl})^2}{((\alpha_G^{-1} n_0^x)^{1/2}\bar{\lambda}_{Pl})^4} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{Pl}^2} = \frac{c^4}{G}\frac{1}{\hbar c} = 0{,}383\cdot 10^{70}\,m^{-2} \qquad (1)$$

Die natürliche kosmologische Konstante bewirkt bei $\bar{\lambda} > \bar{\lambda}_{Pl}$, dass die Natur im materiefreien Raum einem kosmologischen Prinzip, das zum Vakuum-Naturgesetz erklärt wird, folgt. Die Makro-Energiedichte $(c^4/G)/(R_{\min N} n_0^x)^2$ und die Mikro-Energiedichte $\hbar c/(\bar{\lambda}_N n_0^{x/2})^4$ sind unabhängig von $x$ gleich groß. Bei gleicher Dichte ergibt die Erweiterung mit dem Makroraum $(R_{\min N} n_0^x)^3$ die Makroenergie und mit dem Mikroraum $(\bar{\lambda}_N n_0^{x/2})^3$ die Mikroenergie. Es gelten:

$$E_{Makro} = \frac{c^4}{G}(R_{\min N} n_0^x) = \frac{\hbar c}{(\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2})^4}((\alpha_G^{-1} n_0^x)^{1/2} \lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2})^3 = \frac{(\alpha_G^{-1} n_0^x)^2 \hbar c}{R_{\min N} n_0^x} \quad (2)$$

$$E_{Mikro} = \frac{\hbar c}{(\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2})} = \frac{\hbar c}{(\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2})^2}(\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2}) = \frac{c^4}{G(\alpha_G^{-1} n_0^x)}(\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2}) \quad (3)$$

Die Gleichungen (1)-(3) bestätigen die Aussagen bezüglich Gleichläufigkeit und Gegenläufigkeit von Energie und Energiedichte im materiefreien Raum, wenn $\lambda\!\!\!^{-} > \lambda\!\!\!^{-}_{Pl}$ wird. Durch Bildung von $Mikroenergie / c = \mathrm{Im}\, puls = m_\gamma c$ zusätzlich zur Makroenergie entsteht ein Zusammenhang zwischen Mikro-Raumausdehnung und quantenoptischer Mikro-Masse - $\hbar / (\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2}) = (m_N n_0^{-x/2}) c$ - und dieser führt bei Berücksichtigung in Gl. (3) zu der, für das Universum entscheidenden Planck-Ganzheit

$$\frac{1}{\alpha_G^{-1} n_0^x} = \frac{(m_N n_0^{-x/2} c)^2}{\hbar c \cdot \frac{c^2}{G}} = (\frac{(m_N n_0^{-x/2} c^2)}{\hbar c})^2 \frac{G \hbar c}{c^4} = (\frac{m_N n_0^{-x/2} c^2}{\hbar c})^2 \cdot \lambda\!\!\!^{-2}_{Pl} = \frac{\lambda\!\!\!^{-2}_{Pl}}{(\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2})^2} \quad (4)$$

Mit den Gleichungen (1) –(4) soll jetzt nicht wie in /1/ unmittelbar auf das beobachtbare Universum übergeleitet werden, sondern es soll der Zusammenhang zwischen Makro- und Mikro-Invariante im materiefreien Raum vertieft werden. Alle vier Gleichungen gelten primär für das Vakuum und sie stellen, da Licht, wie in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts erkannt wurde, kein „materiebehaftetes“ Medium für seine Prozesse braucht, quantenoptische Gleichungen dar. Durch Erweitern von Zähler und Nenner in Gl.(4) um $(\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2})^2$ und durch Aufteilung der natürlichen Konstante in seine beiden Bestandteile erhält man (vgl. Gl. (1)) wieder Gleichheit von Vakuum-Makro- und Vakuum-Mikrodichte - $(c^4 / G)(1/(R_{\min N} n_0^x)^2) = (\hbar c / (\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^{x/2})^2)(1/(\lambda\!\!\!^{-}_N n_0^x)^2$ -. Als Kennzeichen für ein expandierendes Universum erweist sich die Abhängigkeit von der als Potenz auftretenden Variablen $x$, sodass im materiefreien Raum im Unterschied zu Aussagen der Physik nie von einer festen Vakuumdichte gesprochen werden kann. Ein Festhalten der Potenz $x$ bewirkt, wie unter /1/ gezeigt, einen teilweisen Übergang vom kalten dunklen, expandierenden Raum in räumlich begrenzte materielle Vor-Ort-Systeme. Mit $x = 0$ und $x = 1$ in Gleichung (4) erhält man z. B. die Massenenergie und die Bindungsenergie eines Wasserstoffatoms. Mit $x = 0$ in Gl. (3) erhält man die maximal mögliche Energie eines Sonnensystems. Der teilweise Übergang von Materiefreiheit in materielle Vor-Ort-Systeme bedeutet, wie ein Blick auf die nicht versiegbare Energiequelle zeigt eine Modifikation – genauer eine Zeitverschiebung - im Expansionsverhalten der kalten dunklen Materie. Die nichtversiegbare Quelle stellt einen Speicher für zu verarbeitende, elektromagnetische transversale Quantenenergie $\hbar c / \lambda\!\!\!^{-}_z$ oder für quantenoptische Transversal-Energie dar und sie wandelt zeitlich größer werdende Abgabeenergie $\hbar c / \lambda\!\!\!^{-}_z$ mit $\lambda\!\!\!^{-}_{Univ} < \lambda\!\!\!^{-}_z < \lambda\!\!\!^{-}_{Pl}$ unter Energieerhaltung - in zunehmende dunkle Weltallenergie - $\hbar c / \lambda\!\!\!^{-}_z = (c^4 / G)(R_{\min N} n_0^x)$ - um. Bei $\lambda\!\!\!^{-} < \lambda\!\!\!^{-}_{Pl}$ kann nur die Invariante $\hbar c$ wirksam sein und die Gleichläufigkeit von Energiedichte und Energie führt bei extrem großer dunkler kalter Quellen-Energie $(\hbar c / \lambda\!\!\!^{-}_z) < (\hbar c / \lambda\!\!\!^{-}_{Univ})$ zu extrem großer Energiedichte. Bei $\lambda\!\!\!^{-} > \lambda\!\!\!^{-}_{Pl}$ und damit beim zusätzlichen Auftreten der Makro-Invariante $c^4 / G$, die im Unterschied zur Quellenenergie eine nichttransversale Multiquanten-Lichtenergie oder genauer eine nichttransversale Multimoden-Quantenenergie darstellt, liegen entgegengesetzte Verhältnisse vor. Aus großer auf kleinstem Raum verteilter, nicht versiegender Quellenenergie $\hbar c/\lambda\!\!\!^-_z = (c^4/G)(R_{\min N} n_0^x)$ wird im Laufe der Zeit räumlich und zeitlich unbegrenzte Energie. Die Größe der Energie legt zu einem Zeitpunkt die Quelle fest und wenn die Hälfte dieser Energie zu einem späteren Zeitpunkt /1/ als materielle Vor-Ort-Energie auftaucht, dann bedeutet diese Aktion für den Raum des Weltalls, dessen Energie der Quellenenergie mit Überlichtgeschwindigkeit folgt, nur eine Verzögerungszeit gegenüber den ungestörten Verhältnissen. Bei Energiegleichheit vor Ort und im materiefreien Raum zu ungleichen Zeitpunkten muss die Energiedichte vor Ort immer größer sein als die Energiedichte des materiefreien kalten dunklen Raumes. Die zeitlich zunehmende kalte dunkle Vakuum-Quellenenergie $\hbar c/\lambda\!\!\!^-_z = (c^4/G)(R_{\min N} n_0^x)$ ersetzt im natürlichen Universum den „Urknall" und die mit der Potenz $x$ $(x \geq 0)$ zunehmende Weltallenergie geht, wie beschrieben, mit abnehmender Energiedichte $\varsigma c^2 = c^4/(G(R_{\min N} n_0^x)^2)$ in das räumlich und energetisch grenzenlos expandierende Universum über.

Bei $t \to \infty$ streben eine Quelle mit der Mikro-Invariante $\hbar c$ und der Energie $\hbar c/\lambda\!\!\!^-_z$ in der Ausdehnung $\lambda\!\!\!^-_z \to 0$ und ein materiefreier Raum mit der Makro-Invariante $c^4/G$ und der Makro- bzw. Multimoden-Energie $(c^4/G)(R_{\min N} n_0^x)$ in der Ausdehnung $R_{\min N} n_0^x \to \infty$. Dazwischen entwickelt sich das beobachtbare materielle Universum, dessen Anfang durch die Bildung der natürlichen kosmologischen Konstante $1/\lambda\!\!\!^-{}^2_{Pl} = c^4/(G\hbar c) = 0{,}383 \cdot 10^{70}\, m^{-2}$ gegeben ist. Da im materiefreien Raum keine Temperatur auftritt und nichts zerstört werden kann, hat das Alter keine obere Grenze und es macht Sinn /1/ das momentane Alter des Universums aus der beobachteten Ausdehnung $R_{Univ} = 1{,}12 \cdot 10^{26}\, m$ und der Lichtgeschwindigkeit zu berechnen. Berücksichtigt man, dass $1m$ Ausdehnung $10^{-16}/0{,}946$ Lichtjahren entspricht, dann ergibt sich ein Alter von $1{,}18 \cdot 10^{10}$ Jahren.