



---

Michael Köhler (MLS)

## Welt aus dem Nichts

---

### Inhalt

#### **Teil 1: Dynamischer Kosmos**

[1.1.](#) Was ist die Welt? Woraus ist sie geworden? Was treibt sie an? Wohin treibt sie?

[1.2.](#) Worauf kann sich ein einfaches Weltmodell gründen?

[1.3.](#) Wie der Anfang ausgesehen haben könnte

[1.4.](#) Was weiter passiert sein könnte

[1.5.](#) Elektrostatische Polarität und elektromagnetische Feldteilchen

[1.6.](#) Elementare Teilchen

[1.7.](#) Ruhfähige Teilchen

[1.8.](#) Ultraleichte Teilchen

[1.9.](#) „Normale Teilchen“

[1.10.](#) Ultraschwere Teilchen

[1.11.](#) Gravitative Wechselwirkungen und kosmische Strukturen

[1.12.](#) Entropie im Universum

[1.13.](#) Elektrostatische und elektromagnetische Wechselwirkungen

[1.14.](#) Energieeintrag ins Universum

[1.15.](#) Zeitliche Homogenität der Expansion

[1.16.](#) Ausblick

#### **Teil 2: Quantitative Abschätzungen**

[2.1.](#) Vorbemerkung zu den Gleichungen und Zahlen

[2.2.](#) Die Grundeinheiten für Raum, Zeit und Energie

[2.3.](#) Mechanische Fundamentalgrößen in den Zahlen der realen Welt

[2.4.](#) Portionierte Energie: Elementarteilchen-Hauptklassen

[2.5.](#) Der Alterungsparameter

[2.6.](#) Konsequenzen der Alterung für die elektrostatische Wechselwirkung

[2.7.](#) Elektrische Fundamental- und Basisgrößen

[2.8.](#) Kosmische Parameter

[2.9.](#) Veränderung der Teilchen in der sich entwickelnden Welt

[2.10.](#) Elektrische Divergenz

[2.11.](#) Teilchenkonversion

[2.12.](#) Der kosmische Wellenteppich

[2.13.](#) Kosmologische Rotverschiebung und das Alter des Universums

[2.14.](#) Scheinbare Abweichung der Intensität von Supernovae Ia bei großen Rotverschiebungen

[2.15.](#) Evolution der atomaren Wechselwirkungen und der Molekülspektren

[3.](#) Epilog

[Referenzen](#)

[Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole](#)

## Teil 1: Dynamischer Kosmos

### 1.1. Was ist die Welt? Woraus ist sie geworden? Was treibt sie an? Wohin treibt sie?

Nicht nur Physik und Astronomie fragen nach dem Wesen des Universums. Es ist ein urmenschliches Bedürfnis, die Welt, in der wir leben, zu verstehen. Tatsächlich sind – vor allem im Laufe des 20. Jahrhunderts – unglaublich viele Details über Einzelheiten und Zusammenhänge des kosmischen Geschehens bekannt geworden und zu einem naturwissenschaftlichen Weltbild geformt worden. Viele dieser Erkenntnisse wurden in präzise mathematische Gleichungen gefasst und werden zur zuverlässigen Berechnung natürlicher Vorgänge und technischer Systeme verwendet. Die hohe Zuverlässigkeit der den physikalischen Vorgängen zu Grunde liegenden mathematischen Formulierungen hat sich dabei tausend- und zum Teil millionenfach bestätigt.

Die Vorstellungen über den Zustand des Universums, seine Entwicklung und die das Universum aufbauenden Bausteine sind dabei jedoch immer komplizierter geworden. Während die Messinstrumente immer besser und die Messungen immer genauer wurden, entwickelten sich die Theorien zu immer komplizierteren und immer schwerer verständlichen Architekturen. Der Preis der Präzision scheint das weitgehende Fehlen von Anschaulichkeit zu sein. Einigen wenigen einfachen Modellen und Systemen – man denke z.B. an das Periodensystem der Elemente – stehen komplexe und unanschauliche Systeme und Modelle gegenüber. Und trotz aller Komplexität und Präzision schließt das moderne naturwissenschaftliche Weltbild fundamentale offene Fragen und offensichtliche Widersprüche ein.

Die Geschichte der Astrophysik liefert uns ein schönes altes Beispiel für die Berechtigung und die Grenzen komplexer Weltbeschreibung: Viele Astronomen vor Kopernikus beobachteten bereits den Himmel und vermaßen die Veränderung der Positionen der Planeten gegenüber den Fixsternen mit erstaunlicher Genauigkeit. Dabei beobachteten sie die wechselnde Richtung der Bewegung der Planeten am Himmel, und sie waren in der Lage, durch mechanische Modelle die von diesen Planeten in ihrer Bewegung vollzogenen Schleifen, die sogenannten Epizyklen, richtig zu beschreiben und künftige Bewegungen vorherzusagen. Sie erreichten diese Leistung durch die Komplexität eines Bewegungsmodells, das sich der alten Vorstellung von der Erde als Mittelpunkt der Welt unterordnete. Als Astronomen wie Nikolaus Kopernikus jedoch das geozentrische Weltbild in Frage stellten und die Sonne in den Mittelpunkt der Planetenbewegungen stellte, wurde die Epizyklentheorie überflüssig.

Wir wissen heute nicht, wo die aktuellen Standardmodelle, die die Basis der modernen Physik bilden, eine neue Art Epizyklentheorie sind. Eine Chance, eine derartige Einsicht zu gewinnen, haben wir aber nur, wenn wir die gängigen Vorstellungen kritisch hinterfragen, wenn wir neue, phantasievolle Vorstellungen über den Bau und den Zusammenhalt der Welt entwickeln und nach einfachen Erklärungen suchen, auch wenn diese wegen ihrer mangelhaften Präzision zunächst einen Rückschritt darzustellen scheinen.

Diese Schrift will nichts anderes leisten, als einige Anregungen zu geben, wie einfache Vorstellungen zum Wesen und Werden unserer Welt aussehen könnten. Dabei werden viele Gedanken, Zusammenhänge und Erkenntnisse aufgegriffen, die bereits früher aus den unterschiedlichen Richtungen zum Verständnis des Universums beigetragen oder zu seiner Interpretation erfunden worden sind. Aber es werden auch einige Gedanken benutzt, die im offensichtlichen Widerspruch zu den aktuellen Standardmodellen stehen. Gemeinsam erlauben sie aber ein einfaches kosmisches Bild zu entwerfen, das vielleicht nicht wirklich auf unsere Welt passt. Aber es könnte dem Leser helfen, unsere Welt mit neuen Augen zu sehen und mit Phantasie und Logik zu einer Verbesserung des Weltverständnisses beizutragen.

Den Mut oder auch die nötige Unverfrorenheit, mit den hier gemachten Vorstellungen an die Öffentlichkeit zu treten, verdanke ich einer ganzen Reihe von Menschen. Dazu gehören solche, die ich nie kennengelernt habe, aber deren früheren Einsichten ich glaube und vertraue. Es gehören Menschen dazu, die wie ich unzufrieden mit den oft schwer verständlichen Beschreibungen des Universums und mit ihrem eigenen Unvermögen, diese Beschreibungen zu verstehen oder zu verinnerlichen sind. Und ich bin Menschen dankbar, die trotz ganz anderer Meinung offen für den Gedanken-

austausch, für Diskussionen, Fragen und Argumente waren und mich bereitwillig aufgeklärt, beraten und belehrt haben. Deshalb möchte ich gleichermaßen Ermutigern, Gesprächspartnern, Zuhörern, Skeptikern und Kritikern danken, solchen die ich persönlich kenne und solchen mit denen ich nur per e-mail oder Forendiskussion Kontakt hatte, darunter Bernhard, dgoe, Hans-Jörg Fahr, A. Alfonso-Faus, Dirk Freyling, Karl Otto Greulich, Ich, Andrea Knauer, Albrecht Köhler, Gerd Lassner, Mac, Ralf, Senf und Steffen Schneider. Oliver Walther danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

### **1.2. Worauf kann sich ein einfaches Weltmodell gründen?**

Es gibt drei Hauptkriterien, die einem einfachen Welt-Modell zu Grunde liegen müssen. Und diese Kriterien lehrt bereits die klassische antike Philosophie. Sie gründen sich auf die fundamentale Dreiheit der Bewertung, bestehend aus dem Wahren, dem Schönen und dem Guten.

Wahrheit und Schönheit sind Kriterien, mit denen auch die empirische Naturforschung etwas anfangen kann. Dem Kriterium der Wahrheit entspricht die Logik des Zusammenhangs. Zusammenhänge müssen plausibel sein und einen allgemeinen Charakter besitzen. Sie müssen mathematisch beschreibbar sein und sie müssen gedanklich nachzuvollziehen sein. Dem Kriterium des Wahren entspricht auch die Erfahrbarkeit. Gedanken und Modelle sind gut, wenn sie überprüfbar, nachvollziehbar sind, wenn sie sich aus allgemein zugänglichen Informationsquellen speisen und sich immer wieder in gleicher Weise erfahren lassen. Erfahrbarkeit und Erfahrung bilden das Fundament empirischer Wissenschaft. Dem Kriterium des Schönen entspricht die Ästhetik. Ästhetisches Empfinden ist nicht einfach menschliche Laune oder Willkür. Ästhetik entspringt dem Grundsatz des Wertes von Erfahrung. Menschlich ästhetisches Empfinden ist ein Produkt der Evolution, mithin Abbild der Wirklichkeit. Der Begriff der Schönheit verkörpert zugleich Zweckmäßigkeit und Ordnung, Struktur und Vieltätigkeit, Sinnhaftigkeit und Symbolik. Deshalb müssen die aus der Natur erforschten Zusammenhänge auch ästhetisch sein.

Die ethische Bewertung eines Welt-Modells reicht über die Möglichkeiten empirischer Wissenschaft hinaus. Sie setzt ethische Maßstäbe voraus. Wenn die Naturbetrachtung überhaupt ethischen Regeln unterworfen werden kann, dann sicherlich im Hinblick auf Wahrheit und Ästhetik, wenn man bereit ist, diese auch als ethische Werte anzuerkennen. Darüber hinaus liefert das Kriterium der Evolutionsfähigkeit eine Basis für eine ethische Bewertung. Dazu muss man sich aber auf die zunächst subjektive Einschätzung einlassen, dass Evolution an sich einen Wert darstellt. Ich glaube daran und bin mir sicher, dass ich diesen Glauben mit vielen Menschen teile. Dichter und Philosophen haben nicht nur die Einsicht in die Veränderung, sondern auch den Wert der Veränderung, des Werdens und Vergehens gepriesen. Diese Haltung resultiert aus dem Verständnis der Entwicklung und des notwendigen Werdens und Vergehens in der Natur. Deshalb ist es vielleicht das beste Argument für eine ethische Bewertung eines Weltmodells.

Die Einsicht in das natürliche Werden und Vergehen ist eine der grundlegendsten menschlichen Erkenntnisse. Die Balance der Waage, das perfekte Gleichgewicht ist die Ausnahme. Die Unausgeglichenheit, die Störung, Wachsen und Altern, Entstehung und Zerstörung, Geburt und Tod sind der Normalfall. Dieses empirische Argument gilt nicht nur im Alltag auf der Erde, sondern auch im Kosmos. Und es wiegt für ein dynamisches Weltmodell viel mehr als die kosmische Rotverschiebung. Wir brauchten nicht erst den Blick zu fernen Galaxien, um zu verstehen, dass unsere Welt eine Welt in permanenter Veränderung ist. Die alltägliche menschliche Erfahrung lehrt uns, die Welt um uns und uns selbst darinnen als temporär, dynamisch und vergänglich zu begreifen.

Unsere Welt muss eine Welt der Evolution, eine Welt des Wechsels sein. Die Welt muss ein „Früher“ gehabt haben und in ein „Später“ münden. Und dieses „Früher“ und das „Später“ müssen sich signifikant unterscheiden. Die Stabilität, die Unveränderlichkeit, die Konstanz sind die Ausnahme. Die Drift, die Bewegung, der Wechsel, das Entstehen, das Wachsen, das Reifen und das Altern sind das Normale. Das gilt für die Welt als Ganzes, und es gilt auch für jedes einzelne Objekt in ihrem Inneren.

Jede Definition von Konstanz von Objekten und Größen fordert unser Misstrauen heraus. Die meisten Dinge, die wir als konstant ansehen, sind in ihrer Konstanz in aller Regel nur relativ konstant, ihre Konstanz ist eine Annahme, die als Näherung über bestimmte, begrenzte Zeiträume oder relativ

zu größeren Veränderungen gilt. Echte Konstanz muss etwas Außerordentliches, Besonderes, Fundamentales und Allgemeines sein. Wenn es in unserer Welt etwas Fundamentales, Konstantes gibt, dann sollte es gewissermaßen zwangsläufig existieren. Es sollte am besten mit der Welt gemeinsam entstanden sein, bereits durch ihre Geburt definiert werden, sich mit der Geburt der Welt selbst erschaffen haben.

### **1.3. Wie der Anfang ausgesehen haben könnte**

Die einfachste Annahme für den Beginn der Entwicklung des Raums ist die Entstehung eines ersten Volumenelements. Und wir nehmen an, dass es irgendwann einfach da war. Wir können nicht wissen, ob es aus dem Nichts kam, aus einer Idee, der Fügung eines Gottes, den man sich außerhalb allen Raumes und aller Zeit vorstellen will oder ob es eine von irrsinnig vielen Fluktuationen in einem anderen vorher existierenden Raum war, ein Knoten, der eine neue, vom alten Raum abgeschnürte Existenz begründen konnte, vielleicht ein Impuls, eine Störung, die im Normalfall in kürzester Zeit hätte wieder verschwinden sollen.

Aber sie verschwand nicht, sondern sie dehnte sich aus. Aus dem ersten Schritt, der die Störung schuf, wurden ein zweiter Schritt und ein dritter und viele weitere folgende. Man muss in diesem Übergang der Anfangsstörung zum Wachstum eines Raumes kein Kontinuum annehmen. Das würde eine viel zu komplizierte Beschreibung verlangen. Das einfachste ist die Annahme, dass sich der erste Schritt im zweiten linear fortsetzte und der zweite im dritten und so weiter. Der Schritt in der Ausdehnung des Raumes definiert auf einfachste Weise ein Inkrement dieses Raumes, eine elementare Länge. Erst durch die schrittweise Expansion entsteht eine Längendimension. Der Schritt selbst ist ihr Maß.

Der so gebildete Raum soll als dreidimensional angenommen werden. Diese Annahme ist recht willkürlich und beruht lediglich darauf, dass wir heute unseren Raum als dreidimensional erfahren. Die Ausdehnung muss in mindestens drei Raumrichtungen stattgefunden haben, damit ein dreidimensionaler Raum entstehen kann. Auf den ersten Blick erscheint es am einfachsten, eine Ausdehnung anzunehmen, die von einem Punkt ausging und sich dann in alle Richtungen gleichmäßig entwickelte. Daraus hätte zunächst eine Anhäufung von Elementarkuben entstehen müssen, die aber nach und nach in eine Raumkugel mündete, in deren Innerem das erste Volumenelement sitzt und an deren Oberfläche die jüngsten Raumelemente Platz nehmen.

Noch einfacher ist jedoch die Annahme der Entstehung eines höherdimensionalen Raumes, auch wenn das zunächst als Verkomplizierung erscheint. Eine vierdimensionale Störung erzeugt z.B. nicht nur ein vierdimensionales Volumen, sondern auch eine Oberfläche, die ihrerseits dreidimensional ist. Der einfachste dreidimensionale Raum, der dabei gebildet werden konnte, verhält sich zu dem vierdimensionalen Raum analog zur zweidimensionalen Oberfläche einer Kugel zu deren Volumen. Wie auf dieser zweidimensionalen Kugeloberfläche gäbe es in dieser dreidimensionalen Oberfläche keinen Anfang und kein Ende, kein Innen und kein Außen. Früh entstandene und spät entstandene Volumenelemente wären nicht unterscheidbar. Die dreidimensionale Oberfläche des vierdimensionalen Raumes wäre als Raum perfekt symmetrisch.

Aus der Annahme der schrittweisen Entstehung des Raumes ergibt sich nicht nur das elementare Längenmaß, sondern auch das elementare Zeitmaß. Vor dem allerersten Schritt gab es den Kosmos noch nicht, folglich gab es auch keine kosmische Zeit. Zeit entsteht durch den ersten Schritt der Raumbildung. Dieser allererste Schritt definierte ein Vorher und ein Nachher. Und er legt den allerersten Zeitpfeil fest. Die Tatsache einer zeitlichen Ordnung entstand zugleich mit der Tatsache der Veränderung – mit dem Übergang vom ersten zum zweiten kosmischen Längeninkrement. Das Vorher und das Nachher eines Schrittes definieren damit auch das Maß der Zeit. Die Zeit entsteht wie die Länge aus dem ersten Schritt der Evolution des Kosmos. Es gab keinen vorangegangenen Maßstab für Länge und Zeit. Der Beginn der kosmischen Evolution bildet selbst diesen Maßstab.

Man kann die Entstehung des zweiten Längeninkrements aus dem ersten auch als Fundamenteinheit für die Geschwindigkeit betrachten. Es ist die kosmische Raumausdehnung. Im entstehenden Raum kann nichts schneller sein, als die Raumausdehnung selbst. Diese Geschwindigkeit wird durch

das Verhältnis des Längeninkrements und des Zeitinkrements beschrieben. Man kann aber genauso gut sagen, dass der Zeitmaßstab sich automatisch durch den Schritt der Raumausdehnung über die inkrementelle Länge ergibt. Länge, Zeit und Geschwindigkeit sind keine zufälligen Größen und sie haben kein zufälliges Maß. Sie entstehen zwangsläufig gemeinsam als Maß. Der erste Schritt ist das Maß für Raum, Zeit und Geschwindigkeit.

Und der erste Schritt bildet auch das Maß für die Energie. Masse und Energie kommen nicht durch eine explosionsartige früheste Entwicklungsphase in die Welt. Stattdessen entstehen sie Schritt für Schritt gemeinsam mit Raum und Zeit. Jedes Zeitinkrement generiert ein neues Längeninkrement und mit jedem dieser Inkremente wächst der Kosmos auch um ein Energieinkrement. Man kann sich diese Energieentstehung sehr schön anhand einer einfachen Analogie aus der Thermodynamik der Flüssigkeiten veranschaulichen: Die Anfangsstörung, das erste Rauminkrement bedeutet eine Verspannung. Dieser entspricht eine fundamentale Grenzflächenspannung. Das erste Energieinkrement lässt sich als Produkt dieser Grenzflächenspannung und der Oberfläche auffassen. Aber auch in der Folgezeit entspricht die kosmische Energie diesem Produkt von Oberfläche und Grenzflächenspannung. Mit größer werdendem Kosmos wird die spezifische Verspannung kleiner. Das entspricht einer mit der Länge abnehmenden Grenzflächenspannung. Da die Oberfläche eines dreidimensionalen Raumes mit zunehmender Längenausdehnung quadratisch wächst, resultiert eine linear mit jedem Inkrement zunehmende Oberflächenenergie. Der Betrag dieser Oberflächenenergie bildet den Energieinhalt des entstehenden Universums. Denkt man sich den dreidimensionalen Raum als in sich geschlossene dreidimensionale Oberfläche eines vierdimensionalen Raumes, so korrespondiert die Oberflächenenergie mit der Krümmung dieser Oberfläche. Das korrespondiert für den Modellfall der zweidimensionalen Kugeloberfläche, die ebenfalls in sich geschlossen ist – also innerhalb der Fläche keine Grenze hat – mit ihrer Krümmung.

Dem Verhältnis der Energie, die im ersten Längenschritt gebildet wird, zu dieser Länge, entspricht eine fundamentale Kraft. Geht man von der oben postulierten linearen Ausdehnung des Raumes und der gleichzeitigen linearen Zunahme der Energie aus, so bleibt deren Verhältnis konstant. Die fundamentale Kraft äußert sich auf jeder Längenskala.

Greift man die Vorstellung eines vierdimensionalen Universums auf, dessen dreidimensionale Oberfläche sich ausdehnt, so muss es noch ein weiteres Phänomen geben. So wie eine zweidimensionale Kugeloberfläche den Kuginnenraum vom Raum außerhalb der Kugel trennt, so muss auch die dreidimensionale Oberfläche eines vierdimensionalen Raumes ein „Innen“ von einem „Außen“ trennen. Diese vierte Dimension tritt natürlich im dreidimensionalen Raum nicht in Erscheinung, aber sie bringt in diesen eine Polarität ein. Die oben diskutierte Raumspannung wird auch als Potenzial dieser Polarität spürbar. Am Anfang entspricht die Energie, die in dieser Polarität steckt, gerade dem Betrag der Oberflächenenergie des dreidimensionalen Raumes.

#### **1.4. Was weiter passiert sein könnte**

Mit jedem Schritt der Ausdehnung des frisch geborenen Raumes veränderte er sich. Dabei wird er nicht nur größer, sondern auch älter. Dieses Älterwerden beschreibt nicht allein die zahlenmäßige Zunahme der Zeitintervalle seiner Existenz. Viel wichtiger ist, dass „das Älterwerden“ auch die allmähliche qualitative Veränderung des Raumes und seines Inhaltes wiedergibt. Der Kosmos unterliegt von Anfang an dem Zeitpfeil, der unumkehrbaren Richtung der Entwicklung, der Dynamik, die mit dem Start seiner Existenz selbst automatisch startete.

Raum und Energie sind zwei Seiten ein und derselben Medaille. Die Energie im Inneren des Universums ist gewissermaßen der Preis für seinen Raum. Das Anwachsen des Raumes geht mit einem Anwachsen der Energie einher. Am Anfang bildeten Raum und Energie eine Einheit. Mit der Expansion des Raumes zerfiel diese Einheit jedoch.

Mit dem Wachstum des Universums, dem Hinzukommen immer neuer Volumenelemente, entstand also ein neues Verhältnis zwischen Raum und Energie. Die Gesamtenergie konnte gleichmäßig auf alle Raumelemente aufgeteilt sein oder aber auch in nur einem oder einem Teil der Raumelemente lokalisiert sein. In dem durch nichts anderes gegliederten Raum sorgte die Energie für die

Entstehung eines Ortsbezugs. Die Verteilung der Energie differenzierte den Raum. Die Ungleichmäßigkeit in der Energieverteilung bedeutete, dass der Raum in seinem Inneren eine Struktur erhielt. Unterschiedliche Orte bekamen einen unterschiedlichen Bezug zur Energie. Sie differenzierten sich. Im Raum als Ganzem entstand Information.

Eine sich einstellende ungleichmäßige Verteilung von Energie im Raum kann durch eine unterschiedliche Energiedichte beschrieben werden. Der Änderung der Energiedichte über die Länge entspricht ein Energiedichtegradient. Für die Verteilung von Energie kann außerdem eine Energiepolarität definiert werden, die umso größer ist, je mehr Energie lokal oder regional vorliegt und je größer die Länge ist, über die sich diese Energie verteilt.

Mit fortschreitender Expansion differenzierte sich außerdem die Form der gespeicherten Energie. Diese konnte mehr oder weniger stark lokalisiert sein. Energieportionen konnten sich relativ zueinander mehr oder weniger schnell bewegen. Die maximale Geschwindigkeit dieser Relativbewegungen war aber durch die Maximalgeschwindigkeit des Kosmos selbst, d.h. durch die Geschwindigkeit der kosmischen Ausdehnung gegeben. Die lokalisierten Energieportionen, die sich relativ zueinander bewegen können, werden einfach Teilchen genannt.

### **1.5. Elektrostatische Polarität und elektromagnetische Feldteilchen**

Welche Rolle spielt die elektrostatische Energie im entstehenden Kosmos? Die elektrostatische Wechselwirkung knüpft sich an eine Fundamentalgröße, die hier fundamentale Energiepolarität genannt wird. Diese Größe ist das Produkt der fundamentalen Wirkung und der Maximalgeschwindigkeit. Sie hat deshalb die Maßeinheit eines Produktes aus Energie und Länge, und sie bestimmt die Energie, die in einer elektrostatischen Wechselwirkung steckt.

Zum einen kann die Speicherform eine statische Feldenergie sein: Wenn zwei Gruppen von Ladungen als Punktladungen vorliegen, so ist diese Feldenergie stets der Quotient aus dem Produkt der Zahl der elementaren Ladungseinheiten in den beiden Ladungspaketen und ihrem Abstand multipliziert mit einem Vorfaktor, der durch die fundamentale Energiepolarität und einen kosmischen Alterungskoeffizienten gegeben ist. Diese Energie nimmt reziprok mit zunehmendem Abstand ab. Die Festlegung des Betrags der Elementarladung ist dabei willkürlich. In den oben genannten quantitativen Zusammenhang für die statische Feldenergie geht lediglich die Zahl der Ladungen ein. Um die der Wechselwirkung unterliegenden Objekte von dem die Wechselwirkung vermittelnden Feld zu trennen, drückt man den Vorfaktor als Quotient aus dem Quadrat einer elementaren Ladung und einer Wechselwirkungskonstante aus, die man elektrische Feldkonstante nennt.

Zum anderen kann – bei betragsmäßig gleich bleibender Ladung – Energie in Form einer periodischen Änderung der Polarität gespeichert werden. Die pro Ladungseinheit gespeicherte Energie ist dabei umso höher, je schneller diese periodische Änderung erfolgt. Die Elementareinheiten dieser Energiespeicherform – Photonen genannt – sind zwar lokalisiert, aber sie ändern ihren Ort mit der maximal möglichen Geschwindigkeit.

Energieinhalt und Frequenz von Photonen stehen – unabhängig von ihrer Wellenlänge – immer im gleichen Verhältnis. Dieses Verhältnis wird Wirkungsquantum genannt. Die zum Zeitpunkt ihrer Entstehung erhaltene Energie der Photonen ändert sich nur in dem Maße, in dem sich das Raumelement, über das sie sich zu einem bestimmten Zeitpunkt erstrecken, durch die kosmische Expansion gedehnt wird. Dieses Raumelement beschreibt zugleich die Wellenlänge des sich bewegenden Photons. Sie ist umso größer, je niedriger die Frequenz ist. Die energieärmsten möglichen Photonen besitzen eine Halbperiode, die dem Alter des Universums entspricht. Ihre Halbwellenlänge deckt sich dementsprechend mit der Ausdehnung des Universums. Diese wird durch die kosmische Expansion immer weiter gedehnt.

Auch Photonen kürzerer Wellenlänge erleiden diese Dehnung und damit den Energieverlust. Bei Photonen, deren Wellenlänge viele Größenordnungen kleiner als die Ausdehnung des Universums ist, fällt die allmähliche Vergrößerung ihrer Wellenlänge praktisch nicht auf. Sie ist vor allem dann vernachlässigbar, wenn man das Schicksal eines solchen Photons über – verglichen mit der Gesamtgröße des Universums – relativ kurzen Distanzen und damit nur über kurze Zeiträume verfolgt. Erst

über längere Distanzen und Zeiträume hinweg wird der Energieverlust deutlich. Bewegt sich ein Photon beginnend mit seiner Bildung ungehindert durch die Weiten des Universums, so besitzt es, wenn das Universum doppelt so alt ist wie bei seiner Entstehung, die doppelte Wellenlänge der Anfangswellenlänge, d.h. es wird nur noch die Hälfte seiner Anfangsenergie besitzen. Dieser kosmologischen Alterung unterliegen alle Photonen.

Die relative kosmologische Vergrößerung der Wellenlänge pro Zeitintervall ist für alle Photonen gleich – unabhängig davon, ob es sich um energiearme – also niederfrequente – oder um energiereiche – also hochfrequente – Photonen handelt. Dementsprechend verlieren alle Photonen auch pro Zeiteinheit den gleichen Bruchteil ihrer ursprünglich vorhandenen Energie. Energiereiche Photonen geben damit natürlich pro Zeiteinheit mehr Energie ab als energiearme Photonen. Doch wo bleibt diese Energie?

Um sich den Energieverlust während der Alterung der Photonen vorzustellen, ist es gut, sich das Wesen des Photons als lokalisierte räumliche und zeitliche Änderung des elektrischen und des magnetischen Feldes in Erinnerung zu rufen. Die minimale Zeitskala, auf der eine Energieübertragung stattfinden kann, wird durch die individuelle Länge der Oszillationsperiode jedes einzelnen Photons bestimmt. Will man nicht willkürlich irgendeinen stochastischen oder völlig kontinuierlichen Vorgang der Energieabgabe bei der Alterung der Photonen annehmen, so stellt die Oszillationsperiode die logische elementare Zeiteinheit für eine solche Energieabgabe dar. Sie entspricht einer Quantelung im Alterungsprozess aller Photonen.

Mit der Annahme einer solchen Quantisierung im Alterungsprozess unterscheiden sich energiereiche und energiearme Photonen in der Frequenz der Energieübertragung. Die Häufigkeiten der Abgabe kleiner Energieportionen stehen im gleichen Verhältnis zueinander wie die Energieinhalte der Photonen selbst. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass pro Energieübertragungsschritt energiereiche und energiearme Photonen exakt den gleichen Betrag an Energie abgeben. Langwellige Quanten der Radiostrahlung verlieren pro Oszillationsperiode den gleichen absoluten Energiebetrag wie kurzwellige Gammaquanten in ihrer Oszillationsperiode. Das Altern energiereicher und energiearmer Photonen unterscheidet sich nur durch die Frequenz der Energieabgabe.

Wenn alle Photonen – unabhängig davon, zu welchem Spektralbereich sie gehören – bei der kosmologischen Alterung ihre Energie in gleichen Portionen abgeben, so muss es sich bei dem Betrag dieser Portionen um eine zentrale energetische Größe handeln. Was ist das für eine Energie?

Die pro Oszillationsperiode abgegebene Energie steht zur Gesamtenergie eines jeden Photons im gleichen Verhältnis wie die auf die Wellenlänge des Photons während einer Oszillationsperiode wirkende kosmologische Raumdehnung zur Gesamtausdehnung des Universums. Damit entspricht diese Energieportion gerade der Energie eines Photons mit der maximal möglichen Wellenlänge, d.h. einer Halbwellenlänge, die der Ausdehnung des gesamten Universums entspricht.

Welche Bedeutung hat diese Energieübertragung für die kosmische Energiebilanz insgesamt? Mit der Alterung des Universums altern auch die Photonen. Sie übertragen in kleinen Portionen ihre Feldenergie an die globale Feldenergie des Universums. Diese Übertragung schlägt eine Brücke zwischen dem lokalen Zustand des Raumes und seiner globalen Ausdehnung. Für diesen Sachverhalt drängt sich wieder die Parallele zwischen der globalen Ausdehnung einer Kugel oder eines Kreises und der lokal messbaren Krümmung der Oberfläche bzw. Peripherie auf. Die Photonen verlieren ihre Energie im gleichen Maße wie der Raum als Ganzes auf Grund seiner wachsenden Ausdehnung seine Raumspannung reduziert. Photonen erscheinen als Partikel, die lokal die Existenz des Raumes komplementär abbilden. Ihre Energie und ihre Wirkung auf den Raum hängen dabei linear mit der Ausdehnung des Raumes zusammen.

Der Zusammenhang zwischen der kosmologischen Expansion und der kosmologischen Alterung der Photonen ist Ausdruck der Kompensation der Raumentstehung durch die Entstehung von Energie, die Bildung von Teilchen in seinem Inneren. Offensichtlich reichen im sich entwickelnden Kosmos die Photonen und deren Energie jedoch in der Summe nicht aus, um den während der kosmischen Expansion entstehenden Raum zu kompensieren. Stattdessen bilden sich auch andere Formen der Energie mit anderen Beziehungen zum Raum und einem anderen Alterungsverhalten.



### 1.6. Elementare Teilchen

Der hier beschriebene „Minimalkosmos“ ist zwar minimal in Bezug auf die ordnenden Parameter, aber nicht minimal in Bezug auf die daraus entstehende Vielfalt der Objekte und Strukturen. Das gilt auch für die elementaren Teilchen, die dieser Kosmos hervorbringt. Als elementare Teilchen werden alle Objekte verstanden, die sich prinzipiell unabhängig voneinander durch den Raum bewegen können und die nicht in andere Teilchen zerlegbar sind, die sich ebenfalls prinzipiell unabhängig voneinander bewegen können. Die prinzipielle Unabhängigkeit in der Beweglichkeit schließt nicht aus, dass aus elementaren Teilchen zusammengesetzte Teilchen und auch größere Aggregate entstehen. Diese sind jedoch zerlegbar, wobei diese Aggregate umso stabiler sind, je enger die räumliche Kopplung der elementaren Teilchen ist, und die sich umso leichter zerlegen lassen, je größer die räumlichen Abstände zwischen ihren Komponenten sind.

Es ist naheliegend, der Ordnung der elementaren Teilchen eine Reihe kleiner ganzer Zahlen zu Grunde zu legen. Aus diesen Zahlen ergeben sich Klassen solcher Partikel, die sich in ihren Eigenschaften unterscheiden. Photonen sind Teilchen, die nur in Form der Bewegung mit maximal möglicher Geschwindigkeit existieren. Dementsprechend gering ist ihre Tendenz, Aggregate auszubilden. Sie sind Teilchen der maximalen Bewegung, der maximalen Unabhängigkeit. Das haben alle Photonen gemeinsam. Und alle Photonen verbindet die Eigenschaft der linearen Abgabe von Energie mit der kosmologischen Alterung.

Auch über die prinzipiell maximal mögliche Zahl von Photonen im Kosmos lässt sich eine Aussage treffen. Wäre die gesamte kosmische Energie in Form von Photonen gespeichert und wären alle Photonen solche minimaler Energie, d.h. maximaler Wellenlänge, so wäre die Gesamtzahl der Photonen gerade das Quadrat der elementaren Zeitintervalle seit der Entstehung des Kosmos. Diese Zahl ergibt sich einfach aus der Tatsache, dass die minimale Photonenenergie zur Energie, die pro elementarem Zeitintervall im Kosmos entsteht, im Verhältnis der Länge dieser Zeitintervalle zum Alter des Kosmos steht.

### 1.7. Ruhefähige Teilchen

Photonen existieren nur in der Bewegung. Das unterscheidet sie von anderen Elementarteilchen, die auch ruhen können, die auch im Ruhezustand eine Art Energie besitzen. Photonen stellen Portionen von elektromagnetischer Feldenergie dar. Sie rasen durch den Raum und hören auf zu existieren, wenn sie irgendwo ankommen.

Obwohl die Photonen nur Energieportionen des elektrischen und magnetischen Feldes sind, macht sich diese Teilchenenergie auch noch auf anderem Wege bemerkbar. Diese Energie wirkt gleichzeitig anziehend auf andere Photonen und ganz andere Teilchen. Die photonische Energie bedeutet gleichzeitig auch Gravitationsenergie, d.h. gravitative Wechselwirkung mit der Umgebung. Je energiereicher ein Photon ist, je stärker es lokalisiert ist, umso größer ist seine Anziehungskraft auf andere Teilchen. Die Fähigkeit zur gravitativen Anziehung wird als (schwere) Masse bezeichnet. Sie wird durch das Verhältnis der Teilchenenergie zum Quadrat der Maximalgeschwindigkeit – d.h. die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum – definiert.

Die Summe aller gravitativen Anziehungsenergie ist identisch mit der Gesamtenergie des Universums. Diese Bilanz galt im Moment der Entstehung der ersten elementaren Energieportion im allerersten Raumelement, als das Universum geboren wurde. Und sie gilt zu jedem späteren Zeitpunkt und schließt auch alle Teilchen ein, die sich später gebildet haben und keine Photonen sind.

Da Photonen beliebige Frequenzen – oberhalb der Minimalfrequenz, die mit dem Alter des Weltalls korreliert und unterhalb der der Maximalfrequenz, die der kürzesten, elementaren Zeiteinheit entspricht – annehmen können, kommen Photonen sehr unterschiedlicher Energien vor. Es lassen sich jedoch ein energieärmstes und ein energiereichstes Photon definieren.

Gilt diese Variabilität auch für andere Klassen von Elementarteilchen? In welchen Energiebereichen sind diese anderen Elementarteilchen zu erwarten?

In dem hier beschriebenen Minimalkosmos wird den Energiebereichen der Elementarteilchen das oben erwähnte einfache Quantenzahlenprinzip zu Grunde gelegt. Ausgangspunkt sind dabei die

kleinsten möglichen Energieportionen, d.h. die Energie, die ein Photon der maximal möglichen Wellenlänge besitzt. Da diese Energie im Laufe der Evolution des Universums immer kleiner geworden ist, ist diese Minimalenergie keine Konstante, sondern eine lineare Funktion des Alters und der Ausdehnung des Universums. Sie steht zu jedem Zeitpunkt im gleichen Verhältnis zur Fundamentalenergie wie die Elementarzeit zum Alter des Universums zur Elementarzeit oder die Elementarlänge zur Ausdehnung des Universums. Die Zahl der Elementarintervalle wird damit zur Schlüsselgröße für den Energieinhalt der energieärmsten möglichen Photonen.

Die Vorstellung von nur in maximaler Bewegung existierenden Teilchen des elektromagnetischen Feldes ist für die energieärmsten Photonen eigentlich nicht anwendbar. Deren Wellenlänge korreliert ja mit dem Durchmesser des Universums, so dass sie eigentlich überhaupt nicht lokalisierbar, sondern über das gesamte Universum gestreckt sind. Insofern sind sie allgegenwärtig und der Begriff der Bewegung trifft für sie nicht zu. Sie können aber auch als „ruhende Photonen“ verstanden werden, gewissermaßen als leichteste und ultimativ über den ganzen Raum verschmierte und deshalb in diesem Raum auch ruhende Teilchen.

Alle energiereicheren Photonen sind aber lokalisierbar. Ihre Lokalisierbarkeit ist umso besser, je höher ihre Energie ist. Am besten lokalisierbar sind Photonen, deren Energieinhalt gleich der Fundamentalenergie ist. Ihre Wellenlänge deckt sich mit dem elementaren Längeninkrement des Raumes.

Eine sehr einfache Übertragung auf andere Klassen von Elementarteilchen ist nun möglich, wenn man zulässt, dass anstelle eines linearen Zusammenhangs zwischen dem Energieinhalt und dem Weltalter, d.h. der Zahl der aktuellen Elementarintervalle seit der Entstehung des Universums, auch ein Wurzelzusammenhang bestehen kann. Die Energien von Klassen von Teilchen lassen sich dann einfach dadurch definieren, dass man anstelle eines Wurzelexponenten „Eins“ wie bei den energieärmsten Photonen, andere natürliche Zahlen einsetzt.

Diese Vorgehensweise überträgt das Prinzip der zeitlichen Änderung der Photonenenergie auf alle anderen Klassen von Elementarteilchen [5, 6]. Am Anfang fallen alle Teilchentypen zusammen, da jede Wurzel von Eins wieder Eins ergibt. Die Evolution aller Teilchenklassen beginnt bei derselben Energie. Alle Teilchen haben ihren Ausgangspunkt in der Fundamentalenergie. Gleichzeitig bedeutet die Quantisierung in der Definition von Teilchenklassen aber, dass es unterschiedliche Entwicklungen in den Teilchenenergien gibt. Mit dem zweiten Schritt in der Expansion des jungen Universums divergiert das Schicksal der Teilchen. Je größer der Wurzelexponent ist, umso langsamer verlieren die Teilchen ihre Energie. Mit der Reihe der natürlichen Zahlen entsteht eine unendliche Reihe von Elementarteilchenklassen, die sich nach einer gewissen Zeit der Evolution des Universums in ihren Energien deutlich unterscheiden. Erst bei höheren Klassen rücken diese Energien immer dichter zusammen. Für eine Entwicklung der Wurzelabhängigkeit gegen unendlich wird der Energieabstand schließlich unendlich dicht. Gleichzeitig wird der Energieverlust seit der Entstehung des Universums unendlich klein, d.h. die Energien bleiben im Extremfall gleich der Fundamentalenergie.

Für alle Klassen, deren natürlicher Wurzelexponent für das kosmische Alter größer als Eins ist, wird angenommen, dass sie nicht nur Energie in Form von maximal möglicher Bewegung besitzen, wie das bei den Photonen der Fall ist. Vielmehr wird angenommen, dass diese Teilchen auch in Ruhe Energie besitzen, die sich in Form der gravitativen Wechselwirkung oder auch durch ihr Beharrungsvermögen gegenüber einem mechanischen Impuls bemerkbar macht. Diese Form der Energie wird Ruhemasse genannt. Sie entspricht auch dem bereits oben genannten Verhältnis von Energie zum Quadrat der Lichtgeschwindigkeit.

Was ist die Ursache dieser Wurzelexponent-Reihe? Elementarteilchen stehen in direktem Zusammenhang mit dem Zustand von Raum und Energie. Für das Verständnis hilft die Vorstellung des dreidimensionalen Universums, das die Oberfläche eines vierdimensionalen Raumes darstellt. Die Gesamtenergie des Universums wächst mit der linearen Ausdehnung des Raumes. Gleichzeitig wächst die dreidimensionale Oberfläche. Dabei vermindert sich ihre Krümmung. Der Krümmung entspricht eine Oberflächenspannung. Die charakteristischen Längen, die diese Spannung mit sich bringt, ergeben sich aus dem Verhältnis der kosmischen Gesamtenergie zu den fundamentalen Spannungen, die für Räume unterschiedlicher Dimensionalität gelten. Für den linearen Fall ist diese

Länge einfach das Verhältnis von kosmischer Gesamtenergie zur Fundamentalkraft. Für den zweidimensionalen Fall ergibt sich die charakteristische Fläche als Verhältnis der kosmischen Gesamtenergie zur fundamentalen Oberflächenspannung. Der charakteristische Raum für den dreidimensionalen Fall ist durch das Verhältnis der kosmischen Gesamtenergie zum fundamentalen Druck gegeben, der charakteristische vierdimensionale Raum wird durch das Verhältnis der kosmischen Gesamtenergie zum fundamentalen Druckgradienten bestimmt. Dieses Prinzip lässt sich für höhere Dimensionen und entsprechend höherdimensionale charakteristische Räume durch das Verhältnis der kosmischen Gesamtenergie zu den entsprechenden Druckgradienten höherer Ordnung fortsetzen.

Diese Reihe lässt sich auch anhand einer Oberflächenspannungs-Relation beschreiben. Für die charakteristische Länge gilt, dass die Oberflächenspannung, die sich aus dem Verhältnis der kosmischen Gesamtenergie zur charakteristischen Fläche ergibt, gerade gleich der Oberflächenspannung ist, die sich aus der zur jeweiligen Dimension gehörenden Fundamentalgröße und der charakteristischen Länge ergibt, also der Fundamentalkraft für die erste Dimension, die fundamentale Oberflächenspannung für zwei Dimensionen, der fundamentale Druck für drei Dimensionen usw. Bildlich kann man sich die Teilchen wie Störungen in der dreidimensionalen Oberfläche eines vierdimensionalen Raumes denken. Sie können wie Knoten aufgefasst werden, die den Flächenverlust durch die Krümmung kompensieren. Sie sind dabei so beschaffen, dass sich die am Ort wirkende kosmische Gesamtkraft, die sich in der globalen Krümmung widerspiegelt, und die lokale Kraft gerade die Waage halten. Für die erste Dimension ist es nur eine einfache Welle, die noch dazu kosmische Ausdehnung hat. Für die zweite Dimension ist es ein zweidimensionales Gebilde, das auch als einfacher Knoten aufgefasst werden. Für die dritte Dimension ist es ein räumliches Gebilde, das vielleicht als Doppelknoten zu veranschaulichen ist. Die höheren Dimensionen stellen dann entsprechend Knoten höherer Ordnung dar.

### **1.8. Ultraleichte Teilchen**

Teilchen, deren Energie in Ruhe, deren Ruhemasse, nur mit der Quadratwurzel des kosmischen Alters abfällt, sind natürlich weitaus weniger über den Raum verschmiert als die „ruhenden Photonen“. Die ihrer Energie entsprechende Wellenlänge ist nach einer gewissen Zeit der kosmischen Evolution nur noch ein Bruchteil der kosmischen Ausdehnung. Dafür vermindert sich ihre Energie auch nur nach einer Quadratwurzelfunktion des kosmischen Alters. Damit stellen sie im Gegensatz zu den „ruhenden Photonen“ lokalisierte Energiepakete dar.

Positioniert man diese Teilchen auf einer logarithmischen Längenskala, deren Enden durch die Elementarlänge auf der einen und die Gesamtausdehnung des Universums auf der anderen Seite gegeben sind, so liegt die Ausdehnung dieser Teilchen gerade auf der Mitte. Sie können demnach als mäßig verschmierte oder mäßig lokalisierte Objekte charakterisiert werden.

Aber diese Teilchen sind natürlich ungleich leichter und weiter ausgedehnt als Elementarteilchen, deren Ruheenergien mit einer anderen natürlichen Wurzel, der dritten, vierten oder noch höheren Wurzel abklingt. Wegen des großen Unterschiedes in den Teilchenenergien sind Impulsübertragungen extrem unwahrscheinlich. Wechselwirkungen dieser Teilchen, die sich anhand eines Energieaustauschs mit Teilchen höherer Teilchenklassen bemerkbar machen könnten, treten deswegen äußerst selten auf. Auch sind die in diesen Teilchen eventuell steckenden elektrischen Energien verglichen mit den elektrischen Energien von Teilchen aus höheren Klassen sehr gering – falls es bei ihnen überhaupt elektrische Ladungen gibt. Deswegen werden diese Teilchen nur sehr selten und als sehr schwach wechselwirkende Neutralteilchen beobachtet.

Diese schwache – wenig wahrscheinliche – Wechselwirkung mit „normalen Teilchen“ schließt jedoch nicht aus, dass die ultraleichten Teilchen untereinander häufig in Wechselwirkung treten. Zwar werden die Bindungsenergien niedrig sein, und ihre Bindungen können deshalb leichter als bei „normalen Teilchen“ thermisch aktiviert werden. Aber bei hinreichend niedriger thermischer Energie sollten sich auch zwischen den ultraleichten Teilchen Bindungen ausbilden können. Wegen der großen Raumbeanspruchung der ultraleichten Teilchen sollten auch ihre Aggregate eine große räumli-

che Erstreckung haben können. Denkbar ist, dass große Teile des Raumes von Aggregaten und Netzen schwach aneinander gebundener ultraleichter Partikel durchzogen sind.

Würde die gesamte kosmische Energie in dieser Sorte Teilchen stecken, so müsste ihre Zahl gleich der Zahl der zeitlichen Elementarschritte multipliziert mit deren Wurzel betragen. Das heißt, dass die maximal denkbare Zahl dieser Teilchen mit dem Exponenten  $3/2$  mit dem Weltalter wächst.

### **1.9. „Normale Teilchen“**

Um es vorweg zu nehmen; der Begriff der Normalität, der „normalen Teilchen“ ist subjektiv. Er wird hier nur davon abgeleitet, dass wir in unserer Welt langlebige – und vielleicht dauerhaft stabile – Elementarteilchen wie das Proton und das Elektron kennen, die in diese Klasse von Teilchen passen. Und zu dieser Klasse gehören auch die vielen Teilchen, deren Massen – zumindest größenordnungsmäßig – mit den Massen von Proton oder Elektron vergleichbar sind, die bei höheren kinetischen Energien entstehen und vergleichsweise rasch wieder zerfallen.

Es sind die Teilchen, deren Ruheenergie, d.h. deren Ruhemasse ungefähr mit der Kubikwurzel des kosmischen Alters abfällt. Bezogen auf ihren relativen Energieverlust „altern“ diese Teilchen deutlich langsamer als die ultraleichten Neutralteilchen und sehr viel langsamer als alle Photonen. Nach einer Vielzahl von elementaren Zeitintervallen ist auch ihre Energie deutlich niedriger als die Fundamentalenergie, aber sie sind doch weit weniger über den Raum verschmiert als die ultraleichten Neutralteilchen. Zwar beträgt ihre Delokalisierung, ihre Ausdehnung im Raum immerhin noch eine Anzahl von Längeninkrementen, die der dritten Wurzel der Gesamtzahl der Längeninkremente in der Ausdehnung des Universums entspricht. Aber zwischen ihrer linearen Ausdehnung und der Größe des Universums liegen doppelt so viele Größenordnungen wie zwischen der Elementarlänge und ihrer Ausdehnung. Das Verhältnis der entsprechenden Volumenverhältnisse wächst mit der sechsten Potenz des Weltalters. Deswegen stellen diese Teilchen bereits stark lokalisierte Objekte dar. Auch wenn ihr Energieinhalt allmählich abnimmt, so nimmt ihre räumliche Ausdehnung doch viel langsamer zu als die Ausdehnung des Universums auf Grund der kosmischen Expansion. Das bedeutet, dass diese Teilchen im Laufe der kosmischen Evolution eine immer stärkere Lokalisation relativ zur Gesamtgröße des Universums aufweisen.

Die maximal mögliche Zahl dieser Teilchen im Universum lässt sich wie bei den ultraleichten Teilchen aus der Entwicklung ihres Energieinhaltes und der linearen Zunahme der kosmischen Gesamtenergie abschätzen. Danach ist ihre maximale Zahl durch das Produkt aus der Zahl der Elementarzeitinkremente im Weltalter und deren dritter Wurzel gegeben, was einen Exponenten von  $4/3$  bedeutet.

### **1.10. Ultraschwere Teilchen**

Teilchen der Teilchenklasse, die nur mit der vierten Wurzel des kosmischen Alters Energie verliert, sind wesentlich energiereicher, d.h. schwerer als „normale Teilchen“. Gleichzeitig sind sie noch wesentlich stärker lokalisiert. Wechselwirkungen zwischen solchen Teilchen und normalen Teilchen sind deshalb ebenfalls relativ unwahrscheinlich.

Da unsere – menschliche – Wahrnehmung aus der Perspektive der „normalen Teilchen“ erfolgt, sehen wir in den ultraschweren Teilchen Objekte, die nur schwach interagieren, die massiv und sehr kompakt sind. Diese Charakterisierung passt auf die derzeit nur schlecht fassbaren „weakly interacting massive particles“ (WIMPs), die von Zeit zu Zeit in der kosmischen Strahlung beobachtet werden.

Die maximal mögliche Zahl dieser Teilchen im Universum lässt sich wie bei den ultraleichten und den „normalen Teilchen“ aus der zeitlichen Entwicklung ihres Energieinhaltes und der linearen Zunahme der kosmischen Gesamtenergie abschätzen. Danach ist ihre maximale Zahl durch das Produkt aus der Zahl der Elementarzeitinkremente im Weltalter und deren vierter Wurzel gegeben, was einen Exponenten von  $5/4$  bedeutet. Die tatsächliche Anzahl dieser Partikel sollte jedoch weitaus kleiner sein, da sie sich ja mit den anderen Partikelklassen in die kosmische Gesamtenergie teilen müssen.

Bei Wurzelexponenten der kosmischen Alterung oberhalb von vier sollten weitere Klassen von Elementarteilchen existieren, die mit zunehmendem Wurzelexponenten immer schwerer und immer

kompakter werden. Mit zunehmender Energie und zunehmender Lokalisierung sollten diese Teilchen immer seltener mit den „normalen Teilchen“ in Wechselwirkung treten. Allerdings sollten diese Wechselwirkungen umso dramatischer sein, je höher die Wurzelexponenten der Alterung dieser Teilchenklassen sind.

Die Vorstellungen der weichen – oder besser der „unwahrscheinlichen“ – Wechselwirkungen, die diese Teilchen eingehen, beziehen sich vor allem auf die – aus menschlicher Perspektive beobachtbaren – Wechselwirkungen mit „normalen Teilchen“. Das schließt jedoch nicht aus, dass die ultraschweren Teilchen untereinander Wechselwirkungen eingehen, die auch sehr energiereich sein können. Vorstellbar ist, dass es ähnlich wie beim Aufbau von Atomkernen oder bei Molekülen, die aus mehreren oder vielen „normalen Elementarteilchen“ bestehen, auch Aggregate aus ultraschweren Elementarteilchen gibt. Diese sollten im Falle von um mehrere Größenordnungen höheren Bindungsenergien auch bei sehr hohen Temperaturen stabil sein. Ultraschwere Teilchen erzeugen möglicherweise eine strukturreiche stoffliche Welt unter extremen energetischen Bedingungen.

### **1.11. Gravitative Wechselwirkungen und kosmische Strukturen**

Jede Form von Energie – gleich ob zum Beispiel in Form von elektromagnetischer Feldenergie oder in Form von Ruhemasse – unterliegt der Gravitation. Das bedeutet, dass alle Materie dazu tendiert, sich zusammenzuziehen. Dieser Kontraktionstendenz wirkt jedoch die thermische Bewegung entgegen. Jede Form von Strukturen in der Verteilung der Materie entsteht durch das Wechselspiel von Anziehung – gravitativer oder auch elektrostatischer – und thermisch getriebener Zerstreung.

Dabei können für jede Form von Materie zwei grundsätzlich verschiedene Zustände unterschieden werden: Der dekondensierte Zustand umfasst Teilchen, die gravitativ gebunden sind, zwischen denen aber freies Volumen existiert. Der kondensierte Zustand enthält Teilchen im Kontakt, d.h. das freie Volumen ist verschwunden oder auf einen sehr kleinen Anteil reduziert. Klassische Festkörper und Flüssigkeiten sind Kondensate von Atomen oder Molekülen.

Bei einer weiteren Reduzierung des Volumens verliert die Materie ihren ursprünglichen Charakter und geht in eine andere Form über. Der Kollaps von Atomen zu Neutronensternen ist dafür ein typisches Beispiel. Der Vorgang kann auch als Kondensation von Atomkernen verstanden werden. Während im atomaren und im molekularen Kondensat die Atomkerne dekondensiert vorliegen, stellen Neutronensterne Kondensate von Elementarteilchen dar.

Wie sehen dekondensierte und kondensierte Materie aus, wenn man diese Gegebenheiten aus der Welt der „normalen Teilchen“ auf die ultraleichten Elementarteilchen überträgt? Die Analogie bei den dekondensierten Teilchen ist einfach der Zustand mit einem signifikanten freien Volumen, der eine hohe Beweglichkeit der Teilchen sichert. Das durch das Teilchenensemble eingenommene Volumen ist größer als die Summe der Volumina der einzelnen Teilchen. Dementsprechend stellt die kondensierte Form dieser Teilchen einen Zustand dar, in dem diese Teilchen einen bestimmten Raum annähernd oder vollständig ausfüllen. Wegen der großen Längenausdehnung der superleichten Teilchen ist die Dichte einer solchen kondensierten Materie sehr klein.

Ultraschwere Teilchen können dagegen auch im dekondensierten Zustand eine hohe Dichte besitzen. Im kondensierten Zustand ist die Dichte sehr hoch. Deswegen sind auch zusammengesetzte Objekte aus superschweren Elementarteilchen extrem kompakt.

Die am dichtesten gepackte Materie würde aus Teilchen bestehen, deren Energie bzw. deren energie-äquivalente Masse gleich der Fundamentalenergie bzw. der Fundamentalmasse ist. Solche Teilchen besitzen als Einzelteilchen und dementsprechend auch im kondensierten Zustand die maximal mögliche Dichte.

Grundsätzlich sollten alle Klassen von Elementarteilchen zur Bildung von Schwarzen Löchern führen können, wenn nur hinreichend viele Teilchen vorhanden sind. Wegen der großen Raumbeanspruchung ist eine solche Zusammenballung im Falle der ultraleichten Teilchen aber sehr unwahrscheinlich, denn es müsste eine ungeheuer große Zahl solcher Teilchen zur Bildung eines Schwarzen Loches zusammenkommen. Dagegen sollte die Bildung schwarzer Löcher bei den kompakten superschweren Elementarteilchen viel leichter möglich sein. Je schwerer die Teilchenklassen sind, umso

kleiner – leichter – können auch die aus ihnen gebildeten Schwarzen Löcher sein. Den Extremfall bilden die schwersten Elementarteilchen, d.h. solche mit der Energie der Fundamentalenergie, die schon als einzelnes Teilchen ein Schwarzes Loch darstellen.

Superleichte Teilchen und alle Klassen der superschweren Teilchen sowie die aus ihnen gebildeten Aggregate bis hin zu den eventuell aus ihnen gebildeten schwarzen Löchern machen sich in der Wechselwirkung mit der „Normalen Materie“ im Wesentlichen, d.h. permanent nur durch die Gravitation bemerkbar. Alle anderen Arten von Wechselwirkung stellen vergleichsweise seltene Ereignisse dar, so dass sie auch nur selten beobachtet werden können. Die gravitativen Wechselwirkungen zwischen allen Teilchensorten sorgen aber für eine Kopplung, die sich zumindest in größeren Strukturen – d.h. auf dem Niveau der stellaren und der galaktischen Objekte bemerkbar macht und die tendenziell zu einer ähnlichen räumlichen Verteilung aller Teilchenklassen führt. Alle Teilchenklassen besitzen die grundsätzliche Fähigkeit, auch über die gravitativen Wechselwirkungen hinaus zu interagieren und dadurch Strukturen zu bilden. Aufgrund der unterschiedlichen Teilchen- und Wechselwirkungsenergien und der unterschiedlichen Prozesse, die die verschiedenen Teilchen erfahren, können die räumlichen Verteilungen trotz der gravitativ bedingten globalen Ähnlichkeit in den großräumigen Verteilungsmustern, regional oder lokal wesentliche Unterschiede in der mittleren Teilchendichte aufweisen. Die Summe aller schwach mit der „Normalen Materie“ wechselwirkenden Teilchen wird aus dem Blickwinkel der „Normalen Materie“ als „Dunkle Materie“ wahrgenommen.

### **1.12. Entropie im Universum**

Der Begriff der Entropie wird häufig auf die Unordnung eines Systems bezogen. Das ist nicht ganz korrekt. Die Entropie kann nämlich sehr klein sein, wenn in einem System nur sehr wenige Zustände möglich sind, sie kann aber sehr groß sein, und es kann dabei trotzdem ein erhebliches Maß an Ordnung herrschen, wenn die prinzipiell mögliche Zahl an Zuständen sehr groß ist, das System aber tatsächlich nur eine begrenzte Zahl dieser Zustände einnehmen kann. Entropie ist also nur insofern ein Maß für die Unordnung in einem System, wenn man die tatsächlich vorliegende Entropie in einem System mit der maximal möglichen Entropie vergleicht. Entropie kann aus diesem Blickwinkel auch als Mangel an Wissen über einen bestimmten Systemzustand betrachtet werden. Aus informationstheoretischer Sicht ist die Entropie umso größer, je unsicherer das Wissen über den tatsächlichen Systemzustand ist.

Ein System kann prinzipiell eine große Entropie besitzen, wenn es sehr viele Zustände einnehmen kann. Die prinzipielle Fähigkeit, eine hohe Entropie zu besitzen, ist gleichbedeutend mit der Fähigkeit, eine große Information zu speichern. Die maximal mögliche Entropie in einem System ist deshalb ein Maß für die Informationsspeicherkapazität.

Würde das Weltall mit lauter Photonen gefüllt sein, deren Wellenlänge gleich der maximal möglichen Wellenlänge – der Ausdehnung des Universums – ist, so gäbe es im Weltall keine Struktur, keine Information. Erst durch die Existenz kleinerer, energiereicherer Teilchen, die nicht über das ganze Universum verteilt, sondern lokalisierbar sind, entstehen Struktur und Information.

Die maximale Information, die sich durch Verteilung einer bestimmten Anzahl von Teilchen einer bestimmten Sorte im Universum speichern lässt, kann leicht abgeschätzt werden. Die Größe der Teilchen legt deren Platzbedarf fest und bestimmt damit die Gesamtzahl von Plätzen, auf denen sich prinzipiell Teilchen befinden können. Die maximale Entropie des Systems ist durch den Logarithmus der Zahl denkbarer Anordnungsmöglichkeiten der entsprechenden Teilchen im Universum gegeben.

Tatsächlich entstehen in einem expandierenden und evolvierenden Universum Strukturen, die bedeuten, dass Information gebildet wurde. Dieser Informationsinhalt ist aber kleiner, als es der maximal möglichen Information entspricht. Das evolvierende Universum darf deshalb auch vom Standpunkt der Entropieentwicklung nicht als thermodynamisch abgeschlossenes System im konventionellen Sinne aufgefasst werden.

Das Universum stellt ein System dar, in dem die Entropie zwar zunimmt, diese Zunahme jedoch langsamer erfolgt als die Zunahme der maximalen Informationsspeicherkapazität. Mithin ist das Uni-

versum in Bezug auf Information und Entropie jedem typischen lokal evolvierenden System an die Seite zu Stellen –

etwa sich entwickelnden Organismen, Populationen von Lebewesen oder Ökosystemen, die Entropie produzieren, gleichzeitig aber Information akkumulieren, indem sie Entropie in ihre Umgebung exportieren. Im Universum kann die Raumentstehung gewissermaßen als kosmologisches Pendant zum Entropieexport verstanden werden.

### **1.13. Elektrostatistische und elektromagnetische Wechselwirkungen**

So wie sich für das allererste Zeitintervall keine Unterscheidung zwischen photonischer Energie und Ruhemasse treffen lässt, so gibt es für diesen Beginn der kosmischen Evolution auch keine Unterscheidung von elektrostatischer und elektromagnetischer Energie. In diesem allerersten Moment fallen alle Energieformen genauso zusammen, so wie auch alle Teilchenklassen zusammenfallen. Die elektrostatische Wechselwirkung ist eine Verkörperung dieser portionierten Energie. Die unteilbare elementare Größe, die bei dieser Wechselwirkung in Erscheinung tritt, wird Elementarladung genannt.

Am Anfang sind auch jene Wechselwirkungen gleich, die sich heute um viele Größenordnungen unterscheiden. Dazu gehört z.B. die Differenz zwischen Gravitation und elektromagnetischer Wechselwirkung. Diese Divergenz muss nicht mit einer Änderung der Fundamentalkonstanten beschrieben werden. Stattdessen stellt die allmähliche Abnahme der Teilchenmassen im Laufe der Evolution des Weltalls eine gute Beschreibungsmöglichkeit dar. Nach dieser Vorstellung wird die Gravitation zwischen einzelnen Teilchen immer kleiner, weil diese leichter werden. Im Gegensatz dazu bleibt die Elementarladung, die verantwortlich für die elektrostatische Wechselwirkung ist, in ihrer Größe erhalten. Im Ergebnis sind heute elektrostatische und elektromagnetische Wechselwirkungen im Mikrokosmos der „normalen“ Elementarteilchen dominant, während die Gravitation zwischen ihnen vernachlässigt werden kann und erst bei Ansammlungen riesiger Teilchenzahlen, wie sie in Monden, Planeten, Sternen und Galaxien anzutreffen ist, relevant wird.

Während der Expansion des Universums entwickeln sich die elektrostatische und die elektromagnetische Energie jedoch auseinander. Während die elektromagnetische Energie, die Energie der Photonen, nur mit der Dehnung durch den Raum abnimmt, vermindert sich die elektrostatische Energie relativ zur elektromagnetischen Energie noch einmal logarithmisch mit dem Alter, d.h. auch mit der Ausdehnung des Universums.

Worauf ist dieser Unterschied in der Entwicklung zurückzuführen? Das führt zunächst auf die Frage, was denn eigentlich den Elektromagnetismus mit der elektrostatischen Wechselwirkung verbindet: Der Transport von elektrischer Ladung – im Allgemeinen bei Geschwindigkeiten weit unterhalb der Lichtgeschwindigkeit – erzeugt elektrische und magnetische Felder, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Komplementär dazu bewirkt die Absorption von elektromagnetischer Feldenergie die Separation von Ladungen, mithin die Entstehung elektrostatischer Energie.

Beide Austauschprozesse erfolgen portioniert. Da die elektromagnetische Feldenergie nur in Portionen existiert, d.h. gequantelt ist, können auch stoffliche Systeme, in denen Ladungen voneinander getrennt werden, nur in diesen Portionen Feldenergie aufnehmen. Im Falle resonanter Prozesse geschieht das gerade bei diskreten energetischen Übergängen innerhalb der stofflichen Systeme, deren Energie exakt gleich der Energie der elektromagnetischen Feldteilchen, der Photonen ist. Damit ist auch der Energieerhaltungssatz stets erfüllt.

Am Anfang der kosmischen Entwicklung entsprach bei einem solchen Austauschprozess die Wellenlänge des beteiligten Photons gerade dem Abstand zwischen den Elementarladungen nach der Separation. Im Laufe der Zeit wurde dieses Verhältnis zwischen Photonenwellenlänge und Ladungsabstand immer größer und liegt im heutigen realen Universum inzwischen bei etwa 137:1. Vergleicht man die heutige Situation mit der ursprünglichen, so verhält sich die Materie, die der Ladungstrennung unterliegt, so, als ob sie die Wellenlänge der Photonen stark gedehnt sehen würde. Oder umgekehrt erlebt das Photon die Ladungstrennung in der Materie als ob sie eine viel kleinere Distanz als ihre Wellenlänge betreffen würde.

Dieses merkwürdige Verhältnis betrifft nun nicht nur die Wellenlänge und den Abstand der Ladungen, sondern auch die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Austausch zwischen der elektrostatischen und der elektromagnetischen Energie stattfindet: Materie, in welcher sich Ladungstrennung durch Absorption von Photonen vollziehen kann, verhält sich so, als würde sie nur jedes 137. Photon wahrnehmen. Das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit für die Wechselwirkung zwischen jedem einzelnen elektronisch anregbaren System und den Quanten des elektromagnetischen Feldes den gleichen Wert hat wie das Verhältnis der beiden beteiligten Längen.

Ladung ist an Materie gebunden. Es sind z.B. die Protonen und die Elektronen, die jeweils eine Elementarladung tragen. Diese Materie-Teilchen sind wegen ihrer – im Vergleich zur Fundamentalmasse – geringen Energie weitaus weniger scharf lokalisiert als es der inkrementellen Struktur des Raumes entspricht. Photonen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit durch das Vakuum bewegen, beanspruchen ebenfalls einen bestimmten Raumbereich, der sich nach ihrem Energieinhalt bemisst. Die zu den einzelnen ruhemassebehafteten wie die zu den einzelnen Photonen gehörende Energieverteilung im Raum ist jedoch grundsätzlich durch das Inkrement des Raumes beschreibbar. Während Photonen inkrementell linear mit der Expansion des Raumes gestreckt werden, erleiden Protonen und Elektronen diese Expansion als eine inkrementelle Vergrößerung und ihren dementsprechenden kosmologischen Massenverlust nur etwa mit der dritten Wurzel der linearen Expansion des Raumes.

Bei einem Energieaustausch zwischen Ladungstrennung in der Materie und dem elektromagnetischen Feld tritt bezüglich der Genauigkeit der Positionierung der beteiligten Teilchen im Raum stets ein Informationsverlust ein. Dieser wird in beiden Richtungen der Energieübertragung durch das Verhältnis des durch die Unbestimmtheit der Position der beteiligten Ladungsträger im Raumvolumen und des durch die fundamentale Länge beschriebenen Raumvolumens bestimmt. Ein solcher Informationsverlust wird typischerweise durch den Logarithmus des entsprechenden Verhältnisses der Mikrozustände – in diesem Fall dem Verhältnis der Volumenunschärfe der für die Ladungstrennung verantwortlichen Ladungsträger und den fundamentalen Rauminkrementen – bestimmt. Das entspricht dem Shannonschen Informationsmaß und kann auch in Analogie zur Boltzmann-Gleichung verstanden werden. Dieser Informationsverlust wächst wegen der unterschiedlichen Art der Alterung des Ladungsträger-Teilchens und der Photonen im Laufe der Zeit. Er ist die Ursache für die allmählich abnehmende Wahrscheinlichkeit der Kopplung zwischen elektrostatischer Ladungstrennung und elektromagnetischem Wechselfeld und auch für das beobachtete Verhältnis zwischen der Wellenlänge der beteiligten Photonen und dem Abstand der generierten oder annihilierten Ladungen.

Der hier beschriebene Informationsverlust ist ein typisches Merkmal eines irreversiblen Vorgangs. Tatsächlich stellen sowohl die Absorption als auch die Emission von Photonen – etwa bei der Anregung oder strahlenden Relaxation von Atomen und Molekülen – einen irreversiblen Vorgang dar. Die Lebensdauer des angeregten Zustandes ist im Allgemeinen um mehrere Größenordnungen höher als die Zeit der Kopplung zwischen elektrostatischem und elektromagnetischem Feld. Beide Vorgänge unterliegen dem Zeitpfeil. Sie laufen – zumindest bevorzugt – nur in einer Richtung ab. Das unterscheidet eine resonante Wechselwirkung zwischen elektromagnetischem Feld und Materie fundamental von der elastischen Wechselwirkung, wie sie etwa beim Durchtritt von Photonen durch nicht-absorbierende Materie auftritt und sich in einer Verminderung der Lichtgeschwindigkeit und damit einer Brechzahl bemerkbar macht. Bei diesem letztgenannten Prozess kommt es wegen der elektrischen und magnetischen Feldwirkung auf die geladenen Teilchen der jeweiligen Stoffe – d.h. den Elektronen und den Atomkernen – auch zu einer Energieübertragung. Diese erfolgt aber reversibel, d.h. diese Energie wird auf der Zeitskala der Energieübertragung selbst wieder vollständig an das elektromagnetische Wechselfeld zurückgegeben. Im Ergebnis kommt es lediglich zu einer geringfügigen Verzögerung der Bewegung der Photonen. Deren Energie bleibt aber völlig unverändert, und es findet auch kein Informationsverlust statt, d.h. die Ausdehnung der elementaren Ladungsträger im Raum ist für diese elastische Wechselwirkung unerheblich.



### **1.14. Energieeintrag ins Universum**

Wie könnte der mit der kosmischen Raumentstehung verbundene kosmische Energiezuwachs funktionieren? In jedem Elementarzeitintervall wird eine Energiemenge in das Universum eingetragen, die einer Fundamentalenergie oder der korrespondierenden Masse entspricht. Grundsätzlich ist denkbar, dass diese Energie in Form eines einzigen Teilchens mit der Fundamentalenergie irgendwo im Universum entsteht. Wegen der maximalen Lokalisierung eines solchen sehr energiereichen Teilchens und dem damit verbundenen hohen Maß an Information, die ein solcher spontaner Lokalisierungsvorgang generieren würde, muss es sich um einen äußerst unwahrscheinlichen Vorgang handeln. Die gleiche Energie würde auch in das Universum eingetragen, wenn innerhalb dieses inkrementellen Zeitintervalls eine große Anzahl von Photonen minimal möglicher Energie entsteht, wobei die Zahl dieser Photonen wegen der linearen Expansion des Weltalls in jedem Intervall gerade genauso groß sein müsste, wie die Zahl der elementaren Zeitintervalle, die seit dem Beginn der Expansion vergangen sind. Diese sind im Kosmos vollständig delokalisiert und speisen gewissermaßen das globale elektromagnetische Gesamtfeld. Die Gesamtzahl dieser Photonen wird noch durch eine gewisse Anzahl der Photonen maximaler Wellenlänge vermehrt, die gerade in diesem Zeitintervall durch die Alterung von einzelnen Photonen und ruhemassebehafteten Elementarteilchen gebildet wurden.

Die stochastische Überlagerung der riesigen Zahl maximal delokalierter Photonen führt zu einer statistisch bestimmten Verteilung der Photonenenergie über ein weites Spektrum und den gesamten kosmischen Raum. Die Zahl und Energieverteilung der sich daraus ergebenden Photonen wird durch die elektromagnetische Gesamtenergie und die räumliche Unschärfe in der Lokalisierung der sich ergebenden Photonen bestimmt. Daraus entsteht ein sich über den ganzen Kosmos erstreckender dreidimensionaler Wellenteppich.

In dieses Wellenfeld können prinzipiell alle Photonen einkoppeln. Photonen niedrigerer Energie als es der mittleren Photonenenergie dieses Wellenfeldes entspricht, d.h. solchen, die weniger stark lokalisiert sind, haben eine hohe Wahrscheinlichkeit der Kopplung. Je größer die entsprechende Wellenlänge ist, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die entsprechenden Photonen ihre Identität verlieren. Umgekehrt besitzen energiereichere Photonen, die einer Strahlung geringerer Wellenlänge entsprechen, eine geringe Wahrscheinlichkeit der Wechselwirkung mit dem globalen Wellenfeld, d.h. sie werden sich mit umso höherer Wahrscheinlichkeit ungestört durch das Vakuum bewegen, je höher ihre Energie ist.

Im Ergebnis ergibt sich eine Population von Photonen im Kosmos, die bei größeren Wellenlängen, d.h. niedrigerer Photonenenergie, durch ein weitgehend homogenes und isotropes Kontinuum von Photonen bestimmt wird. Lokalisierte langwellige Strahlung wird nur beobachtet, wenn sie aus Quellen stammt, die nicht zu weit vom Beobachter entfernt sind. Energiereiche Photonen aus gut lokalisierten Quellen können sich vor diesem Strahlungshintergrund vergleichsweise ungestört bewegen, so dass die Richtung ihres Eintreffens Informationen zur Lage der Quelle übermittelt.

### **1.15. Zeitliche Homogenität der Expansion**

Da die fundamentalen Parameter der Evolution des Raumes mit dem Anfangsinkrement festgelegt sind, erfolgen Raumwachstum, Energieeintrag, Temperatur- und Strukturentwicklung im Kosmos einheitlichen Gesetzen. Es gibt keine Quelle einer zusätzlichen Kraft, die auf das Universum, seine Expansion und seine Materieverteilung wirkt. Postulate zu außerhalb des Universums existierenden Einflussgrößen sind überflüssig. Deshalb gibt es – im Rahmen der hier formulierten Näherungen – auch keine Berechtigung für eine kosmologische Konstante, für eine Beschleunigung der kosmologischen Expansion und die Annahme von sogenannter „Dunkler Energie“.

### **1.16. Ausblick**

Für die langfristige Entwicklung des Universums bietet das Standardmodell ein ziemlich tristes Bild. Durch die Abnahme der Materiedichte mit der dritten Potenz der Länge und auch der dritten Potenz des Weltalters bewegt sich die Welt aus einem relativ gut gefüllten dynamischen Zustand zu einem immer riesiger werdenden Raum, in dem sich die Materie allmählich verliert, wenn es nicht doch

wieder zu einer Kontraktion kommen sollte. Die globale wie auch die lokale Materiedichte wird immer geringer. Die Temperatur sinkt. Und alle Prozesse kommen früher oder später zum Erliegen. Der Zielpunkt der kosmischen Evolution ist ein unendlich großer kalter leerer Raum.

Was ändert sich an diesem Bild, wenn man von der hier beschriebenen Fiktion eines Universums ausgeht, in dem die Elementarteilchen zwar leichter werden, aber sich ihre Zahl vergrößert, in dem zwar auch der Raum in drei Dimensionen wächst, aber gleichzeitig – wenigstens linear – weiter Energie und damit auch Materie akkumuliert wird. Wie wirkt sich die veränderte Funktion der Entwicklung der Energiedichte auf die Evolution des Universums aus?

Ein ganz wichtiger Unterschied wird bereits aus der Betrachtung der Vergangenheit deutlich: Früher war die Energiedichte in unserem Universum zunehmender Energie bedeutend höher als heute. Aber sie war bei weitem nicht so hoch wie in einem Universum, in dem gleich zu Anfang die gesamte Energie vorhanden ist und später nicht mehr wächst. Damit bietet das Universum wachsender Energie viel bessere Bedingungen für die Ausbildung von Strukturen. Und vermutlich ist es viel robuster gegenüber Fluktuationen und gegenüber kleinen Änderungen in den Anfangsbedingungen.

Trotzdem nimmt mit zunehmender Expansion auch in einem Universum mit linear wachsender Energie die Dichte nach einer quadratischen Funktion ab. Die Folge ist, dass wie in einem Universum mit noch rascherer Dichteabnahme immer größere Hohlräume entstehen. Der wesentliche Unterschied liegt aber in der Evolution der Materieansammlungen zwischen diesen Hohlräumen: Unter beiden Szenarien bilden sich zunächst flächige Strukturen zwischen den Hohlräumen. In beiden Szenarien ist auch zu erwarten, dass diese flächigen Strukturen mehr und mehr zu linearen Strukturen der Materieansammlung abgebaut werden. Im Standardmodell-Universum ist diese Entwicklung gleichbedeutend mit einer auch lokal erfolgenden Ausdünnung der Materie: Die faserartigen Strukturen zerfallen schließlich in kleine Inseln, die sich immer weiter voneinander entfernen und schließlich völlig den Kontakt verlieren und sich als Einheiten auflösen.

Das ist im Szenario der linearen Energiezunahme nicht zu erwarten. Zwar wird es auch in diesem Kosmos ein Wachstum der Hohlräume und den Übergang von dichteren dreidimensionalen Materiestrukturen in membranartige Strukturen eines Blasenuniversums geben. Aber spätestens mit dem Übergang zu faserartigen Strukturen ändern sich die topologischen Randbedingungen. Denkbar ist, dass ein dynamisches Universum entsteht, in dem zwar die Blasen größer werden, aber in gleichem Maße eine Stabgerüst-Struktur entsteht, die mit dem Universum expandiert. Die weiter eingetragene Energie wird sich in den faserartigen Materieansammlungen konzentrieren. Diese können dadurch mit dem Universum weiter wachsen. Sie lösen sich nicht auf. Sie akkumulieren Strukturen und Informationen. Sie bewahren ihre innere Dynamik und ihre Evolutionsfähigkeit. Sie bleiben kreativ, auch wenn sich einzelne evolvierende Regionen weiter voneinander entfernen.

## Teil 2: Quantitative Abschätzungen

### 2.1. Vorbemerkung zu den Gleichungen und Zahlen

Im folgenden Abschnitt werden einige quantitative Abschätzungen für die im ersten Teil beschriebenen qualitativen Vorstellungen vorgenommen. Zu dieser zahlenmäßigen Untersetzung der oben diskutierten Vorstellungen zu einem Minimalkosmos sind einige Vorbemerkungen nötig.

Zum einen handelt es sich bei diesen einfach formulierten Zusammenhängen nicht um ein physikalisches Modell im herkömmlichen Sinne. Es werden keine exakten Lösungen, sondern nur Abschätzungen gegeben. Die den Abschätzungen zu Grunde liegenden Gleichungen sind als Näherungsgleichungen zu verstehen, die in einem realen Universum – zumindest in manchen Fällen – vermutlich durch Korrekturglieder ergänzt werden müssen. Ziel der Darstellung ist es deshalb nicht, eine Grundlage für exakte Berechnungen zu liefern. Dafür sind die Modellvorstellungen zu grob. Aber sie sind so einfach gehalten, dass zwischen den benutzten Konstanten, Parametern und sonstigen Größen sehr leicht funktionelle Zusammenhänge hergestellt werden können.

Zum anderen liegt es im Wesen der hier gemachten Betrachtungen, dass zentrale bekannte und vielfach empirisch bestätigte exakte physikalische Gleichungen gemeinsam mit spekulativen Glei-

chungen auftreten und dass ein Teil der in den konventionellen physikalischen Modellen eingehenden Konstanten ebenfalls als konstant angenommen wird, während andere – traditionell als konstant angesehene Größen – als Parameter – also als veränderliche Größen – aufgefasst werden. Diese Vorgehensweise erklärt sich aus dem spekulativen Charakter des Ansatzes. Aber sie ist kein Widerspruch innerhalb der hier angestellten Betrachtungen zu einem Minimalkosmos. Stattdessen eröffnet diese Vorgehensweise einen neuen Blickwinkel auf die mögliche Dynamik der Entstehung kosmischer Räume und Strukturen.

Die im Folgenden aufgeführten Abschätzungen sind nur als Beispiele zu betrachten. Es wird zwar versucht, einige besonders wichtige Zusammenhänge darzustellen, aber es kann keine vollständige Beschreibung einer möglichen kosmischen Evolution gegeben werden. An die Darstellung knüpft sich jedoch die Hoffnung, dass der eine oder andere Leser Folgebetrachtungen und Rechnungen anstellt, die zeigen, ob mit den hier gemachten Vorstellungen eine kosmische Entwicklung, die komplexe Strukturen hervorbringt, plausibel gemacht werden kann und ob es Aspekte gibt, die auch das Verständnis des realen Universums, in dem wir leben, verbessern helfen.

## 2.2. Die Grundeinheiten für Raum, Zeit und Energie

Die Entstehung des ersten Raumelements, die dabei verstrichene Zeit und die dabei im Universum generierte Energie legen diese drei Basisgrößen fest. Unter der Annahme, dass sich das Universum weiter nach diesen drei Basisgrößen entwickelt, haben sie fundamentalen Charakter für alles, was in diesem Universum geschieht. Sie werden im Folgenden mit  $l_p$  für die fundamentale Längeneinheit,  $t_p$  für die fundamentale Zeiteinheit und  $E_p$  für die fundamentale Energie bezeichnet. Weitere Basisgrößen ergeben sich direkt aus der Verknüpfung dieser Größen.

Die fundamentale Länge legt automatisch eine fundamentale Fläche  $A_p$  und einen fundamentalen Rauminhalt  $V_p$  fest:

$$A_p = l_p^2 \quad (1)$$

$$V_p = l_p^3 \quad (2)$$

Die Expansion des Raumes legt automatisch die maximal mögliche Geschwindigkeit  $c$  fest. Sie ergibt sich zwangsläufig aus dem Verhältnis von fundamentaler Längeneinheit und fundamentaler Zeiteinheit:

$$c = l_p / t_p \quad (3)$$

Ebenso ergibt sich aus diesen Größen eine fundamentale Beschleunigung  $a_p$  :

$$a_p = l_p / t_p^2 \quad (4)$$

Weitere physikalische Fundamental-Größen resultieren aus der in der Entstehung des Kosmos festgelegten fundamentalen Energie. So ergibt sich eine fundamentale Kraft  $F_p$  :

$$F_p = E_p / l_p \quad (5)$$

Die Kraft legt eine fundamentale mechanische Spannung (Grenzflächenspannung)  $\sigma_p$  fest:

$$\sigma_p = F_p / l_p = E_p / l_p^2 \quad (6)$$

Sie definiert auch einen fundamentalen Druck  $p_p$ :

$$p_p = F_p / l_p^2 = E_p / l_p^3 \quad (7)$$

Aus der fundamentalen Energie und den elementaren Einheiten der Länge und der Zeit definieren sich auch eine fundamentale „Energie-Polarität“  $P$ :

$$P = E_p * l_p * 2 * \pi \quad (8)$$

sowie eine fundamentale Wirkung  $h$ :

$$h = E_p * t_p * 2 * \pi \quad (9)$$

$$\hbar = h / (2 * \pi) = E_p * t_p = E_p * l_p / c \quad (10)$$

Damit gilt für die Energie-Polarität auch:

$$P = h * c \quad (11)$$

Die fundamentale Energie kann auch folgendermaßen geschrieben werden:

$$E_p = \hbar * c / l_p \quad (12)$$

Aus der Kraft heraus ergibt sich auch eine fundamentale Masse  $m_p$ :

$$m_p = F_p / a_p = F_p * t_p^2 / l_p = E_p * t_p^2 / l_p^2 = E_p / c^2 \quad (13)$$

Damit ist auch eine fundamentale Dichte  $\rho_p$  definiert:

$$\rho_p = m_p / V_p \quad (14)$$

Schließlich definieren die oben genannten fundamentalen Größen auch die fundamentale Größe für die universelle abstandsabhängige Anziehungskraft von Energien und Massen G:

$$G = F_p * l_p^2 / m_p^2 = E_p * l_p / m_p^2 \quad (15)$$

Damit bestimmen die drei Anfangsgrößen auch die Naturkonstante der Gravitation.

### 2.3. Mechanische Fundamentalgrößen in den Zahlen der realen Welt

Da die Entstehungsphase des Weltalls die Basisgrößen seiner weiteren Entwicklung festlegt, erübrigt sich eigentlich die Definition von Zahlenwerten für die Maßeinheiten. Viele Größen lassen sich so einfach als „Eins“ definieren und sind höchstens durch einen Geometrieparameter (z.B. „ $2\pi$ “) unterschieden. So ergeben sich durch fundamentale physikalische Gleichungen auch die wichtigsten Naturkonstanten zu „Eins“. So gilt für die Fundamentalgeschwindigkeit, d.h. die Maximalgeschwindigkeit  $c = 1$ , die Fundamentalwirkung  $\hbar = 1$  und die Konstante der Massenanziehung  $G=1$ . Ebenso können alle anderen oben genannten Größen in diesem System als Einheitsgrößen mit dem Wert „Eins“ abgeleitet werden.

In unserer realen Welt wurden für alle Basisgrößen Maßeinheiten und Zahlenwerte festgelegt. Die Bezeichnungen und Zahlen sind Folge der Wissenschaftsgeschichte und damit letztlich willkürlich. Aber Wissenschaftler und Techniker sind gewohnt, mit ihnen umzugehen, auch wenn klar ist, dass es sich bei den so formulierten Größen nur um bestimmte Vielfache oder Bruchteile der Fundamentalgrößen handelt. In der folgenden Tabelle sind diese Zahlen und Maßeinheiten für unsere reale Welt angegeben.

**Tabelle 1**

Zahlen und Maßeinheiten von mechanischen Fundamentalgrößen der realen Welt („Planckgrößen“)

Größe		Formelzeichen	Zahlenwert	Maßeinheit
Zeit	Planckzeit	$t_p$	$5,39 \cdot 10^{-44}$	s
Länge	Plancklänge	$l_p$	$1,62 \cdot 10^{-35}$	m
Fläche	Planckfläche	$A_p$	$2,62 \cdot 10^{-70}$	$m^2$
Volumen	Planckvolumen	$V_p$	$4,25 \cdot 10^{-105}$	$m^3$
Geschwindigkeit	Lichtgeschwindigkeit	$c$	$3,0 \cdot 10^8$	m/s
Masse	Planckmasse	$m_p$	$2,18 \cdot 10^{-8}$	kg
Dichte	Planckdichte	$\rho_p$	$5,13 \cdot 10^{96}$	$kg/m^3$
Energie	Planckenergie	$E_p$	$1,96 \cdot 10^9$	J
Wirkung	Planck-Wirkungsquantum	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34}$	J s

Energie-Polarität	„Planck-Energie-Polarität“	P	$2,0 \cdot 10^{-25}$	Jm
Kraft	Planck-Kraft	$F_p$	$1,21 \cdot 10^{44}$	N
Druck	Planck-Druck	$p_p$	$4,6 \cdot 10^{113}$	$\text{N/m}^2$
Grenzflächenspannung	Planck-Grenzflächenspannung	$\sigma_p$	$7,47 \cdot 10^{78}$	N/m
Massenanziehung	Gravitationskonstante	G	$6,67 \cdot 10^{-11}$	$\text{m}^3/\text{kg s}^2$

Da die Basisgrößen über die Anfangsbedingungen festgelegt sind, gibt es für sie keine Zeitabhängigkeit. Sie sind damit unabhängig von der Expansion und der Alterung des Weltalls. Ebenso sind die aus ihnen abgeleiteten physikalischen Konstanten unveränderlich.

#### 2.4. Portionierte Energie: Elementarteilchen-Hauptklassen

In der Entstehungsphase, in der nur ein einziges Rauminkrement existierte, war die Frage nach einer räumlichen Verteilung der mit dem Raum entstehenden Energie gegenstandslos. Mit der Vergrößerung des Raumes ergab sich jedoch die Möglichkeit, dass Energie in unterschiedlichen Raumbereichen unterschiedlich dicht vorliegt. Eine solche Portionierung bedeutete einen Symmetriebruch, die Entstehung von Strukturen.

Es wird davon ausgegangen, dass Elementarteilchen lokale Änderungen der Raumstruktur darstellen, wobei der Energieinhalt bzw. die Ruhemasse der Teilchen ein Maß für die Stärke der lokalen Störung ist. Jedem Teilchen, das einen bestimmten Energieinhalt  $E_c$  besitzt, ist eine charakteristische Länge  $l_c$  zuzuordnen:

$$l_c = h \cdot c / E_c \quad (16)$$

Dieser Länge ist für jedes Teilchen jeglicher Dimensionalität eine Oberflächenspannung  $\sigma_c$  zuzuordnen, wobei die dabei eingehenden Fundamentalgrößen sich nach der Dimensionalität unterscheiden. Für die Basistypen in den Teilchen-Hauptklassen können diese mechanischen Spannungen folgendermaßen abgeschätzt werden:

**Tabelle 2**

Zahl der Dimensionen (Quantenzahl n)	Fundamentalgröße	zugehörige Länge	Oberflächenspannung
1	Kraft $F_p$	$l_1$	$\sigma_1 = F_p / l_1$
2	Mech. Spannung $\sigma_p$	$l_2$	$\sigma_2 = \sigma_p$
3	Druck $p_p$	$l_3$	$\sigma_3 = p_p \cdot l_3$
4	Druckgradient $p_p/l_p$	$l_4$	$\sigma_4 = (p_p / l_p) \cdot l_4^2$

Diese Längen  $l_1$  bis  $l_n$  ergeben sich aus der Gleichsetzung dieser Spannungen mit der Spannung, die aus dem Verhältnis der kosmischen Gesamtenergie  $E_k$  zu den mit den charakteristischen Längen korrespondierenden Flächen resultiert. Mit der Voraussetzung, dass die kosmische Gesamtenergie gleich dem Produkt aus der Fundamentalenergie  $E_p$  und der Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$  ist, lassen sich alle charakteristischen Längen als direkte Funktion der Fundamentallänge  $l_p$  formulieren:

**Tabelle 3**

Oberflächenspannungsbilanz	→	charakteristische Länge
$\sigma_1 = F_p / l_1 = E_k / l_1^2$	→	$l_1 = E_k / F_p = l_p * z^{(1)}$
$\sigma_2 = \sigma_p = E_k / l_2^2$	→	$l_2^2 = E_k / \sigma_p = l_p * z^{(1/2)}$
$\sigma_3 = p_p * l_3 = E_k / l_3^2$	→	$l_3^3 = E_k / p_p = l_p * z^{(1/3)}$
$\sigma_4 = (p_p / l_p) * l_4^2 = E_k / l_4^2$	→	$l_4^4 = E_k / (p_p / l_p) = l_p * z^{(1/4)}$

Die Abschätzung der charakteristischen Längen der Elementarteilchen-Hauptklassen sowie ihrer Energien und der korrespondierenden Äquivalentmassen erlaubt eine hypothetische Zuordnung der Teilchenklassen-Quantenzahlen (QZ = n) zu bekannten oder hypothetischen Teilchenklassen (für  $l_p = 1,62 * 10^{-35} m$  und  $z = z_{00} = 4,1 * 10^{60}$ ):

**Tabelle 4**

QZ	zugehörige Länge	Teilchen-Energie	Äquivalentmasse	Teilchen-Typ
n	$l_c = l_p * z^{(1/n)}$	$E_c = 2 * h * c / l_c$	$m_c = E_c / c^2$	
1	$6,6 * 10^{25} m$	$6,0 * 10^{-51} J$	$6,7 * 10^{-68} kg$	Minimal-Photonen
2	$3,3 * 10^{-5} m$	$1,2 * 10^{-20} J$	$1,3 * 10^{-37} kg$	Neutrinos (?)
3	$2,6 * 10^{-15} m$	$1,5 * 10^{-10} J$	$1,7 * 10^{-27} kg$	klassische Teilchen (Proton)
4	$2,1 * 10^{-20} m$	$1,7 * 10^{-5} J$	$1,9 * 10^{-22} kg$	WIMPs (?)
5	$2,15 * 10^{-23} m$	19 mJ	$2,1 * 10^{-19} kg$	Super-WIMPs (?)

Die Hauptklassen der Elementarteilchen unterscheiden sich im Charakter des Raumbezugs und der Größenordnung der Energien und damit auch der Ausdehnung der Teilchen. Die klassischen ruhe-massebehafteten Elementarteilchen sind dreidimensionale Objekte. Deshalb ist die ihnen zugeordnete fundamentale Größe der Fundamental-Druck.

### 2.5. Der Alterungsparameter

Grundsätzlich beschreibt die Zahl der verstrichenen Elementarzeitintervalle die fortschreitende Entwicklung und Alterung des Universums. Mit dieser Zahl z vergrößern sich nicht nur der Raum und die im Kosmos enthaltene Energie, sondern es wächst auch die Zahl der Möglichkeiten der Anordnung von Objekten und Punkten im Raum. Nimmt man die Unbestimmtheit, die sich aus dem Verhältnis der Zahl der Oberflächenplätze einer Kugel mit dem Radius z zur Zahl der Raumelemente in einem Würfel mit der Kantenlänge z ergibt, so resultiert folgender Alterungsparameter  $\alpha$  durch Logarithmieren dieses Quotienten:

$$\alpha = 1 / \ln [z^3 / (4 * \pi * z^2)] = 1 / \ln(z/4\pi) \quad (z > 4 * \pi) \quad (17)$$

Diese Größe  $\alpha$  beschreibt auch größenordnungsmäßig annähernd die Unsicherheit (numerische Entropie) in der Lokalisierung des Raumschwerpunktes eines klassischen Elementarteilchens relativ zum Fundamentaltvolumen und auch die Positions-Unsicherheit anderer Klassen von Elementarteilchen bezogen auf ihre Dimensionalität n.

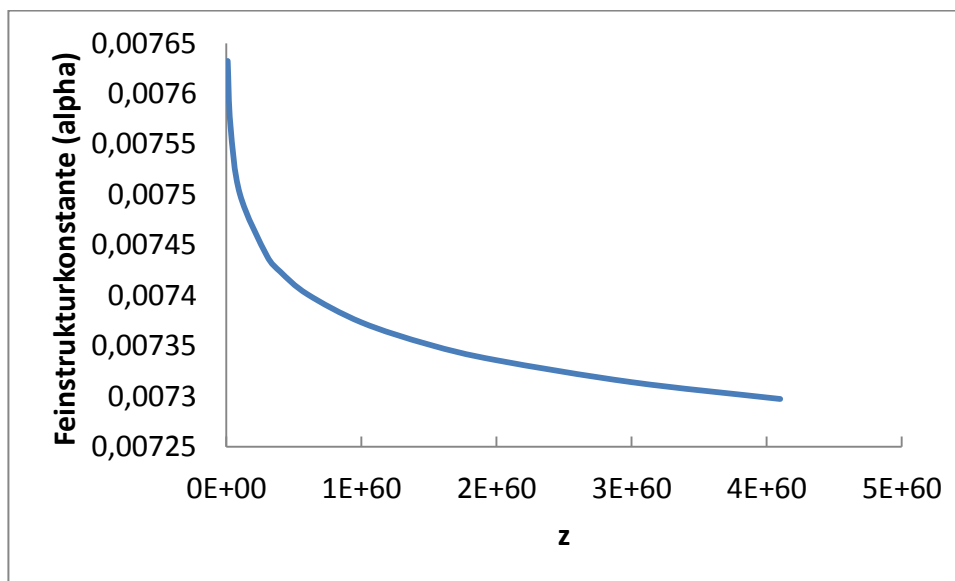


Abb. 1 Die Entwicklung der Feinstrukturkonstante  $\alpha$  in Abhängigkeit vom Weltalter, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$

Der Alterungsparameter  $\alpha$  spielt vor allem für die elektrischen Größen eine sehr wichtige Rolle. Er tritt dort – unter der Annahme einer Größe von  $z$  von ca.  $4 \cdot 10^{60}$  – als Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante (FSK) in Erscheinung. Es wurde immer wieder eine variable Feinstrukturkonstante vermutet und nach einer zeitlichen Änderung dieser Größe geforscht [6-9]. Im Rahmen des Standardmodells kann die zeitliche Änderung jedoch nur sehr klein sein [10, 11]. Bei der Suche nach einem Zusammenhang zwischen den kosmischen und den elementaren Größen spielte die Auffälligkeit von großen Verhältniszahlen eine wichtige Rolle [2]. Die ersten Überlegungen zu ihrer fundamentalen Bedeutung gehen bereits auf P. Dirac zurück [12].

Die hier vorausgesetzte Zahl für  $z_0$  im realen Universum von ca.  $4 \cdot 10^{60}$  liegt zwar in der Größenordnung des erwarteten Weltalters von ca.  $10^{10}$  Jahren, ist jedoch mit etwa 7 Milliarden Jahren nur etwa halb so groß wie das gegenwärtig geschätzte Weltalter. Im Rahmen der hier vorgenommenen Abschätzungen und der möglichen Erwartung, dass die Korrektur einzelner Modellvorstellungen auch Korrekturen am geschätzten Weltalter mit sich bringt, bildet dieser Wert für  $z$  eine vernünftige Basis.

## 2.6. Konsequenzen der Alterung für die elektrostatische Wechselwirkung

Für die Beschreibung der elektrostatischen Wechselwirkung kann der Zusammenhang zwischen der Fundamentalenergie und der Fundamentalwirkung  $h$  herangezogen werden. Man erhält die elektrostatische Wechselwirkungsenergie  $E_{elstat}$ , wenn die Gleichung für die Fundamentalenergie lediglich durch den Alterungsfaktor  $\alpha$ , die Zahl der elementaren Längenintervalle  $N$ , die den Abstand der Ladungsschwerpunkte beschreiben, und die Anzahlen der in zwei Ladungsschwerpunkten vorliegenden Elementarladungen  $n_1$  und  $n_2$  erweitert wird:

$$E_{elstat} = (\hbar * c / l_p) * n_1 * n_2 * \alpha * 1/N = [(h/2 \pi) * c / l_p] * n_1 * n_2 * \alpha * 1/N \quad (18)$$

Mit dem Abstand zwischen den Ladungsschwerpunkten  $r = l_p * N$  vereinfacht sich das zu:

$$E_{elstat} = [(h/2 \pi) * c / r] * n_1 * n_2 * \alpha \quad (19)$$

oder

$$E_{elstat} = [(2 * h / 4 \pi) * c / r] * n_1 * n_2 * \alpha \quad (20)$$

Für das Produkt aus  $2 * h * c * \alpha$  kann – willkürlich – ein Verhältnis aus dem Produkt von zwei elementaren Ladungen  $q_e$  zu einer Feldkonstante geschrieben  $\epsilon_0$  werden:

$$2 * h * c * \alpha = 2 * P * \alpha = q_e^2 / \epsilon_0 \quad (21)$$

Daraus ergibt sich, wenn man noch für  $q_1$  und  $q_2$  die Produkte von  $q_e$  mit  $n_1$  und  $n_2$  einsetzt das bekannte Coulombsche Gesetz:

$$E_{\text{elstat}} = [q_e^2 / (\epsilon_0 * 4 \pi)] * (1 / r) * n_1 * n_2 = [1 / (4 \pi * \epsilon_0)] * q_1 * q_2 / r \quad (22)$$

Abgesehen von dem Faktor 2 hängt der Quotient des elektrischen Fundamentalladungsquadrats und der Feldkonstante nur von der fundamentalen Energie-Polarität und dem Alterungsfaktor ab. Die wissenschaftshistorisch bedingte Auftrennung des fundamentalen Terms in zwei Ladungen und die Feldkonstante ist zwar willkürlich, war aber sehr zweckmäßig für die Beschreibung der empirischen Befunde der Physik der Elektrizität. Durch die Trennung wurden die Objekte, die eine Kraft erfahren, d.h. die Ladungen, von der Kraft-vermittelnden Eigenschaft des Raumes, der Feldkonstante separiert.

Legt man Maßeinheit und Zahlenwert für die Feldkonstante fest, so ergibt sich automatisch ein Zahlenwert und eine Maßeinheit für die Fundamentalladung und umgekehrt. Der Einfachheit halber wird im Folgenden die Fundamentalladung  $q_e$  als fest angenommen, als Verhältnis der Fundamentalladung zu einem fundamentalen Potenzial  $U_p$  definiert und als Zahlenwert fixiert:

$$q_e = E_p / U_p = 1,602 * 10^{-19} \text{ J/V} \quad (23)$$

Die Maßeinheit J/V (Joule pro Volt) wird auch als C (Coulomb) bezeichnet. Die Fundamentalladung ist mit der experimentell gefundenen Elementarladung identisch. Die Definition der Elementarladung legt automatisch Wert und Maßeinheit für das fundamentale Potenzial fest:

$$U_p = E_p / q_e = 1,22 * 10^{28} \text{ V} \quad (24)$$

Ebenso wird dann auch die elektrische Feldkonstante durch die Festlegung der Fundamentalladung automatisch definiert:

$$\epsilon_0 = q_e^2 / (2 * P * \alpha) = 8,8 * 10^{-12} \text{ C/Vm} \quad (25)$$

Durch die oben vorgenommene willkürliche Auftrennung der Größe  $P$  in die Ladungen und die Feldkonstante wurde die Elementarladung und damit auch ihr Quadrat unabhängig von  $\alpha$  definiert, während die Feldkonstante durch die Abhängigkeit vom Alterungsfaktor  $\alpha$  zu einer zeitabhängigen Größe wird. Es versteht sich, dass diese Zeitabhängigkeit eigentlich das Verhältnis zwischen beiden Größen betrifft. Es lässt sich aber für die Startphase der kosmischen Entwicklung mit einem Wert von  $\alpha=1$  eine initiale elektrische Feldkonstante  $\epsilon_{00}$  extrapolieren:

$$\epsilon_{00} = q_e^2 / (2 * P) = 6,43 * 10^{-14} \text{ C/Vm} \quad (26)$$

## 2.7. Elektrische Fundamental- und Basisgrößen

Anhand der fundamentalen „Energie-Polarität“ und der aus ihr abgeleiteten elektrischen Größen für die Ladung und die elektrische Feldkonstante können weitere elektrische Basisgrößen abgeleitet werden. Im Gegensatz zu den oben aufgeführten mechanischen Basisgrößen sind diese jedoch nicht zeitlich konstant, insofern der kosmische Alterungsparameter  $\alpha$  in sie eingeht. Deshalb besitzen diese elektrischen Größen den Charakter von Parametern, die sich im Laufe der Evolution des Weltalls verändern. Die Divergenz zwischen der elektrostatischen und der elektromagnetischen Wechselwirkung ist ein typisches Beispiel dafür.

Mit der Festlegung der Elementarladung als zeitunabhängig können einige weitere elektrische Größen als zeitunabhängig betrachtet werden. Dabei ist nur zu berücksichtigen, dass diese zeitliche Konstanz immer das Gegenstück zur dann notwendigerweise auftretenden Zeitabhängigkeit der elektrischen Feldkonstante ist. So lässt sich aus der Elementarladung und der Elementarzeit ein Fundamentalstrom ableiten:

$$I_p = q_e / t_p \quad (27)$$



Unter Berücksichtigung der Fundamentalfläche  $A_p$  resultiert eine fundamentale Stromdichte  $i_p$ :

$$i_p = I_p / A_p \quad (28)$$

und ebenso eine fundamentale Raumladungsdichte  $Q_{dp}$ :

$$Q_{dp} = q_e / V_p \quad (29)$$

Fundamentalstrom und Fundamentalspannung legen die fundamentale Leitfähigkeit  $\Lambda_p$  und den Fundamentalwiderstand  $R_k$  fest, die nach ihrem Entdecker auch Klitzing-Konstante genannt wird:

$$R_k = 1 / \Lambda_p = 2 * \pi * U_p / I_p = h / q_e^2 \quad (30)$$

Ebenso ist damit auch eine fundamentale elektrische Kapazität  $C_p$  gegeben:

$$C_p = q_e / U_p \quad (31)$$

Die Basisgröße für das Magnetfeld ist eine fundamentale Magnetfeldstärke  $H_p$ , die sich als Quotient aus der Fundamentalstromstärke und der Fundamentallänge ergibt:

$$H_p = I_p / l_p \quad (32)$$

Das Verhältnis der Elementarladung zur Fundamentalwirkung ist vor allem für die Supraleitung wichtig und wird als Josephson-Konstante  $K_J$  bezeichnet. Ihr Inverses ist das magnetische Flussquant  $\Phi_0$ :

$$K_J = 2 * q_e / h = 1 / \Phi_0 \quad (33)$$

Im Unterschied zu diesen Größen bedingt die Festlegung der Abhängigkeit der elektrischen Feldkonstante  $\epsilon_0$  vom Alterungsparameter  $\alpha$ , dass alle von  $\epsilon_0$  abgeleiteten Größen auch zeitabhängig sind. Das betrifft auch die magnetische Feldkonstante (Induktionskonstante, magnetische Permeabilität), die durch folgende Gleichung gegeben ist:

$$\mu_0 = 1 / (\epsilon_0 * c^2) = 2 * h * \alpha / (q_e^2 * c) \quad (34)$$

Der Startwert für die magnetische Feldkonstante  $\mu_{00}$  ist dann:

$$\mu_{00} = 2 * h / (q_e^2 * c) = 1,72 * 10^{-4} \text{ Vs/Am} \quad (35)$$

Aus der magnetischen Feldkonstante leitet sich auch eine Basisgröße für die magnetische Flussdichte ab, die ebenfalls von  $\alpha$  abhängt:

$$B_p = \mu_0 * H_p = 2 * h * \alpha / (q_e * l_p^2) \quad (36)$$

Dafür lässt sich dann ebenfalls ein Startwert angeben:

$$B_{p0} = 2 * h / (q_e * l_p^2) \quad (37)$$

In der folgenden Tabelle sind diese Zahlen und Maßeinheiten für elektrische Basisgrößen in unserer realen Welt angegeben.

**Tab. 5: Zahlen und Maßeinheiten von elektrischen Basisgrößen in der realen Welt („Planckgrößen“)**

Größe	Formelzeichen	Zahlenwert	Maßeinheit
Elementarladung	$q_e$	$1,60 \cdot 10^{-19}$	As
Fundamental-Potential	$U_p$	$1,23 \cdot 10^{28}$	V
Elektrische Feldkonstante	$\epsilon_0$	$8,86 \cdot 10^{-12}$	As/Vm
Elektrische „Ur-Feldkonstante“	$\epsilon_{00}$	$6,43 \cdot 10^{-14}$	As/Vm
Fundamentalstromstärke	$I_p$	$2,9 \cdot 10^{24}$	A
Fundamentalstromdichte	$i_p$	$1,13 \cdot 10^{94}$	A/m <sup>2</sup>
Fundamental-Raumladungsdichte	$Q_{dp}$	$3,77 \cdot 10^{85}$	As/m <sup>3</sup>
Klitzingkonstante	$R_k$	$2,58 \cdot 10^4$	V/A
Fundamentalkapazität	$C_p$	$1,31 \cdot 10^{-47}$	As/V
Fundamental-Magnetfeldstärke	$H_p$	$1,83 \cdot 10^{59}$	A/m
Josephsonkonstante	$K_J$	$4,83 \cdot 10^{14}$	1/Vs
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0$	$1,26 \cdot 10^{-6}$	Vs/Am
Magnetische „Ur-Feldkonstante“	$\mu_{00}$	$1,72 \cdot 10^{-4}$	Vs/Am
Magnetische Basis-Flussdichte	$B_p$	$2,30 \cdot 10^{53}$	Vs/m <sup>2</sup>
Magnetische „Ur-Flussdichte“	$B_{p0}$	$3,16 \cdot 10^{55}$	Vs/m <sup>2</sup>

### 2.8. Kosmische Parameter

Das gleichmäßige, aber inkrementelle Wachstum des Universums setzt einen Zeittakt voraus, einen Zähler, der das Zeitmaß aller Vorgänge darstellt. Für ein angenommenes Alter von rund 7 Milliarden Jahren ( $= 2,21 \cdot 10^{17}$  s) – das ist etwa die Hälfte des aus Standardphysik erschlossenen Alters – steht der Zähler für unser reales Universum bei einem Wert von  $z_{00} = 4,1 \cdot 10^{60}$ . Für ein im Rahmen der Standardphysik näherungsweise ermitteltes Alter von ca. 14 Milliarden Jahren müsste ein Wert von etwa  $8,2 \cdot 10^{60}$  angesetzt werden, was zumindest größenordnungsmäßig auch noch mit dem oben angegebenen Wert übereinstimmt.

In einem expandierenden Universum ist natürlich auch dessen Ausdehnung ein sich verändernder Parameter. In der Vorstellung eines dreidimensionalen Raumes, der als Oberfläche eines vierdimensionalen Raumes inkrementell in jedem elementaren Zeitintervall um ein Längenintervall wächst, ergibt sich die kosmische Ausdehnung  $l_k$  zu:

$$l_k = l_p \cdot z \quad (38)$$

Diese Länge entspricht im zweidimensionalen Modell der Oberfläche einer dreidimensionalen Kugel einem vollen Umfang. Die Ausdehnungsgeschwindigkeit des Durchmessers dieser Kugel betrüge demnach nur den  $\pi$ -ten Teil der Maximalgeschwindigkeit.

Die Gesamtenergie des Universums wächst ebenfalls linear mit den elementaren Zeitintervallen:

$$E_k = E_p \cdot z \quad (39)$$

Das Volumen  $V_k$  wächst dagegen mit der dritten Potenz von  $z$ . Dementsprechend vermindert sich die mittlere Energiedichte des Universums mit  $1/z^2$ :

$$E_k / V_k = E_p \cdot z / (l_p^3 \cdot z^3) = E_p / (l_p^3 \cdot z^2) \quad (40)$$

Das entspricht dem kosmischen Gesamtdruck  $p_k$ , der sich demzufolge auch quadratisch mit  $z$  vermindert:

$$p_k = E_p * z / (l_p^3 * z^3) = E_p / (l_p^3 * z^2), \quad (41)$$

während die kosmische Spannung nur linear mit zunehmendem  $z$  abnimmt:

$$\sigma_k = E_p / l_p^2 = E_p * z / (l_p^2 * z^2) = E_p / (l_p^2 * z) \quad (42)$$

Der Wert für die kosmische Kraft  $F_k$  bleibt gleich dem Fundamentalwert, d.h. diese Größe ist kein Parameter, sondern eine echte Konstante. Als Fundamentalgröße hat sie also sowohl auf kosmologischer Ebene als auch als elementare Größe eine zentrale Bedeutung. Demgegenüber wachsen die kosmische „Energie-Polarität“  $P_k$  und die kosmische Gesamtwirkung  $h_k$  mit dem Quadrat von  $z$ :

$$P_k = 2 * \pi * E_p * z * l_p * z = 2 * \pi * E_p * l_p * z^2 \quad (43)$$

$$h_k = 2 * \pi * E_p * z * t_p * z = 2 * \pi * E_p * t_p * z^2 \quad \text{mit } z * t_p = t_k \quad (44)$$

Im Unterschied zu diesen Größen sind die Maximalgeschwindigkeit (Lichtgeschwindigkeit)  $c$  und die Gravitationskonstante  $G$  unabhängig von  $z$ , d.h. es lassen sich keine von den Fundamentalkonstanten verschiedenen kosmologischen Größen  $c_k$  und  $G_k$  ableiten.

## 2.9. Veränderung der Teilchen in der sich entwickelnden Welt

Allen Teilchen – gleich ob Photonen oder ruhemassebehaftete Teilchen – kann eine Länge als charakteristisches Maß zugeordnet werden, die umgekehrt proportional zur im Teilchen enthaltenen Gesamtenergie ist. Diese charakteristische Länge stellt bei den Photonen die Wellenlänge  $\lambda$  dar, bei den ruhemassebehafteten Teilchen die Comptonwellenlänge.

Die lineare Ausdehnung eines Photons im Raum wird durch die Expansion des Raumes gestreckt. Dadurch verlieren Photonen permanent an Energie. Diese wird in kleinen Portionen im Rhythmus der Schwingungen abgegeben. Allgemein gilt, dass der Energieverlust pro Schwingungsperiode  $\tau$  des Photons gleich der kosmischen Minimalenergie ( $E_p/z$ ) ist. Dadurch ergibt sich eine momentane Energieverlustleistung  $P_{ph}$ :

$$P_{ph} = E_p / (z * \tau) = E_p * c / (z * \lambda) \quad (45)$$

Mit zunehmender Alterung der Photonen und damit zunehmender Wellenlänge der Photonen wird ihre Verlustleistung allmählich immer geringer. Die Veränderung der Wellenlänge  $\lambda_0$  zu irgendeinem Zeitpunkt  $t_0$  auf  $\lambda_1$  zu einem späteren Zeitpunkt  $t_1$  sowie der damit einhergehende Energieverlust  $\Delta E$  lässt sich einfach an Hand der in der Zwischenzeit erfolgenden Alterung des Weltalls durch die Zunahme der elementaren kosmischen Zeitintervalle  $z_0$  und  $z_1$  abschätzen:

$$\lambda_1 / \lambda_0 = z_1 / z_0 \quad (46)$$

d. h.

$$E_1 * z_1 = E_0 * z_0 \quad (47)$$

$$\Delta E = (hc / \lambda_0) - (hc / \lambda_1) = h * c * (1 / \lambda_0 - 1 / \lambda_1) = (h * c / \lambda_0) * (1 - z_0 / z_1) \quad (48)$$

Dieser lineare Zusammenhang entspricht dem – oben beschriebenen – allgemeinen linearen Verhältnis von Photonenenergie und kosmischem Alter. Im Gegensatz dazu bestehen für die ruhemassebehafteten Teilchen Wurzelzusammenhänge mit dem kosmischen Alter, wobei je nach Teilchenklasse unterschiedliche Wurzelexponenten auftreten. Für klassische Elementarteilchen ist dieser Exponent 3, was bedeutet, dass diese Teilchen nur ungefähr mit der Kubikwurzel der kosmischen Zeitintervalle altern, d.h. Energie bzw. Masse verlieren:

$$m_0 * z_0^{(1/3)} \approx m_1 * z_1^{(1/3)} \quad (49)$$

$$\Delta m \approx m_0 * [1 - (z_0 / z_1)^{(1/3)}] \quad (50)$$

Es ist anzunehmen, dass sich diese Formel auch auf die anderen Teilchenklassen übertragen lässt. Für die verschiedenen Basistypen werden je nach Quantenzahl (Wurzelexponent)  $n$  verschiedene zeitliche Massenverluste erwartet:

$$\Delta m_{(n)} \approx m_{(n)0} * [1 - (z_0 / z_1)^{(1/n)}] \quad (51)$$

Ultraleichte Teilchen sollten also schneller ihre Masse reduzieren als klassische Elementarteilchen. Ultraschwere Teilchen verlieren ihre Masse langsamer.

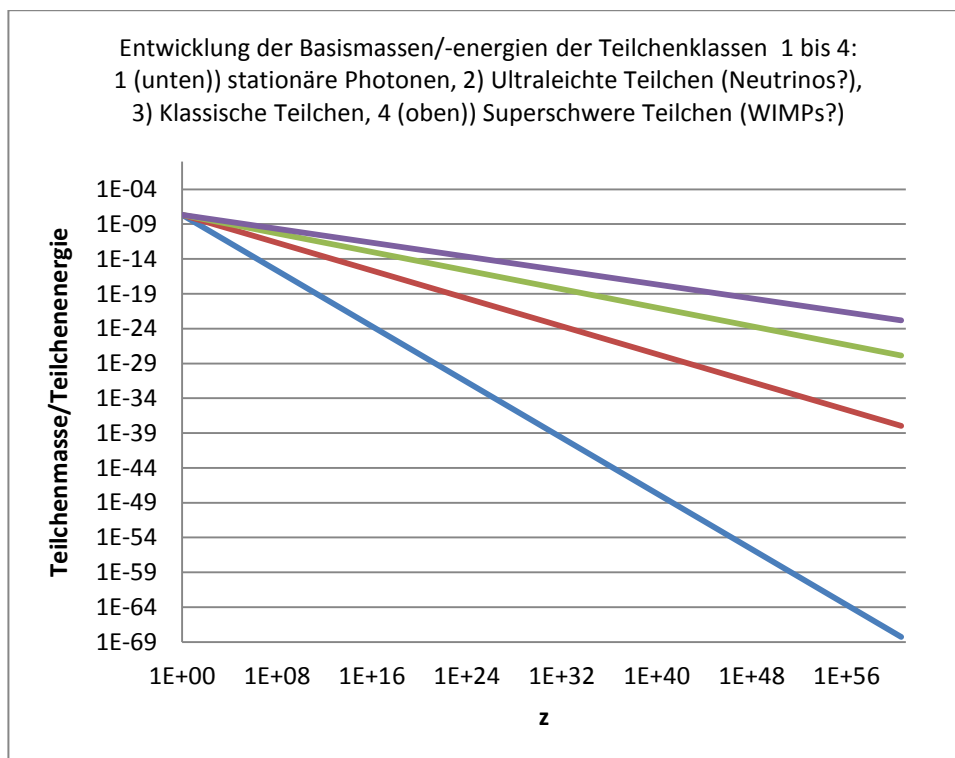


Abb. 2 Die Entwicklung der Energien der Teilchen-Hauptklassen in Abhängigkeit vom Weltalter, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$

Für alle Teilchenklassen lässt sich die Massenentwicklung bis zum Anfang des Universums zurückextrapolieren. Die zeitliche Entwicklung der Massen mit dem Alter des Weltalls in Zeitinkrementen  $z$  ist näherungsweise nur von dem Wurzelexponenten  $n$  abhängig:

$$m_{(n)}(z) \approx m_p * (1 / z^{(1/n)}) \quad (52)$$

Für klassische Elementarteilchen ( $n=3$ ) bedeutet das:

$$m_{(3)}(z) \approx m_p * (1 / z^{(1/3)}) \quad (53)$$

Vergleicht man diese Näherung mit den Werten in unserer realen Welt, so wird klar, dass bereits durch die Differenzen der Massen der beobachteten Elementarteilchen deutliche Abweichungen von dieser Abschätzung auftreten, dass diese Gleichung aber zumindest ungefähr die Größenordnung der beobachteten Teilchenmassen wiedergibt, wenn für  $z$  der bereits oben benutzte Wert von  $z_{00} = 4,1 * 10^{60}$  eingesetzt wird. Die Übereinstimmung wird recht gut, wenn man den Exponenten auf die Massen der zwei stabilen Elementarteilchen Elektron  $m_{el}$  und Proton  $m_{pr}$  aufteilt:

$$m_{pr}^2 * m_{el} = m_p^3 / z_{00} \quad (54)$$

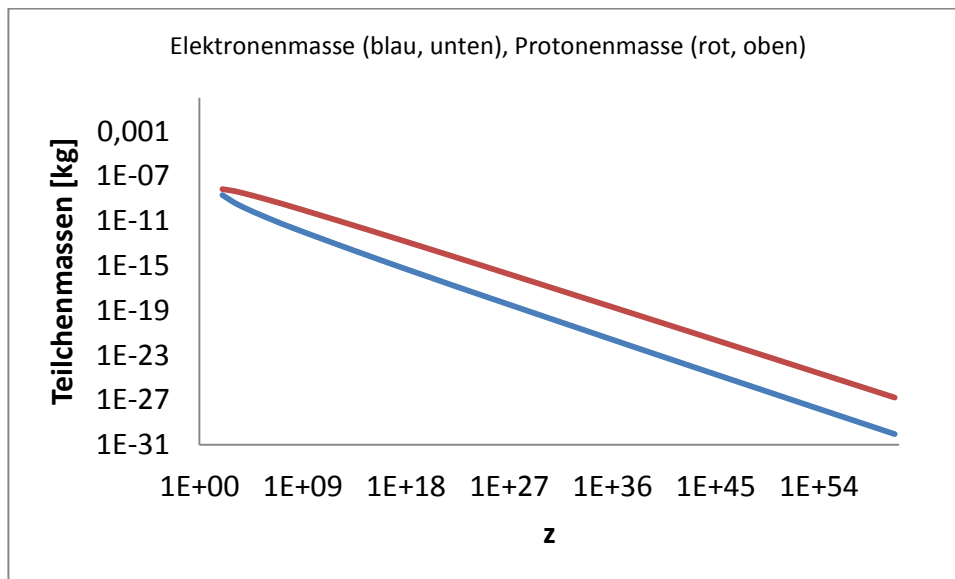


Abb. 3 Die Entwicklung der Protonen- und Elektronenmasse in Abhängigkeit vom Weltalter, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$

Offensichtlich besteht ein sehr enger Zusammenhang zwischen der Alterung der Protonen und der Elektronen, der sich in der hier angegebenen Gleichung ausdrückt. Es kann hier nur als Vermutung formuliert werden, dass in der realen Welt auch das Massenverhältnis zwischen Protonen und Elektronen ( $\approx 1836$ ) mit ihrem Alterungsverhalten zusammenhängt. Die Protonenmasse kann näherungsweise durch folgenden empirischen Zusammenhang mit  $z$  formuliert werden:

$$m_{pr} = m_p * [\ln(\pi)/z_{00}]^{(1/3)} * (1/\alpha)^{(1/2)} = 1,67 * 10^{-27} \text{ kg} \quad (55)$$

Die Näherung für die Elektronenmasse lautet dann:

$$m_{el} = m_p * \alpha * \{1/[z_{00} * (\ln \pi)^2]\}^{(1/3)} = 9,1 * 10^{-31} \text{ kg} \quad (56)$$

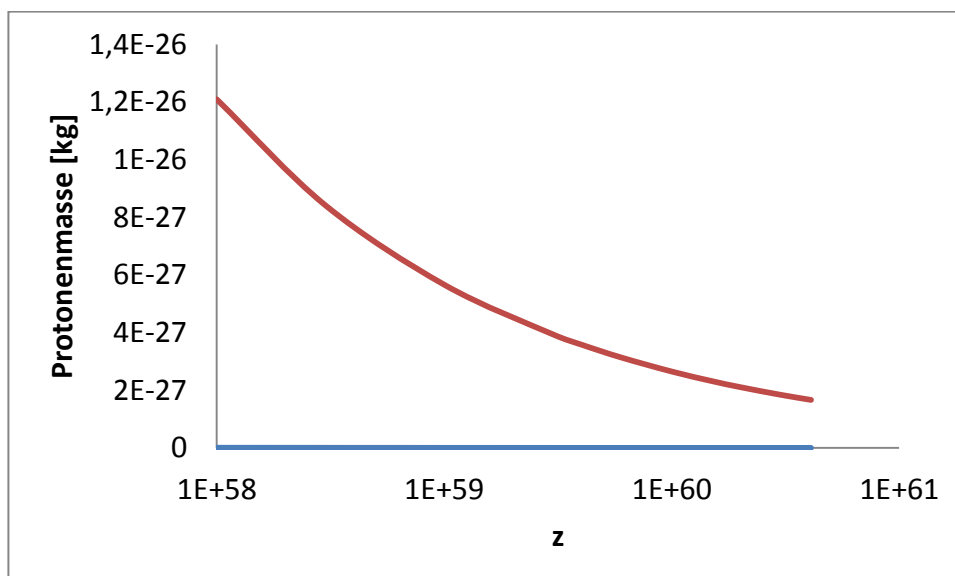


Abb. 4 Die Entwicklung der Protonenmasse in Abhängigkeit vom Weltalter, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$

## 2.10. Elektrische Divergenz

Die Divergenz zwischen elektrostatischer und elektromagnetischer Wechselwirkung kommt – wie oben diskutiert – durch die zeitliche Abhängigkeit des Verhältnisses vom Quadrat der Elementarladungen zur Feldkonstante zustande. Unter der willkürlichen Annahme einer konstanten Elementarladung  $q_e$  lässt sich diese zeitliche Abhängigkeit durch die Funktion für  $\epsilon_0$  von  $z$  beschreiben (z.B. für heute:  $z = z_{00} = 4.1 \cdot 10^{60}$ ):

$$\epsilon_0 = \ln(z/4\pi) \cdot q_e^2 / (2 \cdot h \cdot c) \quad (57)$$

Analog dazu lässt sich auch die zeitliche Änderung der magnetischen Feldkonstante in Abhängigkeit von  $z$  beschreiben:

$$\mu_0 = 2 \cdot h / [q_e^2 \cdot c \cdot \ln(z/4\pi)] \quad (58)$$

In beiden Gleichungen steckt die Feinstrukturkonstante  $\alpha$ , die als Funktion von  $z$  die Zeitabhängigkeit der beiden Feldkonstanten bedingt.

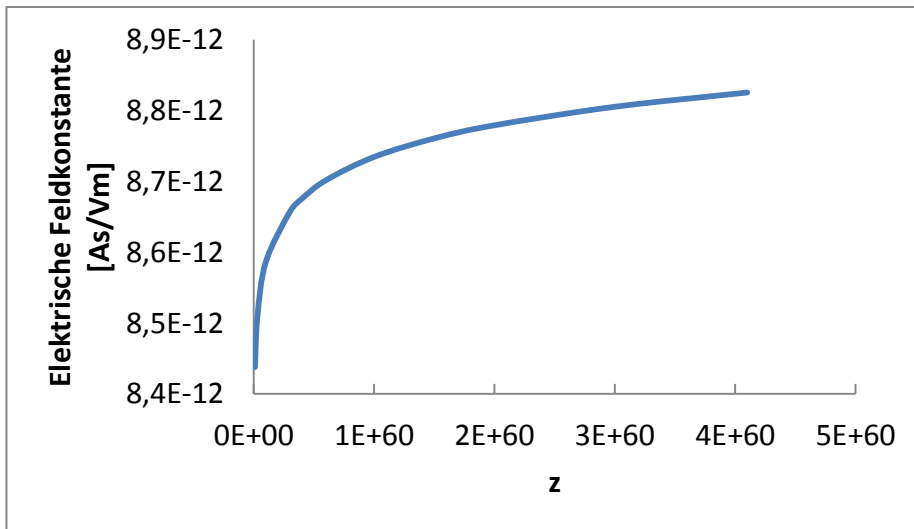


Abb. 5 Entwicklung der Elektrischen Feldkonstante des Vakuums in Abhängigkeit vom Weltalter, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$

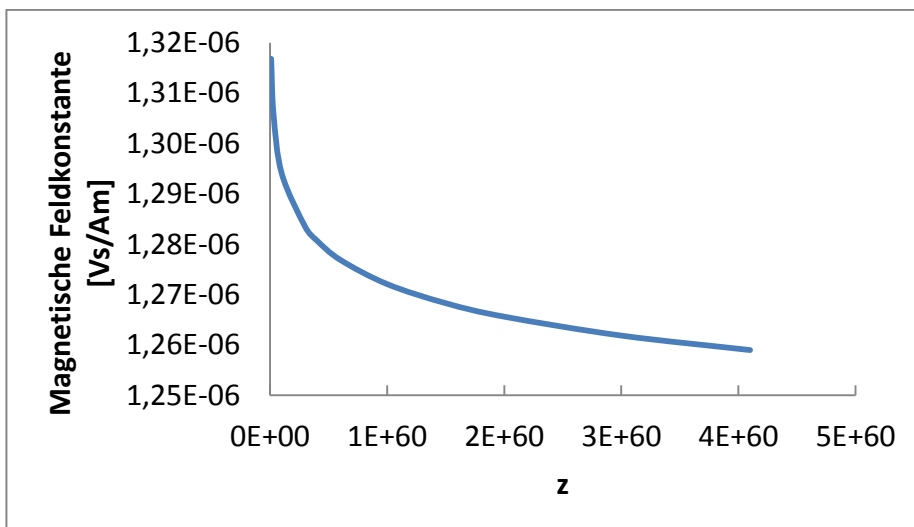


Abb. 6 Entwicklung der Magnetischen Feldkonstante in Abhängigkeit vom Weltalter, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$

### 2.11. Teilchenkonversion

Die Entstehung von ruhemassebehafteten Teilchen im Universum ist nach dem Standardmodell an entsprechend hohe Photonenenergien gebunden und kann deswegen im Wesentlichen nur in einer sehr frühen Phase der kosmischen Evolution stattgefunden haben, in der das Weltall noch hinreichend heiß war und deshalb sehr energiereiche Photonen dominierten. Problematisch ist bei dieser Vorstellung, dass eigentlich Teilchen und Antiteilchen im Verhältnis 1:1 entstanden sein müssten, was im Widerspruch zum beobachteten starken Überwiegen der normalen Teilchen im realen Universum steht. Es ist bis heute nicht klar, wie dieser Symmetriebruch zustande gekommen sein könnte. Die geforderte Asymmetrie kann jedoch auf einen kleinen relativen Wert gedrückt werden, wenn man annimmt, dass die heute beobachteten Photonen der kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung Relikt der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen in einer frühen kosmischen Entwicklungsphase waren, wobei von den ursprünglich gebildeten ca.  $10^{88}$  Teilchenpaaren nur ca.  $10^{79}$  normale Teilchen übrig geblieben sind, so dass die relative Asymmetrie nur etwa  $10^{-9}$  betragen würde. Diese Vorstellungen gehören in eine Kosmologie, in der die Gesamtenergie (einschließlich der Ruhemassen) in einer extrem kurzen frühesten Phase – während der sogenannten kosmischen Inflation – gebildet wurde. Die dabei entstandene Energie und Materie wurde nach dieser Vorstellung in der Folgeentwicklung nur noch im expandierenden Universum verteilt, und gegebenenfalls wurden Teilchen ineinander umgewandelt.

Im Bild eines Universums mit fortwährendem Energie- und Masseeintrag müssen permanent Teilchen gebildet werden, wobei zumindest ruhemasselose Photonen ständig entstehen müssten. Wenn bei zunehmender Größe des Universums und abnehmender Temperatur die mittlere Photonenenergie sinkt, würde nach der traditionellen Vorstellung, nach der relativ ruhemassereiche Teilchen wie Elektronen und Protonen eine extrem niedrige Bildungswahrscheinlichkeit haben, im Wesentlichen nur noch die photonische Gesamtenergie zunehmen, während die Bildung ruhemassebehafteter Teilchen schon in einer sehr frühen Entwicklungsphase weitgehend zum Erliegen gekommen sein sollte. Die Tatsache, dass ein signifikanter Anteil der kosmischen Gesamtenergie im realen Kosmos in Form von ruhemassebehafteten Teilchen vorliegt, spricht dafür, dass es außer der symmetrischen Bildung von Teilchen und Antiteilchen aus energiereichen Photonen noch mindestens einen weiteren Mechanismus der Bildung ruhemassebehafteter Teilchen geben muss, falls die Vorstellung eines Universums zunehmender Gesamtenergie auf den realen Kosmos zutrifft.

Im Rahmen des oben geschilderten Modells, in dem der dreidimensionale Kosmos die Oberfläche eines höher-, z.B. vierdimensionalen Raumes darstellt, liegt automatisch eine Asymmetrie vor. Da nach dem oben Gesagten Teilchen Ausdruck des Raumzustandes sind, erscheint die Vermutung nicht abwegig, dass es auch ohne gleichzeitige Entstehung von Antiteilchen möglich ist, dass ruhemassebehaftete Teilchen aus dem elektromagnetischen Wellenfeld kondensiert werden. Im Folgenden soll der Vorstellung nachgegangen werden, wie die Raumexpansion zunächst zur Entstehung von elektromagnetischer Feldenergie führt.

Ausgangspunkt ist die Vorstellung, dass durch die Expansion des Raumes pro Elementarzeitintervall  $t_p$  gerade die Energiemenge von einer Fundamenteleinheit  $E_p$  im Universum gebildet wird. Wird diese Energie in Form von elektromagnetischer Feldenergie mit Photonen gleicher Frequenz gebildet, so ist dieser Energieeintrag gleichbedeutend mit der Bildung einer bestimmten Anzahl von Photonen  $N$  und einer bestimmten Wellenlänge  $\lambda$ , wobei diese Wellenlänge umso größer ist, je mehr Photonen in dem entsprechenden Zeitintervall entstehen. Die Zahl  $N$  ergibt sich für dieses Zeitintervall einfach aus der Energiebilanz:

$$N = E_p * \lambda / (h * c) \quad (59)$$

Des Weiteren wird angenommen, dass ein geometrischer Zusammenhang zwischen den gebildeten Photonen und der Ausdehnung des Universums besteht. Die Zahl der gebildeten Photonen soll so bemessen sein, dass alle Wellenzüge der Photonen – linear hintereinander gehängt – der kosmischen Ausdehnung, korrigiert durch den Faktor  $1/\alpha$ , entsprechen:

$$\lambda / 2 * N = c * t_p * z / \alpha \quad (60)$$

Für den kleinsten möglichen Wert  $I_p$  für  $\lambda / 2$  müsste  $N$  den Wert  $z$  annehmen. Das führt in der Summe aber auf eine viel zu hohe Gesamtenergie. Würde man eine Halbwelle betrachten, die gerade die gesamte Größe des Universums ausmacht,

$$\lambda / 2 = z * I_p = z * c * t_p, \quad (61)$$

so wäre  $N$  gerade gleich 1. Tatsächlich muss für größere Werte von  $z$  die Zahl der Photonen  $N$  größer werden und die Wellenlänge entsprechend kleiner. Fasst man die beiden ersten Gleichungen zusammen, so lässt sich daraus ein Erwartungswert für die mittlere Wellenlänge der auftretenden elektromagnetische Strahlung ableiten:

$$c * t_p * z / (\alpha * \lambda / 2) = E_p * \lambda / (h * c) \quad (62)$$

$$\lambda^2 = 2 * c^2 * h * t_p * z / (\alpha * E_p) \quad (63)$$

Mit  $E_p = h * c / (2\pi * I_p)$  und  $t_p = I_p / c$  ergibt sich:

$$\lambda^2 = 2 * c^2 * h * (I_p / c) * z / [\alpha * h * c / (2\pi * I_p)] = I_p^2 * 4\pi * z / \alpha \quad (64)$$

und damit die Wellenlänge:

$$\lambda = I_p * \sqrt{4\pi * z / \alpha} \quad (65)$$

Mit dem bereits oben für den realen Kosmos eingeführten Wert von  $z_{00} = 4,1 * 10^{60}$  kann diese Wellenlänge abgeschätzt werden:

$$\lambda \approx 1,4 \text{ mm} \quad (66)$$

Das entspricht einer Photonenenergie  $E_{ph}$  von  $1,4 * 10^{-22}$  J. Dieser Wert ist praktisch identisch mit der im realen Kosmos beobachteten Peak-Wellenlänge der kosmischen Hintergrundstrahlung CMB [13].

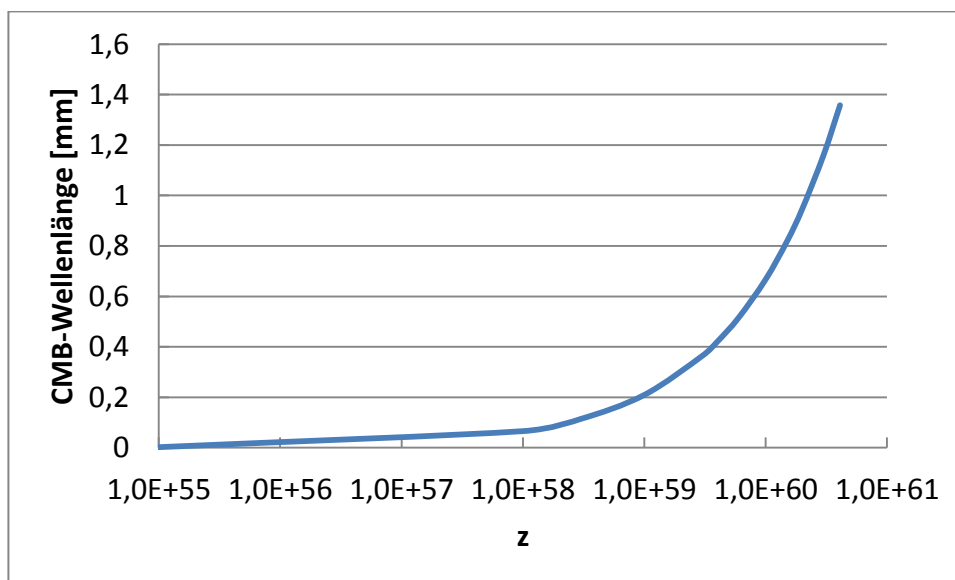


Abb. 7 Entwicklung der Peak-Wellenlänge der Kosmischen Hintergrundstrahlung in Abhängigkeit vom Weltalter, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$  (logarithmische Darstellung)



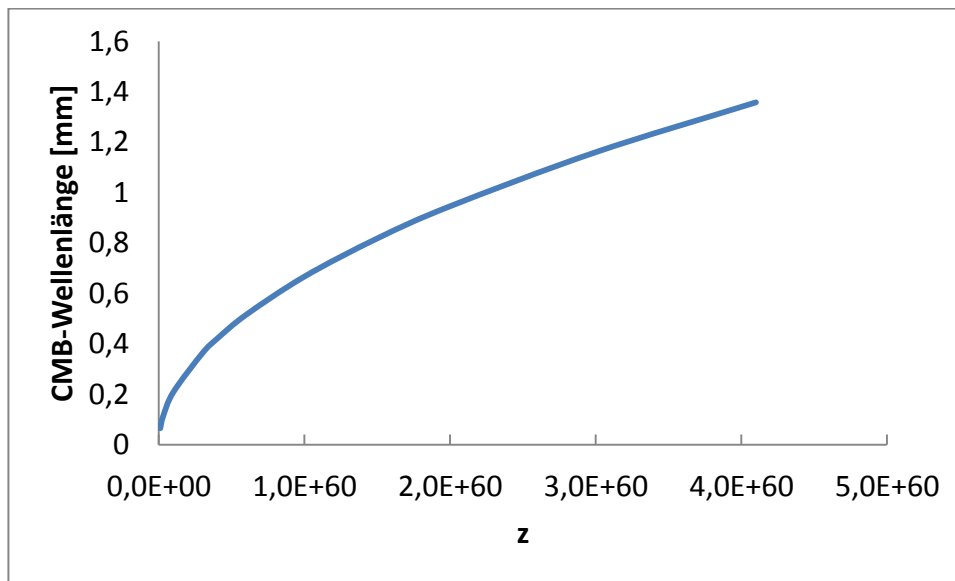


Abb. 8 Entwicklung der Peak-Wellenlänge der Kosmischen Hintergrundstrahlung in Abhängigkeit vom Weltalter, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$  (lineare Darstellung)

Die Quadratwurzelabhängigkeit von  $z$  korreliert auch mit den Energien der postulierten ultraleichten Teilchen. Mit diesem Ergebnis sollte in Betracht gezogen werden, dass die beobachtete Hintergrundstrahlung zumindest nicht ausschließlich als „Relikt des Urknalls“ zu interpretieren ist, sondern zumindest anteilig in einem kosmologischen Energieeintrag ihre Ursache haben könnte. Die CMB entspricht in ihrer spektralen Verteilung sehr genau der Strahlung, die ein schwarzer Körper mit einer Oberflächentemperatur von 2,7 K emittiert. Sie ist sehr gleichmäßig über den gesamten kosmischen Hintergrund verteilt, wobei die relativen Abweichungen weniger als etwa 10 ppm ( $10^{-5}$ ) betragen. Die beobachtete sehr hohe Homogenität der CMB-Strahlung wird gegenwärtig im Standardmodell als ein Indiz für die hohe Homogenität der Verteilung von Materie im frühen Universum gewertet. Sie würde aber auch sehr gut zu einem homogenen kosmologischen Energieeintrag passen.

Im realen Universum wird an Hand von Messungen eine Photonendichte  $\rho_{ph}$  von  $410/\text{cm}^3$  (=  $0,41/\text{mm}^3$ ) ermittelt. Anhand der Photonendichte  $\rho_{ph}$  lässt sich die Gesamtzahl der Photonen im Universum abschätzen, wenn man das Volumen kennt. Es sollte von der Größenordnung  $z^3 * l_p^3$  sein. Eine mögliche bessere Näherung könnte die Berechnung nach dem Modell der 4D-Hyperkugel liefern:

Der Umfang  $U_{k4}$  dieser Hyperkugel mit dem Radius  $R_{k4}$  sollte gleich der in unserer Wahrnehmung linearen Ausdehnung des Universums ( $l_p * z$ ) sein:

$$U_{k4} = 2 * \pi * R_{k4} = l_p * z \quad (67)$$

Dann ergibt sich dieser Radius zu:

$$R_{k4} = l_p * z / (2 * \pi)$$

Die dreidimensionale Oberfläche  $O_{k4}$  der vierdimensionalen Kugel sollte identisch mit dem dreidimensionalen Volumen  $V_k$  unseres Universums sein:

$$V_k = O_{k4} = 2 * \pi^2 * R_{k4}^3 = 2 * \pi^2 * [l_p * z / (2 * \pi)]^3 = l_p^3 * z^3 / (4\pi) = 2,3 * 10^{76} \text{ m}^3 \quad (68)$$

Das führt dann zur Photonengesamtzahl:

$$N_{ph} = \rho_{ph} * V_k = 410 * 10^6 \text{ m}^{-3} * 2,32 * 10^{76} \text{ m}^3 = 9,5 * 10^{84} \quad (69)$$

Unter der Annahme, dass die CBM-Strahlung im Wesentlichen aus dem kosmologischen Energieeintrag herrührt, kann man auch die mittlere Verweildauer der Photonen  $\tau_{ph}$  im Universum abschätzen:

$$\tau_{ph} = N_{ph} * E_{ph} * t_p / E_p = 3,8 * 10^{10} \text{ s} \quad (70)$$

Dieser Wert korreliert mit einer im Mittel zurückgelegten Strecke von  $1,15 \cdot 10^{19}$  m, d.h. ca. 1214 Lichtjahre.

Die Interpretation der CBM-Strahlung als Urknall-Relikt und ihre extreme Homogenität unterstützen die Annahme der Standard-Kosmologie, das Weltall als isotrop und homogen zu betrachten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Kosmos erst ungefähr 300 000 Jahre nach Beginn der kosmischen Expansion für elektromagnetische Strahlung durchlässig wurde. Da alle astrophysikalische Beobachtung – von der noch ganz in den Kinderschuhen steckenden Gravitationswellenastronomie einmal abgesehen – auf elektromagnetischer Strahlung beruht, gibt es keine direkte Information aus der Zeit vor diesem Aufklaren des frühen Himmels. Die heutigen Strukturen in der Verteilung von sichtbarer und dunkler Materie haben sich – dem Standardmodell zu Folge – nach dem Einstellen der kosmischen Transparenz entwickelt. Das Ergebnis ist ein hochgradig strukturierter Kosmos, dessen charakteristische Längenskalen einen hierarchischen Aufbau von den Elementarteilchen über Staubpartikel und Gesteinsbrocken, Kleinplaneten, Monde, Planeten, Sterne und Galaxien bis hin zu Galaxienhaufen und riesigen Materieaggregationen und leeren Blasen mit Abmessungen von nur rund ein bis zwei Größenordnungen unterhalb der Gesamtabmessungen des Universums widerspiegeln. Deswegen kann heute von Homogenität und Isotropie im Aufbau des Universums keine Rede sein.

Fraglich ist, ob innerhalb der ersten Sekundenbruchteile bis ersten Jahrzehntausende bereits eine signifikante Strukturbildung eingesetzt hat. Nach dem Standardmodell mit seiner extrem hohen anfänglichen Materiedichte und den damaligen hohen Temperaturen ist eine frühe Strukturierung eher unwahrscheinlich.

In einem Universum allmählich zunehmender Energie bzw. Masse ist jedoch von Anfang an mehr Spielraum für innere Strukturen, auch wenn in einem solchen Universum die Materiedichte in jedem früheren Stadium höher war als in späteren. In der frühen Phase sollten sich vor allem schwere Teilchen gebildet haben, die stark lokalisiert sind und deshalb auch stark zur Entstehung von Inhomogenitäten in der Massen- und Energieverteilung beigetragen haben können.

Doch wie könnte in einem bereits weit expandierten Kosmos – so wie unter den heutigen Bedingungen des realen Universums – die Entstehung von ruhemassebehafteten Teilchen von statten gehen? Dazu sind nur einige spekulative Überlegungen möglich: Wegen der Korrespondenz zwischen der Quadratwurzelabhängigkeit sowohl der Photonenenergie als auch der Masse der postulierten ultraleichten Teilchen von  $z$  erscheint es naheliegend, dass der Weg über die Bildung der ultraleichten Teilchen den Hauptkanal für die Überführung von elektromagnetischer Energie in ruhemassebehaftete Teilchen darstellt. Eine solche Vermutung wird auch durch die Tatsache gestützt, dass die mittlere Neutrinodichte im Universum offensichtlich etwa von der gleichen Größenordnung wie die Dichte der Photonen der Hintergrundstrahlung ist.

Ultraleichte Teilchen sind zu leicht und zu ausgedehnt, um durch Aggregation untereinander so schwere Objekte zu bilden, dass diese unter ihrer eigenen Gravitationswirkung kollabieren können. Dagegen würde aber die Materiedichte von Neutronensternen genügen, um ultraleichte Teilchen gravitativ zu binden. Auf diese Weise könnten Neutronensterne große Mengen ultraleichter Teilchen aus ihrer Umgebung absaugen und dadurch ihre Masse vergrößern. Durch Kollisionen mit anderen sehr kompakten Himmelskörpern und folgende explosionsartige Ausbrüche könnte ein Teil der vorher angelagerten Massen der ultraleichten Teilchen in Form anderer kompakterer Teilchen wie z.B. Protonen an die Umgebung abgegeben werden. Noch viel besser als Neutronensterne sollten Aggregate superschwerer Teilchen in der Lage sein, durch ihre Gravitation ultraleichte Teilchen aus der Umgebung aufzusaugen. Dazu würden schon kompakte Partikelaggregate aus superschweren Elementarteilchen in der Lage sein, die bei einer Masse von ca.  $10^{15}$  Tonnen nur knapp einen Mikrometer Durchmesser hätten.

## 2.12. Der kosmische Wellenteppich

Vor allem durch hochgenaue Satelliten-gestützte Vermessungen des gesamten kosmischen Hintergrundes ist bekannt, dass die Hintergrundstrahlung – zumindest soweit man das vom Standort der Erde aus beurteilen kann – sehr homogen ist. Mit der Wellenlänge der Hintergrundstrahlung, dem oben abgeschätzten kosmischen Volumen ( $V_k = 2,3 \cdot 10^{76} \text{ m}^3$ ) und der Photonendichte der kosmischen Hintergrundstrahlung ( $\rho_{\text{ph}} = 0,41 \text{ mm}^{-3}$ ) kann man damit ein Bild der kosmischen Raumerfüllung durch diese Strahlung entwerfen:

Der Einfachheit halber wird hier das Raumerfüllungsvolumen für ein einzelnes Photon  $V_{\text{ph}}$  als Kubik der mittleren Wellenlänge angesetzt:

$$V_{\text{ph}} = \lambda^3 = (1.4 \text{ mm})^3 = 2,74 \text{ mm}^3 \quad (71)$$

Im Rahmen der Genauigkeit einer Abschätzung bedeutet dieses Volumen, dass das Universum nicht nur gleichmäßig, sondern vor allem auch dicht mit den Photonen der Hintergrundstrahlung ausgefüllt ist.

Wie lässt sich solch ein Wellenteppich interpretieren? Die Schwarzkörperstrahlung, der er entspricht, ist eine Verteilung vieler Wellenlängen in der Umgebung der mittleren Wellenlänge. Der kosmische Mikrowellenhintergrund ist eine fluktuierende Mischung von Photonen mit einer relativ breiten Energieverteilung, die aber im Mittel der Hintergrundtemperatur von 2,7 K entspricht. Es scheint so, dass sich auf dem langen Weg durch den Kosmos diese Photonen ineinander umwandeln können. Was wir vorfinden ist offensichtlich der dicht geknüpfte Teppich im Gleichgewichtszustand dieser Umwandlungen. Wird diesem Wellenteppich Energie zugeführt, so steigt die Temperatur an, die mittlere Wellenlänge wird kleiner. Die kosmische Expansion dehnt alle Wellenlängen, was gleichbedeutend mit einer Absenkung der Temperatur ist.

Koppeln auch andere Photonen mit diesem Wellenteppich? Normalerweise wird davon ausgegangen, dass der Energieverlust zwischen Sender und Empfänger beim Weg von elektromagnetischen Quanten (Photonen) durch das Vakuum des Weltalls nur von den geometrischen Verhältnissen abhängig ist. Diese sogenannte Freiraumdämpfung wächst mit der Entfernung, weil die Raumwinkel von Sender und Antenne zueinander kleiner werden. Würden jedoch diese Quanten mit gewisser Wahrscheinlichkeit mit Materie in Wechselwirkung treten oder mit anderen Photonen Energie austauschen, so wäre eine Veränderung dieser Freiraumdämpfung zu erwarten. Für kürzere kosmische Entfernungen kann eine spürbare zusätzliche Freiraumdämpfung weitgehend ausgeschlossen werden. Dagegen könnten unerwartet niedrige Leistungen entfernter kosmischer Objekte, wie es z.B. im Falle von weit entfernten Supernova Ia-Ausbrüchen bekannt ist, zumindest teilweise ihre Ursache in einem Beitrag durch eine solche zusätzliche elektromagnetische Freiraumdämpfung haben.

## 2.13. Kosmologische Rotverschiebung und das Alter des Universums

Die Entdeckung der größer werdenden Verschiebung charakteristischer Spektrallinien in den langwelligen Bereich mit zunehmendem Abstand der kosmischen Objekte von uns war die Geburtsstunde der Idee von einem expandierenden Universum. Die Extrapolation dieser Vorstellung in den Anfangspunkt zurück führte zur Idee des explosionsartigen Beginns der kosmischen Entwicklung, zum Urknall.

Als Maß für die Rotverschiebung  $Z$  wird ein Skalenparameter  $a$  abgeleitet, der das Verhältnis von erwarteter ( $\lambda_0$ ) und beobachteter Wellenlänge ( $\lambda_{\text{obs}}$ ) wiedergibt und der mit  $Z$  in einem einfachen Zusammenhang steht:

$$a = \lambda_0 / \lambda_{\text{obs}} = 1 / (1+Z) \quad (72)$$

Aus den spektralen Messungen an weit entfernten Objekten lässt sich heute ein allgemeiner kosmologischer Parameter für dieses Expansionsgeschehen ableiten, der nach dem Entdecker der Expansion als „Hubble-Konstante“  $H_0$  [14] bezeichnet wird und nach dem Standardmodell mit einem Wert von

$$H_0 = 72 (+/-2) \text{ km/(sMpc)} = 7,3 \cdot 10^{-11} \text{ /Jahr} \quad (73)$$

angegeben wird. Der Reziprokwert dieser Konstante kann als „Hubble-Weltalter“  $t_h$  interpretiert werden, wenn man eine gleichmäßige Expansion annimmt:

$$t_h = 13,8 * 10^9 \text{ Jahre} \quad (74)$$

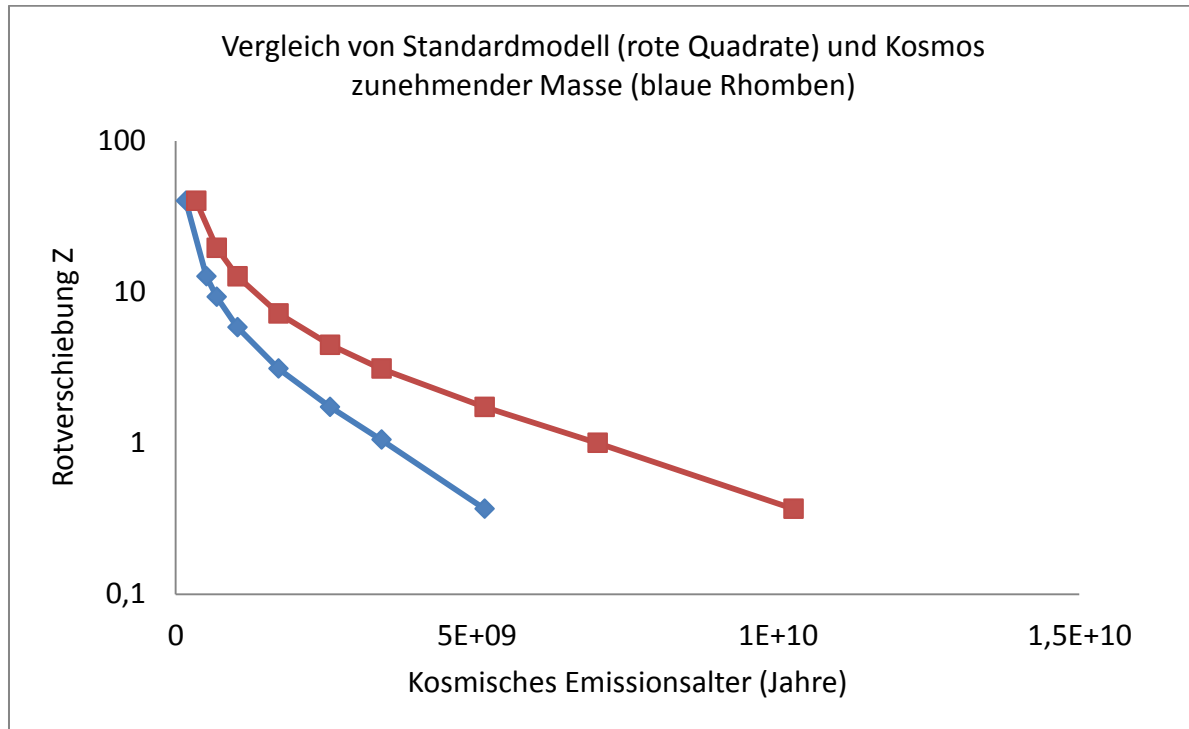


Abb. 9 Kosmologische Rotverschiebung in Abhängigkeit vom Alter der Strahlungsquellen, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$  (oben, Quadrate: Standard-Kosmos; unten, Rhomben: Kosmos zunehmender Masse)

Der Wert für die Hubble-Konstante war während der vergangenen Jahrzehnte immer weiter nach unten korrigiert worden. Diese Veränderung hatte zum einen mit der allgemeinen Zunahme der Genauigkeit und Zahl der Messverfahren zu tun, zum anderen erlaubten die modernen Methoden durch die Erfassung immer größerer Raumtiefe eine Verbesserung der Bestimmung. Diese Abwärtskorrektur für  $H_0$  bedeutete eine Verschiebung des rechnerischen Weltalters zu immer größeren Werten. Die Verbesserung der Bestimmung und Korrektur der linearen Hubble-Konstante stößt jedoch ab einer Rotverschiebung  $Z$  von etwa 0,08, was etwa einer Entfernung von 1 Gigalichtjahr ( $10^9$  Lichtjahre) entspricht, an eine Grenze. Genaue Messungen zeigen, dass oberhalb dieser Entfernung mit zunehmendem Abstand eine immer größere Abweichung zwischen Mess- und Erwartungswerten auftritt. Insbesondere die eigentlich als zuverlässige astronomische Standardkerzen sehr bewährten Intensitäten bei Supernova-Ausbrüchen des Typs Ia zeigen mit zunehmender Entfernung von uns, d.h. zunehmend längerer Lichtlaufzeit, eine immer deutlichere Verminderung der gemessenen Helligkeiten gegenüber den aus der Rotverschiebung zu erwartenden Strahlungsintensitäten. Diese Diskrepanz wird vor allem in der Gegend von  $Z=0,5$ , d.h. bei einem Skalenfaktor von 0,67 und darüber erheblich. Die heute im Rahmen des Standardmodells favorisierte Interpretation beschreibt die relativ zur Rotverschiebung zu geringen gemessenen Strahlungsleistungen durch einen unerwartet hohen Abstand im Vergleich zu näher gelegenen Objekten. Diese Interpretation bedeutet, dass sich das Licht von diesen Objekten während der langen Laufzeit aus den entfernteren Gegenden des Universums relativ zu ihrer Intensität schwächer rotverschoben hat, der Raum also in früheren Zeiten weniger stark gedehnt worden ist. Der Umkehrschluss bedeutet, dass sich das Expansionstempo des Universums ändert und sich der Raum in der etwas jüngeren kosmischen Entwicklung schneller ausdehnt [15].

Die Überlegungen auf der Basis des Standardmodells gehen von konstanten Werten für die Feinstrukturkonstante  $\alpha$  und die Ruhemassen der Elementarteilchen aus. Wenn man jedoch die oben postulierten zeitlichen Änderungen dieser Konstanten in Betracht zieht, so verschieben sich die Erwartungswerte der Spektrallinien. Diese Verschiebung erfolgt in hypsochrome, d.h. kurzwellige Richtung, d.h. die in den Z-Werten beobachtete kosmologische Rotverschiebung wird gedämpft. Ursache dafür ist die Abhängigkeit der den Elektronenspektren zu Grunde liegenden Rydbergkonstante  $R_{00}$ , die proportional zur Frequenz der Photonen ist, von der Elektronenmasse  $m_e$  und  $\alpha$ :

$$R_{00} = \alpha^2 * m_{e1} * c / (2 * h) \quad (75)$$

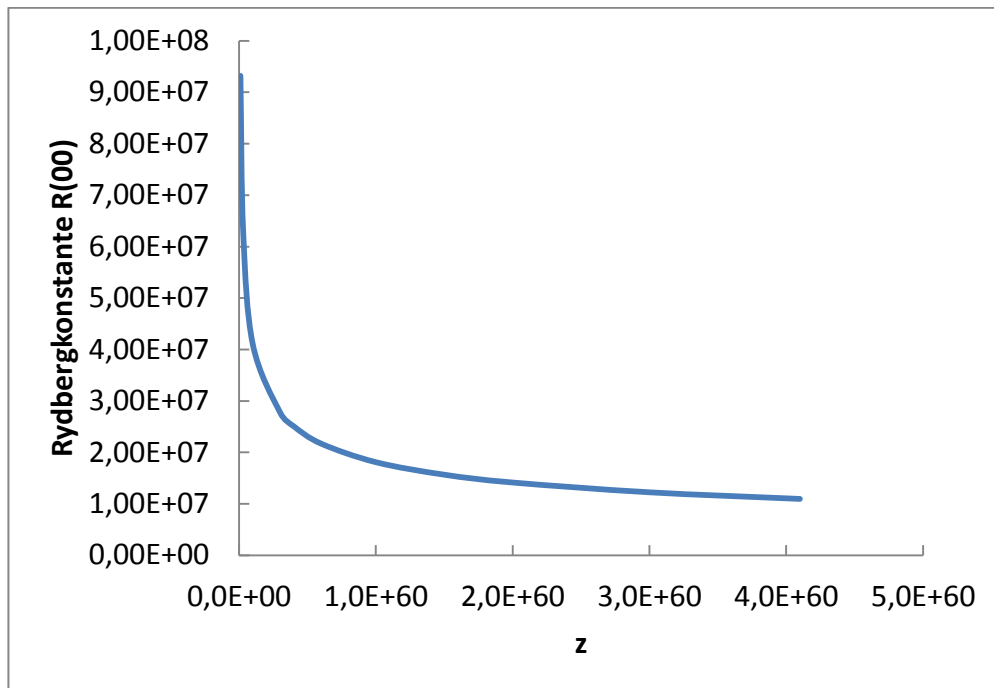


Abb. 10 Die Rydbergkonstante [1/m] in Abhängigkeit vom Alter der Strahlungsquellen, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle z

Wenn sich diese, wie oben formuliert, ändern, so wird die Rydbergkonstante zu einer Funktion des Weltalters, das in den Elementarschritten z ausgedrückt werden kann:

$$R_{00} \sim \alpha^3 * z^{(-1/3)} \quad (76)$$

Die Konsequenz ist eine im Vergleich zum Erwartungswert nach dem Standardmodell höhere Frequenz der emittierten Photonen zum Zeitpunkt der Emission und damit eine größere tatsächliche Rotverschiebung, d.h. einer dann zu höheren Werten korrigierten Hubble-Konstante  $H_{00}$ , was gleichbedeutend mit einem geringeren Weltalter ist. Der für die oben gemachten Abschätzungen benutzte Zahlenwert für die Elementarzeitintervalle bis heute  $z_{00}$  von  $4,1 * 10^{60}$  ist mit einer etwas höheren, korrigierten Hubblekonstante und einem gegenüber dem Standardmodell etwas reduzierten Weltalter  $t_k$  von ca. 7 Milliarden Jahren kompatibel:

$$t_k = t_p * z_{00} = 2,21 * 10^{17} \text{ s} \approx 7 \text{ Ga} \quad (77)$$

Mit einem abgeschätzten Alter von ca. 5 Milliarden Jahren gehörten die Sonne und auch die nur wenig jüngere Erde sowie die anderen Planeten unseres Sonnensystems mit zu den älteren kosmischen Objekten. Auch die Zeitdauer der Entwicklung des Lebens auf der Erde macht einen wesentlichen Teil des kosmischen Gesamtalters aus.

### 2.14. Scheinbare Abweichung der Intensität von Supernovae Ia bei großen Rotverschiebungen

Im „Supernova Cosmology Project“ wurde gefunden, dass bei Rotverschiebungen von  $Z = 1$  ( $a=0,5$ ) die Supernovae im Mittel etwa um eine Magnitude schwächer strahlen, als es nach ihrer Rotverschiebung zu erwarten gewesen wäre. Dieser Befund wird im Rahmen des Standardmodells als beschleunigte Expansion des Weltalls gedeutet [15, 16]. Da eine Stufe der astronomischen Magnitude etwa einem Faktor von 2,5 entspricht, bedeutet diese Abweichung eine erhebliche Helligkeitsdifferenz. Die postulierte beschleunigte Expansion geht mit der willkürlichen Einführung eines kosmologischen Parameters einher, für den es keine überzeugende theoretische Begründung gibt. Wie könnte eine solche Abweichung noch zustande kommen?

Der scheinbare Skalenfaktor von 0,5 bedeutet, dass die Wellenlänge der ankommenden Strahlung relativ zu der nach dem Standardmodell erwarteten Emission um den Faktor 2 gestreckt wird. Dieser Faktor wird im Falle einer Proportionalität der Elektronenmasse zu  $z^{(-1/3)}$  auf einen Wert von ungefähr 0,63 angehoben, was gleichbedeutend mit einer Verminderung der Rotverschiebung um ca. 25 % ist. Der beobachtete scheinbare Skalenfaktor von 0,5 kommt nur zustande, wenn der tatsächliche Skalenfaktor etwa 0,4 beträgt, was eine entsprechend größere Entfernung bedeutet.

Bei einer zeitlichen Änderung der Elementarteilchenmassen ändern sich jedoch auch die Bedingungen für den Gravitationskollaps, der Ursache für die Supernova-Ia-Explosion ist (Chandrasekhar-Grenze). Die kritische Masse ist – wie schon 1929 durch W. Anderson formuliert [17] wurde – abhängig von der Teilchengröße und -masse  $m_0$ :

$$M_{\text{crit}} \sim m_0^{(-3/2)} \quad (78)$$

Die bei der Sternexplosion freigesetzte Energie  $E_{\text{crit}}$  kann man näherungsweise durch das Gravitationsgesetz für die kritische Masse und den finalen Radius des gebildeten kompakten Objektes (Neutronenstern oder Schwarzes Loch)  $R$  abschätzen, wobei in dieser einfachen Formulierung die Gravitationsenergie des Ausgangsstadiums vernachlässigt wird:

$$E_{\text{crit}} = G * M_{\text{crit}}^2 / R \quad (79)$$

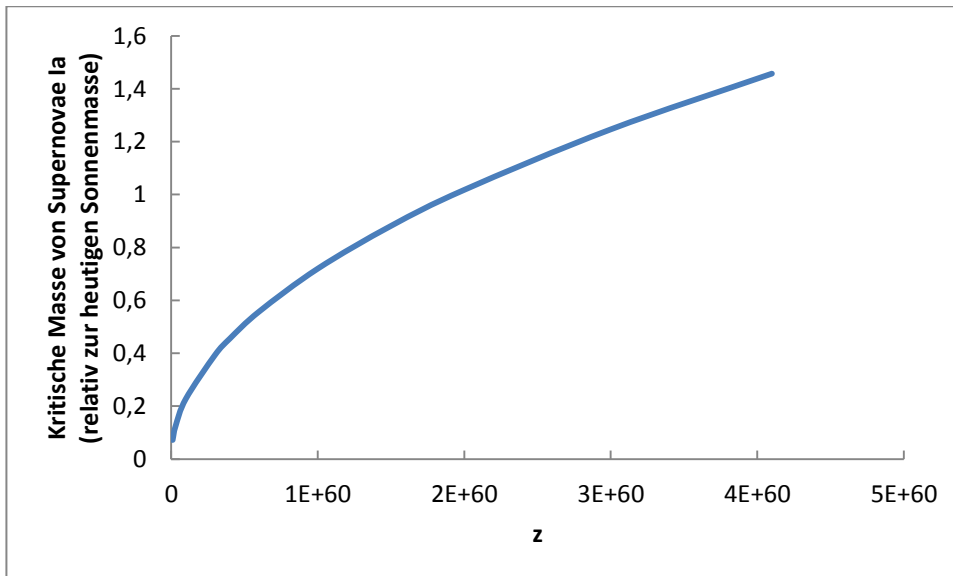


Abb. 11 Die kritische Masse von Supernovae Ia in Abhängigkeit vom Alter der Strahlungsquellen, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$

Da der Radius nur mit der dritten Wurzel der Teilchenzahl wächst und auch der Comptondurchmesser der einen Neutronenstern bildenden Neutronen nach den obigen Annahmen nur mit der Kubikwurzel wächst, kann – zumindest für nicht allzu große Rotverschiebungen – der finale Radius in der

Abschätzung grob genähert als konstant betrachtet werden. Dagegen ergibt sich für den Einfluss der Massenänderung ein deutlicher Einfluss des Weltalters zum Zeitpunkt des Supernova-Ausbruchs  $z_{SN}$ , wenn man eine  $z^{(-1/3)}$ -Abhängigkeit der Teilchenmassen berücksichtigt:

$$E_{crit} = G * M_{crit}^2 / R \sim [m_0^{(-3/2)}]^2 \sim z_{SN} \quad (80)$$

Die Größe  $z_{SN}$  steht dabei für die Zahl der elementaren Zeitintervalle, die seit dem Beginn der kosmischen Expansion bis zum Supernova-Ausbruch vergangen sind. Wenn diese gerade die Hälfte der Zeitintervalle bis heute beträgt ( $z_{SN} = 0,5 z_{00}$ ), dann sollte auch die freigesetzte Energie nur etwa gerade halb so groß sein, als wenn die Supernova heute explodieren würde. Diese deutlich reduzierte Energie mit einem Effekt um den Faktor von ca. 0,5 und die spektrale Korrektur um den Faktor von ca. 0,8 führen gerade zu einer Abweichung der erwarteten von der gemessenen Magnitude im Verhältnis von 1 zu 0,4, d.h. zu einem Faktor von 2,5. Diese zahlenmäßige Betrachtung macht deutlich, dass in unserem realen Universum keine beschleunigte Expansion angenommen zu werden braucht, wenn man eine zeitliche Änderung der Elementarteilchenmassen zulässt.

### 2.15. Evolution der atomaren Wechselwirkungen und der Molekülspektren

Die Wechselwirkungen zwischen Atomen sind sowohl für die Chemie auf der Erde als auch für die Analyse von IR-Daten aus dem Kosmos von zentraler Bedeutung. Die Infrarotspektroskopie und damit auch die Infrarotastronomie liefern uns Informationen über die Resonanzen dieser Strahlung mit molekularen Energieübergängen, die mit den innermolekularen Bewegungen im Zusammenhang stehen.

Die Resonanzenergien der Schwingungsspektren werden von den Kraftkonstanten der Bindungen  $k$  und den beteiligten Atommassen bestimmt. Für ein zweiatomiges System entsprechen sie annähernd einem mechanischen Federschwinger und können durch die reduzierte Masse  $\mu$ , bzw. die zwei Einzelmassen beschrieben werden:

$$E_{osz} = h * \nu = h * \sqrt{k/\mu}; \quad \text{mit } \mu = (m_1 * m_2) / (m_1 + m_2) \quad (81)$$

Die Kraftkonstante kann in erster Näherung als Funktion der elektrischen Feldkonstante betrachtet werden und ist daher nur von der zeitlichen Änderung des Alterungsparameters, der FSK ( $\alpha$ ), abhängig:

$$k \sim 1/\epsilon_{00} \sim \alpha \quad (82)$$

Die reduzierte Masse wird von den Massen der Atomkerne, d.h. den Massen der Nukleonen dominiert, für deren Zeitabhängigkeit die Kubikwurzelfunktion des Weltalters in Form von  $z$  angenommen wurde:

$$\mu \sim z^{(-1/3)} \quad (83)$$

Daraus ergibt sich eine zeitliche Gesamtabhängigkeit für die Resonanzenergie  $E$  von der kosmischen Alterung:

$$E_{osz} \sim \alpha^{(1/2)} * z^{(1/6)} \quad (84)$$

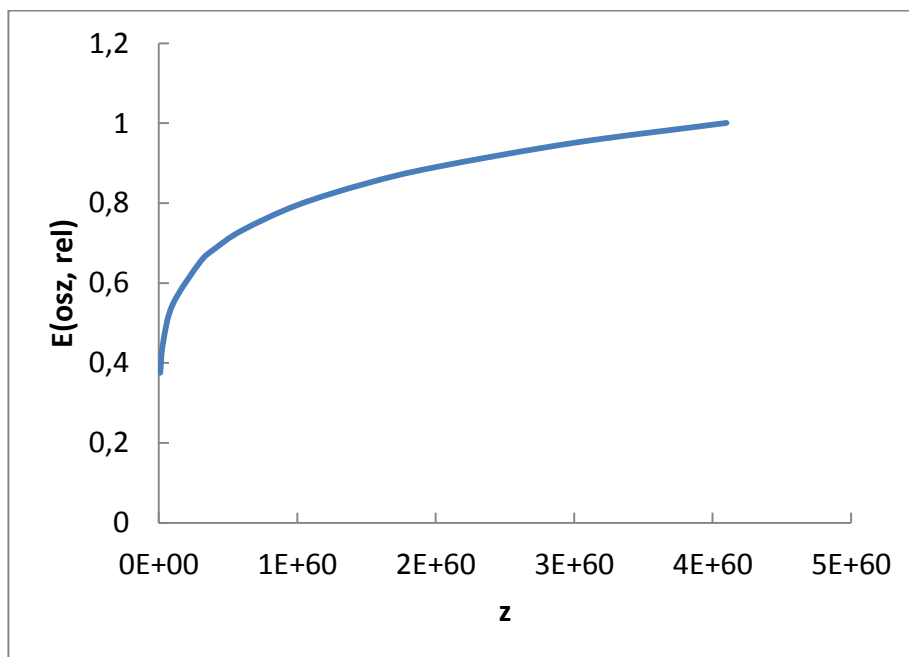


Abb. 12 Resonanzenergien der Molekülschwingungen in Abhängigkeit vom Alter der Strahlungsquellen, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$

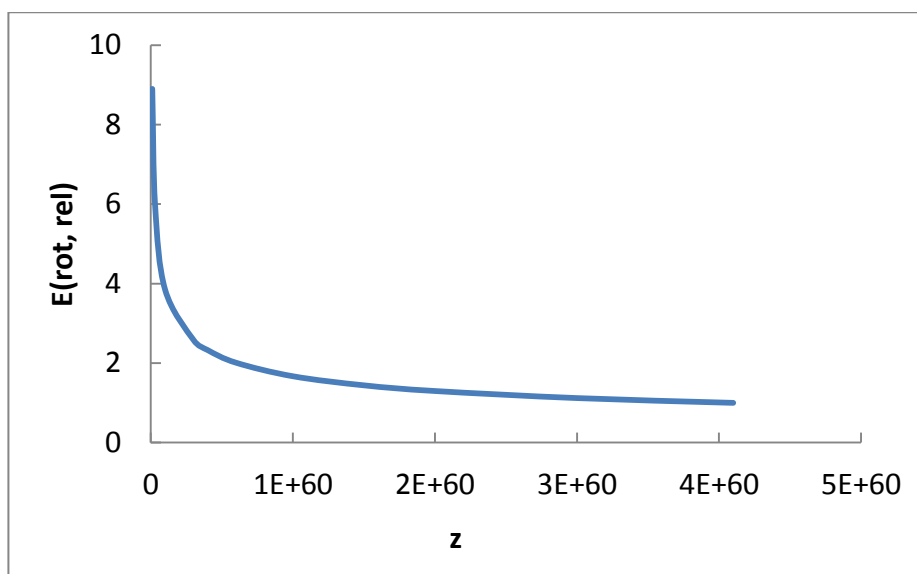


Abb. 13 Resonanzenergien der Molekülrotationen in Abhängigkeit vom Alter der Strahlungsquellen, ausgedrückt durch die Zahl der Elementarzeitintervalle  $z$

Die Resonanzenergien der Rotation  $E_{\text{rot}}$  sind indirekt proportional zu den beteiligten Atommassen und dem Quadrat der linearen Ausdehnung des Rotators  $r_{\text{rot}}$ , d.h. dem Abstand der Massenschwerpunkte von der Rotationsachse:

$$E_{\text{rot}} \sim 1/(m * r_{\text{rot}}^2) \sim z^{(1/3)} * r_{\text{rot}}^{(-2)} \quad (85)$$

Die Geometriegröße  $r_{\text{rot}}$  wird durch die Bindungslängen, d.h. durch die Bindungsstärke und die Größe der Molekülorbitale bestimmt. Ihre zeitliche Veränderung kann näherungsweise durch die zeitliche Änderung der Rydbergkonstante beschrieben werden:



$$r_{\text{rot}} \sim 1/R_{00} \sim z^{(1/3)} * \alpha^{(-2)} \quad (86)$$

Dadurch ergibt sich für die zeitliche Abhängigkeit der Rotationsenergie näherungsweise folgender Zusammenhang:

$$E_{\text{rot}} \sim z^{(1/3)} * (z^{(1/3)} * \alpha^{-2})^{-2} = z^{(-1/3)} * \alpha^4 \quad (87)$$

### 3. Epilog

Die Diskussion zu einem möglichen Szenario für ein Universum, das sich durch einen fortlaufenden gleichzeitigen Zuwachs von Raum und Energie entwickelt, kann keinen Beweis dafür erbringen, dass solch ein Universum tatsächlich existiert. Prüfstein für Spekulationen und Hypothesen kann nur das Experiment und – wo dieses angesichts unmenschlicher Zeiten und Weiten unmöglich wird – nur die Beobachtung der Natur sein. Letztlich werden auch kosmologische Erkenntnisse erst dann zur praktischen Gewissheit, wenn sie in Synthesen einfließen, in technischen Lösungen genutzt werden.

Die im zweiten Teil aufgeführten Gleichungen und Zahlen sollen eine Vorstellung davon vermitteln, an welchen Stellen das entworfene Szenario näherungsweise auf den von uns beobachteten Kosmos passen könnte. Diese Betrachtungen ersetzen keine geschlossene Theorie und bergen gewiss Widersprüche zu bewährten Theorien und Beobachtungen. Sie sollen aber Anlass geben, um über Unzulänglichkeiten im heutigen physikalischen Weltbild nachzudenken, unsere reale Welt aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten und auch real gemessenen Größen die Einbindung in alternative Zusammenhänge zuzumuten.

### Referenzen

- [1] Fahr, H.-J.: Universum ohne Urknall (Heidelberg 1995)
- [2] Alfonso-Faus, A.: Zel'dovich and Weinberg's relation: an explanation for the cosmological coincidences. *Astrophys. Space Sci.* 318, 117-123 (2008)
- [3] Freyling, D.: Elementarkörpertheorie, <http://www.kinkynature.com/ektheorie/indexframe.htm>
- [4] Greulich, K.O.: Woher haben die Teilchen ihre Masse? [http://www.focus.de/wissen/weltraum/odenwalds\\_universum/tid-24781/physikalische-theorie-woher-haben-die-teilchen-ihre-masse\\_aid\\_702399.html](http://www.focus.de/wissen/weltraum/odenwalds_universum/tid-24781/physikalische-theorie-woher-haben-die-teilchen-ihre-masse_aid_702399.html)
- [5] Köhler, J.M.: Masse und Energie im Universum – Diskussion eines alternativen Ansatzes, *Sitzungsber. Leibniz-Societät* 78/79, 259-276 (2005)
- [6] Webb, J.K., Flambaum, V.V., Churchill, C.W., Drinkwater, M.J., Barrow, J.D.: Search for time variation of the fine-structure constant. *Phys. Rev. Lett.* 82, 884 (1999)
- [7] Carvalho, J.C.: Time variation of cosmic and quantum masses in Dirac's cosmology. *Astrophys. Space Sci.* 306, 5-9 (2006)
- [8] Bekenstein, J.D.: Fine-structure constant variability, equivalency principle, and cosmology. *Phys. Rev. D* 66, 123514 (2002)
- [9] Camara, C.S., Carvalho, J.C., DeGarcia M.M.R.: Nonlinearity of electrodynamics as a source of matter creation in a flat FRW cosmology. *Int. J. Mod. Phys. D* 16, 427-432 (2007)
- [10] Chamoun, N., Landau, S.J., Vucetich, H.: Bekensteins model and time variation of the strong coupling constant. *Phys. Lett. B* 504, 1-5 (2001)

- [11] Fritzsche, H.: Fundamental constants and their time variation. Progress Part. Nucl. Phys. 66, 193-196 (2011)
- [12] Dirac, P.A.M.: A new basis for cosmology, Proc. Royal Soc. London A165, 199-208 (1938)
- [13] <https://de.wikipedia.org/wiki/Hintergrundstrahlung>
- [14] <https://de.wikipedia.org/wiki/Hubble-Konstante>
- [15] Perlmutter, S. et al.: Discovery of a supernova explosion at half age of the universe, Nature 391 (1998), 51-54
- [16] Perlmutter, S., Turner, M.S., White, M.: Constraining dark energy with type Ia supernovae and large scale structure, Phys. Rev. Lett. 83 (1999), 670-673
- [17] Anderson, W.: Über die Grenzdichte der Materie und der Energie. In: Zeitschrift für Physik 56, 1929, S. 851–856

## Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole

$A_p$	fundamentale Fläche, Planckfläche
$a$	Skalenparameter der kosmischen Expansion
$a_p$	fundamentale Beschleunigung, Planck-Beschleunigung
$B_p$	Basisgröße der Magnetflussdichte
$B_{p0}$	angenommener Anfangswert der Magnetflussdichte (magnetische „Ur-Flussdichte“)
CMB	cosmic microwave background (kosmische Hintergrundstrahlung)
$C_p$	fundamentale elektrische Kapazität
$c$	fundamentale Geschwindigkeit, Lichtgeschwindigkeit
$E_c$	charakteristische Energie von Elementarteilchen
$E_{elstat}$	elektrostatische Energie
$E_k$	kosmische Gesamtenergie
$E_{osz}$	Resonanzenergie einer Moleküloszillation
$E_{rot}$	Resonanzenergie einer Molekülrotation
$E_p$	fundamentale Energie, Planck-Energie
$F_p$	fundamentale Kraft, Planck-Kraft
FSK	Feinstrukturkonstante
$G$	Gravitationskonstante
$H_0$	Hubble-Konstante
$H_p$	fundamentale Magnetfeldstärke
$h$	Plancksches Wirkungsquantum
$h_k$	kosmische Gesamtwirkung
$\hbar$	reduziertes Plancksches Wirkungsquantum („h quer“)
$I_p$	fundamentaler Strom
$i_p$	fundamentale Stromdichte

$K_j$	Kryoelektronische Konstante („Josephson-Konstante“)
$K$	Kraftkonstante
$l_c$	charakteristische Länge von Elementarteilchen
$l_p$	fundamentale Länge, Plancklänge
$M_{\text{crit}}$	kritische Masse
$m$	Masse
$m_0$	Teilchenmasse
$m_{\text{el}}$	Elektronenmasse
$m_p$	fundamentale Masse (Planck-Masse)
$m_{\text{pr}}$	Protonenmasse
$N$	Anzahl von Intervallen oder Objekten
$N_{\text{ph}}$	Gesamtzahl von Photonen
$n$	Anzahl von Intervallen oder Objekten, Anzahl von Elementarladungen
$O_{k4}$	Oberfläche eines angenommenen vierdimensionalen Universums
$P$	fundamentales Energie-Länge-Produkt („Energie-Polarität“)
$P_k$	kosmisches Energie-Länge-Produkt („kosmische Energie-Polarität“)
$P_{\text{ph}}$	aktuelle Energieverlustleistung (von Teilchen)
$p_k$	kosmischer Druck
$p_p$	fundamentaler Druck, Planck-Druck
$Q_{\text{dp}}$	fundamentale elektrische Raumladungsdichte
$q$	Ladung
$q_e$	Elementarladung
$R$	Radius
$R_{00}$	Rydberg-Konstante
$R_k$	fundamentaler elektrischer Widerstand („Klitzing-Konstante“)
$R_{k4}$	Radius eines angenommenen vierdimensionalen Universums
$r$	Abstand
$r_{\text{rot}}$	lineare Ausdehnung eines starren Rotators (Massenpunktachsenabstand)
$t_h$	Hubble-Weltalter
$t_p$	fundamentale Zeit, Planckzeit
$U_{k4}$	Umfang eines angenommenen vierdimensionalen Universums
$U_p$	fundamentales Potential
$V_k$	kosmisches Volumen
$V_p$	fundamentales Volumen, Planckvolumen
WIMP	„weakly interacting massive particle“
$Z$	Rotverschiebung
$z$	Elementarzeitintervalle (Zahl der vom Beginn der kosmischen Evolution bis zu einem bestimmten Zeitpunkt vergangenen Intervalle der Fundamentalzeit)
$z_{00}$	angenommene Elementarzeitintervalle im realen Universum bis heute

$z_{\text{SN}}$	angenommene Elementarzeitintervalle im realen Universum beim Ausbruch einer Supernova
$\alpha$	kosmischer Alterungsparameter, Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante (FSK)
$\epsilon_0$	elektrische Feldkonstante des Vakuums (absolute Dielektrizitätskonstante)
$\epsilon_{00}$	angenommener Anfangswert der elektrischen Feldkonstante
$\Phi_0$	magnetisches Flussquant
$\Lambda_p$	fundamentale Leitfähigkeit
$\lambda$	Wellenlänge
$\lambda_0$	Ausgangswellenlänge
$\lambda_{\text{obs}}$	beobachtete Wellenlänge
$\mu$	reduzierte Masse
$\mu_0$	magnetische Feldkonstante des Vakuums
$\mu_{00}$	angenommener Anfangswert der magnetischen Feldkonstante
$\nu$	Frequenz
$\rho_p$	fundamentale Dichte (Planck-Dichte)
$\sigma$	Grenzflächenspannung (Oberflächenspannung)
$\sigma_c$	charakteristische Oberflächenspannung von Elementarteilchen
$\sigma_k$	kosmische Grenzflächenspannung
$\sigma_p$	fundamentale Grenzflächenspannung (Oberflächenspannung)
$\tau$	Schwingungsperiode
$\tau_{\text{ph}}$	Lebensdauer bzw. Verweilzeit von Photonen

*Adresse des Verfassers:*

Prof. Dr. J. Michael Köhler (MLS)

eMail: michael.koehler@tu-ilmenau.de