

WERDEN UND VERGEHEN IM UNIVERSUM

von Manuel Jung

Nicht nur bei irdischen Lebensformen sind Zyklen des Werdens und Vergehens zu beobachten, sondern seit wenigen Jahrzehnten dank Grossteleskopen und naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden auch im Universum als Ganzem. Der nachfolgende Artikel fasst den kosmischen Entwicklungsprozess aus moderner astrophysikalischer Sicht zusammen und zieht Parallelen zu einem altindischen Schöpfungsmythos, der angesichts der heutigen Erkenntnisse erstaunlich aktuell erscheint.

Namibia, Sommer 2006: Erst vor kurzer Zeit ist die glutrote Sonne in der Kalahari-Wüste versunken und bereits thront über uns der atemberaubende namibische Sternenhimmel. Das leuchtende Band der Milchstrasse verläuft direkt über unsere Köpfe und ist im höchsten Punkt des Himmelszelts derart hell, dass es das lange trockene Gras sowie die spärlichen Schirmakazien der Wüste in ein mystisches Licht zu tauchen vermag. Eine rund zwei Stunden dauernde Astroaufnahme der Kleinen Magellanschen Wolke ist bereits gestartet, sodass ich jetzt Zeit habe, mit dem grossen Teleskop dieser Astrobeobachtungsstation fernab jeglicher Zivilisation die Tiefen und Weiten des südlichen Sternenhimmels zu durchstreifen.

Struktur des Universums

Ich beginne diesen visuellen Streifzug durch den Südhimmel beim Planeten Jupiter, der als Teil des Sonnensystems zu unserer engsten kosmischen Nachbarschaft gehört. Das Licht benötigt von diesem Gasplaneten mit seinen schönen Wolkenbändern nur wenige Minuten, um unsere Erde zu erreichen. Fast so hell wie Jupiter erstrahlt an diesem Abend der Hauptstern des Sternbilds Zentaur, Alpha Centauri. Mit einer Entfernung von 4,4 Lichtjahren ist er gleichzeitig einer der unserem Sonnensystem nächstgelegenen Sterne und somit nur unwesentlich weiter entfernt als der nächste Stern namens Proxima

Centauri in 4,2 Lichtjahren Entfernung. Als Nächstes wird das Teleskop auf einige besonders eindruckliche galaktische Objekte gerichtet, darunter den roten Gasnebel rings um den Riesenstern Eta Carinae (vgl. Abb. 1, S. 16) oder den Kugelsternhaufen Omega Centauri, eine Ansammlung von ca. 10 Millionen Sternen auf engstem Raum. Dabei handelt es sich allesamt um Himmelserscheinungen, welche noch Teil unserer Heimatgalaxie namens Milchstrasse sind und damit immer noch zu unseren engsten kosmischen Nachbarn gehören. Die Distanz zu diesen Kugelsternhaufen oder sanft leuchtenden Sternentstehungsgebieten in Form rötlicher Gaswolken beträgt typischerweise nur einige tausend Lichtjahre. Das Licht von diesen Himmelsobjekten war somit in astronomischer Hinsicht nur relativ kurze Zeit unterwegs, bis es uns heute erreicht hat, und doch sehen wir mit der Beobachtung dieser Erscheinungen bereits weit in die Vergangenheit zurück.

Dass Teleskope mächtige Zeitmaschinen sind, wird jedoch endgültig klar, wenn wir sie auf Objekte richten, welche sich ausserhalb unserer eigenen Galaxie befinden. Beobachtbar mit Teleskopen sind dabei insbesondere mehr oder weniger weit entfernte Galaxien, die im Weltall milliardenfach vorkommen. Nur drei unserer Nachbargalaxien sind unter klarem Himmel bereits von blossem Auge zu bewundern. Es handelt sich dabei um den grossen Andromedanebel sowie die nur von der südlichen Erdhalbkugel aus



Abb. 1: Der **Eta-Carinae-Nebel** – ein grosses Sternentstehungsgebiet [M. Jung]

beobachtbaren Zwerggalaxien namens Kleine und Grosse Magellansche Wolke. Sie, wie auch die meisten anderen Galaxien, bestehen aus Millionen von Sternen (mit oder ohne eigene Planeten), durchwirkt von Gasnebeln, interstellarem Staub sowie Überresten von Sternexplosionen in Form von Gasfilamenten, weissen Zwergsternen und schwarzen Löchern. Die Galaxien sind nicht einfach gleichförmig im Universum verteilt, sondern bilden häufig kleinere und grössere Gruppen. Die Milchstrasse ist so beispielsweise Teil der sog. Lokalen Gruppe, welche einen Durchmesser von 3,2 Millionen Lichtjahren aufweist und aus rund 40 einzelnen Galaxien besteht, darunter die vorerwähnten drei Nachbargalaxien unserer Milchstrasse. Immerhin benötigte das Licht der grössten Mitgliedsgalaxie der Lokalen Gruppe, des Andromedanebels, bereits 2,5 Millionen Jahre, um die Augen von BeobachterInnen aus dem 21. Jahrhundert zu erreichen. Es ist also durchaus denkbar, dass der Andromedanebel zum gegenwärtigen Zeitpunkt ganz anders aussieht, als wir ihn heute zu Gesicht bekommen. Und doch ist die Andromedagalaxie (vgl. Abb.2, S.17) immer noch Teil unserer kosmischen Nachbarschaft.

Weiter entfernt ist da schon der Galaxienhaufen im Sternbild Herkules in einer Distanz von 500 Millionen Lichtjahren, dessen hellste Mitgliedsgalaxien kleineren Teleskopen aber immer noch zugänglich sind und damit auch meinem handpilotierten Instrument unter namibischem Ster-

nenhimmel. Das uns vom Herkuleshaufen zum heutigen Zeitpunkt erreichende Licht hat die dortigen Galaxien somit bereits im Erdaltertum (Paläozoikum) verlassen. Die am weitesten entfernten Galaxien befinden sich nach neueren Beobachtungen mit dem Hubble Space Telescope in einer Entfernung von rund 13 Milliarden Lichtjahren und sind leider für kleinere Teleskope nicht mehr sichtbar. Das Licht dieser Galaxien hat sich bloss etwa 1000 Millionen Jahre nach dem so genannten Urknall oder Big Bang auf die Reise zu uns begeben. Das uns bekannte sichtbare Universum kann man sich somit, etwas vereinfacht, als riesige Kugel von 14 Milliarden Lichtjahren Durchmesser vorstellen, bevölkert von Planeten, hellen Einzelsternen, Gasnebeln und Sternhaufen als Teil unserer eigenen Galaxie sowie zahllosen weiteren Galaxien ähnlich unserer eigenen Milchstrasse, die sich bis in unvorstellbare Distanzen von mehreren Milliarden Lichtjahren erstrecken. Nach unserem gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Verständnis haben alle diese am Himmel beobachtbaren Objekte einschliesslich Sternen und Galaxien vor Urzeiten einmal das Licht der Welt erblickt und werden sich – einen linearen Zeitbegriff vorausgesetzt – in sehr weiter Zukunft wieder auflösen.

Lebenszyklus der Sterne

Nach jeder noch so langen namibischen Sternbeobachtungsnacht geht irgendwann die Sonne

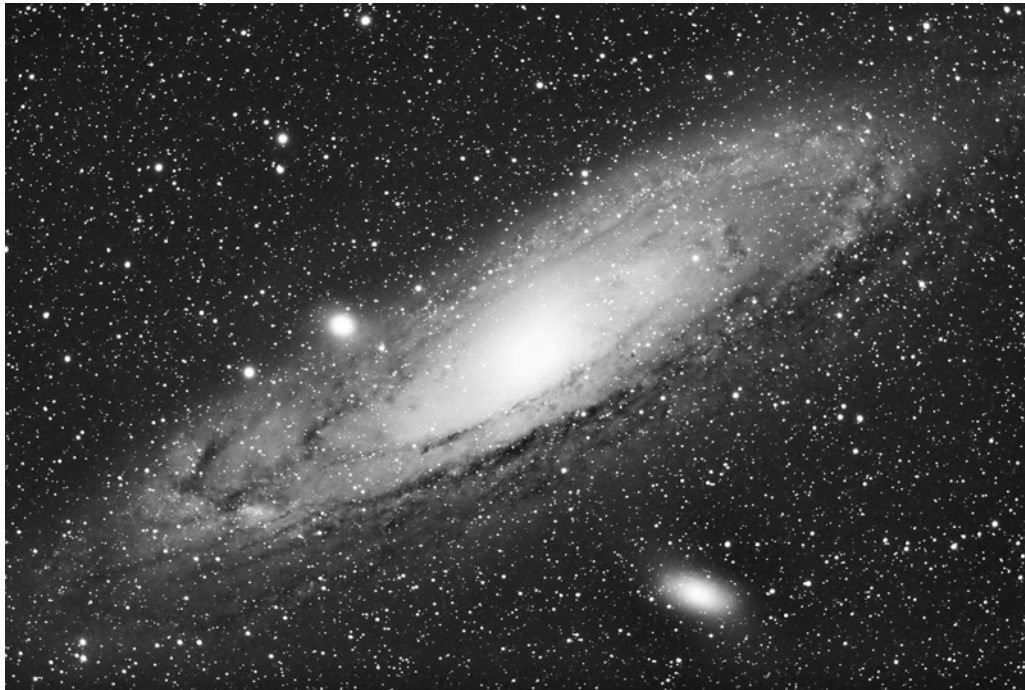


Abb. 2: Die grosse **Andromedagalaxie** – Teil der Lokalen (Galaxien-)Gruppe [M. Jung]

wieder auf, einer von mindestens 200 Milliarden Sternen unserer Heimatgalaxie. Die gelb leuchtende Sonne ist ein relativ gewöhnlicher Stern, d.h. weder besonders gross, hell oder heiss. Gerade deshalb sei anhand der Sonne der Lebenszyklus eines normalen Sterns kurz umrissen. Unsere Sonne ist vor ca. 5 Milliarden Jahren aus einer leuchtenden Wolke aus Gas und Staub entstanden, wie wir sie heute z.B. im vorerwähnten Eta-Carinae-(Gas-)Nebel zu Gesicht bekommen. Etwa gleichzeitig sind dabei auch die Planeten unseres Sonnensystems und damit die Erde entstanden. Im Unterschied zu den Planeten leuchtet die Sonne selber, während Planeten und Monde nur deren Licht reflektieren und dadurch überhaupt sichtbar werden. Das Leuchten der Sonne entspringt einem inneren „Ofen“, in welchem unter sehr hohem Druck leichter Wasserstoff (das mit ca. 75% Masseanteil weitaus häufigste Element im Universum) zu etwas schwererem Helium verschmilzt, wobei sehr viel Energie freigesetzt wird. In ca. 5 Milliarden Jahren ab heute wird die Sonne ihren Hauptbrennstoff in Form von Wasserstoffgas aufgebraucht haben und damit das Ende ihres Lebenszyklus erreichen. Kurz vor ihrem Ableben wird die Sonne jedoch noch zu einem rot leuchtenden Riesenstern, der sich vielleicht bis zur Erde erstrecken wird. Während dieses letzten Abschnitts des Sternenlebens wird im inneren „Sonnenofen“ für kurze Zeit Helium zu Karbon „verköcht“. Nachdem so der ganze Sonnenkern zu Karbon geworden ist, gibt es infolge man-

gelnden Drucks nichts mehr zu verbrennen. Die Sonne stösst ihre äusseren Schichten ringförmig ab (was am Himmel sogenannten planetarische Nebel entstehen lässt, wie z.B. den Ringnebel im Sternbild Leier) und übrig bleibt ein sehr kleines und heisses Objekt aus dicht gepresstem Karbon, ein sogenannter weisser Zwerg. Mit der Zeit kühlt dieses Überbleibsel unserer Sonne ab und wird schliesslich zu einem schwarzen Zwerg, ein Objekt von der Grösse des Erdballs aus sehr dicht gepresstem Karbon. Was wird jedoch aus Karbon, wenn man dieses Material sehr stark zusammenpresst? Die Antwort mag vielleicht erstaunen: etwas sehr Hartes und Kristallines, d.h. ein Diamant!

Unsere Sonne wird somit ihr Sternenleben, wie die meisten normalen Sterne, als riesiger Diamant beenden. Nur sehr massereiche Sterne enden noch spektakulärer, und zwar mittels einer grossen Supernova-Explosion, bei welcher ein Stern seine Gashülle im umliegenden Raum explosionsartig verteilt und wobei am Schluss ein schwarzes Loch resultiert, d.h. ein astronomisches Objekt von derart grosser Dichte und Anziehungskraft, dass ab einer gewissen Grenze nicht einmal mehr Licht von ihm entweichen kann. Während dieses letzten kurzen Helligkeitsausbruchs leuchtet ein massereicher Stern millionenfach stärker als zuvor und strahlt damit während weniger Wochen so hell wie eine ganze Galaxie. Dies ist der Grund, weshalb derartige Supernovae von der Erde aus selbst in sehr

weit entfernten Galaxien beobachtet werden können.

Egal, ob die Sterne ihr Leben mehr oder weniger spektakulär beenden – am Schluss resultiert immer noch viel Gas unterschiedlicher Zusammensetzung, aus welchem sich irgendwann wieder neue Sterne und Planeten bilden können. Mit zunehmendem Alter des Universums entstehen dabei in den Brennöfen der Sterne immer schwerere Elemente, wie z.B. auch Eisen, Silber oder Gold. Diese schweren Elemente, die sich in unserem Sonnensystem, den Gesteinen unserer Erde und sogar im menschlichen Körper finden, sind somit im Innern bereits vergangener Sterne entstanden, die am Schluss ihres Sternlebens die im Sterninnern neu generierten schweren Elemente im interstellaren Raum explosionsartig verteilt haben und die dann wiederum in die Entstehung unseres Sonnensystems einfließen konnten. Wir Menschen bestehen somit im wahrsten Sinne des Wortes aus Sternmaterial!

Trotzdem nimmt mit zunehmender Dauer dieser Kaskade von Sternentstehung und Sterntod die Gesamtheit des im Universum vorhandenen Wasserstoffs und Heliums, der Hauptbrennstoffe der Sternöfen, stetig ab, sodass es irgendwann in ferner Zukunft im Weltall nichts mehr zu verbrennen gibt. Auch die im Wesentlichen aus Sternen bestehenden Galaxien werden somit in sehr ferner Zukunft infolge der kontinuierlichen Abnahme lebender und somit leuchtender Sterne immer schwächer strahlen und letztlich ebenfalls ganz erlöschen. Damit sind wir bei der Frage nach dem Lebenszyklus des Universums als Ganzem angelangt.

Lebenszyklus des Universums

Dank der Analyse der Lichtspektren weit entfernter Galaxien machten Astronomen des 20. Jahrhunderts die erstaunliche Entdeckung, dass sich Galaxien umso rascher von uns fortbewegen, je weiter sie von uns entfernt sind. Aus dieser Beobachtung konnte geschlossen werden, dass sich das Universum momentan ausdehnt. Eine eingängige bildliche Vorstellung dieses Vorgangs wäre z.B. ein Luftballon, der gerade aufgeblasen wird. Vor dem Aufblasen hätte zudem jemand auf der Oberfläche des Ballons mit einem Filzstift schwarze Punkte aufgemalt, welche in dieser Ballon-Analogie die Galaxien versinnbildlichen würden. Während des Aufblasvorgangs des Ballons entfernt sich nun gleichzeitig jeder Punkt (= jede Galaxie) auf

der Ballonoberfläche von jedem anderen Punkt (= Galaxie) immer weiter weg, was ziemlich genau dem entspricht, was die Astronomen am Himmel beobachteten, nämlich dass sich alle Galaxien immer rascher von allen anderen Galaxien entfernen, wobei dieser Vorgang von jeder Galaxie im Universum aus gleich aussieht! Verfolgt man diese Ausdehnungsbewegung des Universums rechnerisch zurück in die Vergangenheit (ähnlich einem rückwärts ablaufenden Film), so kann auf relativ einfache Weise bestimmt werden, wann dieser Ausdehnungsvorgang der kosmischen Materie in einer Art Urexplosion ihren Anfang genommen hat. Nach neuen Schätzungen war dies vor ca. 14 Milliarden Jahren der Fall. Mit der damals stattgefundenen Explosion entstanden überhaupt erst Raum, Zeit und Materie, weshalb es nach diesem wissenschaftlichen Erklärungsmodell auch unsinnig ist, nach einem „Vorher“ zu fragen. Das Universum entstand nach moderner kosmologischer Vorstellung aus einem fast unendlich heißen und dichten Urplasma oder Strahlungsfeld, aus welchem alsbald aufgrund der extrem hohen Temperaturen (anfänglich ca. 10^{15} Grad Kelvin) spontan sehr energiereiche Elementarteilchen (Gluonen, Quarks, Elektronen, Positronen, Photonen, Protonen etc.) erschaffen wurden. Mit der Explosion und damit der Expansion dieses Teilchengemisches nahmen Druck und Temperatur im noch sehr jungen Universum schlagartig ab. Erst als sich die anfänglich herrschenden Extremtemperaturen nach ca. 500 000 Jahren auf 3000 Grad abgekühlt hatten, konnten die ersten Atome und damit die Bausteine unserer Materie entstehen. Auch das Licht konnte sich erst jetzt frei ausbreiten. Nochmals eine Milliarde Jahre später entstanden aus einem fast homogenen Gasgemisch erste Sterne und Galaxien¹. Vor rund 5 Milliarden Jahren wiederum kam es dann zur Entstehung unseres Planeten Erde. Mittlerweile haben sich im Universum auch mannigfaltige (biologische) Lebensformen gebildet. Nach einer wahrlich wechselvollen Entwicklungsgeschichte befinden wir uns somit zum gegenwärtigen Zeitpunkt in einem rund 14 Milliarden Jahre alten Universum (für ein Abbild des heutigen Universums vgl. Abb. 3, S. 19).

Doch was bringt die Zukunft? Wird sich das Universum unendlich und bis in alle Ewigkeit ausdehnen, nach unendlich langer Zeit zum Stillstand kommen oder ist gar in ferner Zukunft mit

¹ Vgl. Binggeli, Bruno: *Primum Mobile: Dantes Jenseitsreise und die moderne Kosmologie*. Ammann-Verlag, Zürich 2006, S. 303 ff.

einer Umkehr der heutigen Expansionsbewegung zu rechnen und damit einer Implosion des Universums bis zurück zu einem unendlich dichten und heißen Zustand als möglichem Ausgangspunkt für einen erneuten Urknall? Die heutige Kosmologie hat auf diese Fragen noch keine endgültigen Antworten. Welche der soeben geschilderten kosmologischen Evolutionstheorien sich letztlich als wahr erweisen wird, hängt ganz entscheidend von der Frage ab, wie viel Masse sich im Universum befindet. Derzeit ist die Wissenschaft der Ansicht, dass nicht genug Masse existiert, um die Ausdehnung des Uni-

versums zum Stillstand zu bringen, was für eine unendliche Ausdehnungsbewegung sprechen würde. Im Universum gibt es jedoch sehr viel sogenannt dunkle oder nicht direkt beobachtbare Materie (etwa in schwarzen Löchern), über deren Umfang man sich in der Fachwelt alles andere als einig ist. Sollte es also im Universum sehr viel mehr dunkle Materie geben als derzeit vermutet, so würde die dritte Theorie des sich ausdehnenden und wieder zusammenziehenden Universums (was sich in unendlichen Zyklen wiederholen könnte) wieder in den Bereich des Möglichen rücken.

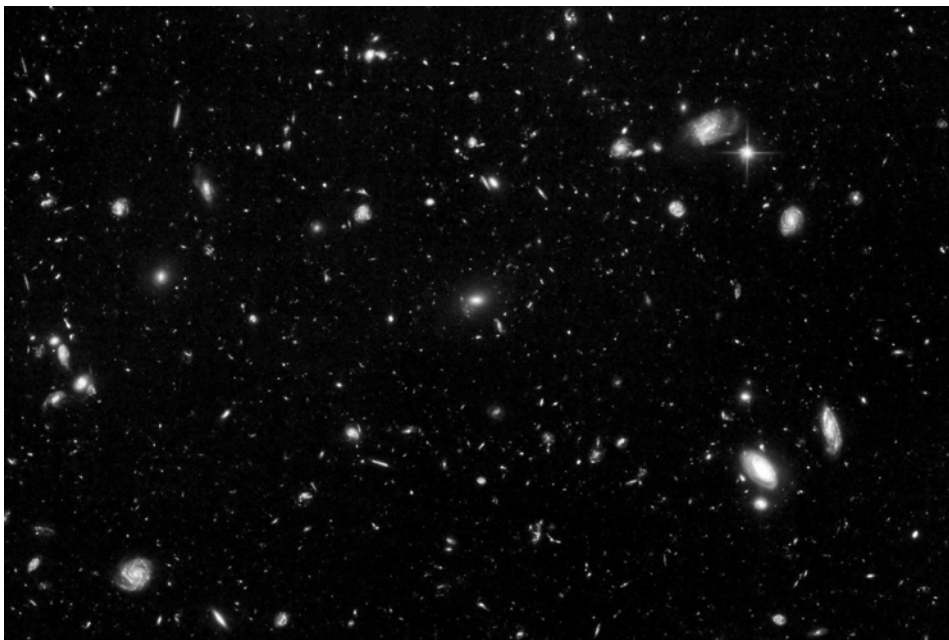


Abb. 3: **Hubble Ultra Deep Field** – ein sehr tiefer Blick ins All [S. Beckwith, STScI/NASA]

Altindischer Zyklus des Werdens und Vergehens

Sind die vorstehend erläuterten kosmologischen Theorien des universalen Werdens und Vergehens, die dank moderner Grossteleskope und naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden im 20. Jahrhundert das Licht der Welt erblickten, als bahnbrechend neue Ideen der menschlichen Geistesgeschichte zu werten? Oder handelt es sich dabei nur um eine moderne Version alter Schöpfungsmythen? Ein Blick zurück ins alte Indien zeigt stellvertretend für zahlreiche Schöpfungsgeschichten alter Völker, dass sich die Menschen schon seit jeher mit Fragen kosmischer Zyklen beschäftigt haben: Im Hinduismus werden bereits seit sehr langer Zeit verschiede-

ne Weltalter unterschieden, die sogenannten Yugas. Diese Yugas – vier an der Zahl – laufen immer in gleicher Reihenfolge ab, dauern unterschiedlich lange und sind je mit einer unterschiedlichen moralischen Qualität behaftet, was vielleicht für den westlichen Menschen etwas eigenartig anmuten mag. Seinen Anfang nimmt ein Weltzyklus aus vier Yugas mit dem Krita-Yuga, dem vollendeten Weltalter, das 1 728 000 Jahre dauert und in welchem sich das moralische Gesetz der Welt (das sog. Dharma) vollständig entfalten kann. Im nachfolgenden Treta-Yuga verliert die perfekte Ordnung der Dinge schon etwas an Boden, weshalb dieses Weltalter nur noch 1 296 000 Jahre dauert. Die menschlichen Pflichten bilden in diesem Yuga bereits nicht mehr die spontanen Gesetze menschlichen Handelns, sondern müssen erlernt werden.

Im folgenden Dvapara-Yuga, das 864 000 Jahre dauert, herrscht ein gefährliches Gleichgewicht von Licht und Finsternis. Schliesslich folgt das dunkle Zeitalter namens Kali-Yuga. Infolge des fehlenden Dharmas dauert es nur noch 432 000 Jahre und ist gekennzeichnet durch das Vorherrschen egoistischer und gewalttätiger Kräfte. Die Gesamtdauer dieser vier Weltalter beträgt 4 320 000 Jahre und wird Maha-Yuga genannt, was „der Grosse Yuga“ bedeutet. Tausend derartige Maha-Yugas, was 4,32 Milliarden Jahren nach menschlicher Zeitrechnung entspricht, stellen nach altindischer Mythologie einen einzigen Tag Brahmas dar. Ein derartiger Brahmatag beginnt mit der Schöpfung des Weltalls aus der göttlichen, unoffenbaren Substanz und endet mit dem Wiedereinschmelzen in das Absolute zurück. In der darauffolgenden Nacht Brahmas existieren alle Sphären der Welt mit allen Wesen nur als verborgener Keim für eine anschliessende Wiedermanifestation².

Erinnert dieser altindische Mythos des Werdens und Vergehens nicht stark an die oben geschilderte Entfaltung des Universums aus moderner kosmologischer Sicht? Sogar in zeitlicher Hinsicht bewegt sich die endlose Abfolge der Tage und Nächte Brahmas in ganz ähnlichen Dimensionen und erscheint damit vor dem Hintergrund moderner astrophysikalischer Erkenntnisse – abgesehen vielleicht vom moralischen Element – erstaunlich aktuell. Die Parallelen zwischen uralten und hochmodernen Schöpfungstheorien scheinen für die Hypothese zu sprechen, dass die Erkenntnis der Wahrheit wohl unabhängig vom linear empfundenen Zeitablauf möglich ist.

² Vgl. Zimmer, Heinrich: *Indische Mythen und Symbole: Schlüssel zur Formenwelt des Göttlichen*. Eugen Diederichs Verlag, München, 4. Auflage 1991, S. 18 ff.

Manuel Jung ist engagierter Astrofotograf und Autor diesbezüglicher Artikel in verschiedenen Astrozeitschriften. Er durchstreift seit seiner Jugend mit selbstgebaute Teleskopen den gestirnten Nachthimmel und befasst sich in diesem Zusammenhang auch mit Fragen der Metaphysik. Beruflich arbeitet er als Ökonom im Bereich des Konsumentenschutzes. Seine Astroatnahmen erscheinen auf seiner Website namens www.sternklar.ch.

