

Erschienen in:  
*Die Schöpfung*, Nachlese 3,  
Senioren Universität Luzern,  
Verlag Pro Libris, Luzern  
11 – 35 (2012)

## **Das Universum – weit weg und doch nah**

*Arnold Benz<sup>1</sup>*

Die Bibel beginnt mit dem Satz: «Im Anfang schuf Gott Himmel und Erde», also mit der Entstehung von Sternen und Planeten. Ich möchte dieses Bibelwort nicht einfach hinnehmen oder ablehnen, sondern verstehen als Mensch des 21. Jahrhunderts und als Astrophysiker, der sich beruflich mit der Erforschung der Vorgänge von Stern- und Planetenentstehung befasst. Was könnten die Menschen vor gut zweieinhalbtausend Jahren damit gemeint haben? Was könnte es uns heute bedeuten?

Laien haben zuweilen den Eindruck, dass Naturwissenschaftler ungefähr vom Gleichen ausgehen wie Theologen und methodisch ähnlich vorgehen, aber einfach eine andere Sprache sprechen. Das ist nicht so. Als Naturwissenschaftler bin ich zusammen mit Ingenieuren am Bau neuartiger Teleskope beteiligt, benutze sie und versuche, die Resultate zu verstehen. Wir messen Lichtstärken, Wellenlängen, Perioden und Distanzen. Dies ist ein anderer Zugang zur Wirklichkeit als in der Theologie. Es geht in der Naturwissenschaft, in meinem Beruf, nicht darum, Gott zu suchen oder zu finden, sondern einfach darum, genau hinzuschauen und zu messen. Die Fragen sind: Was gibt es zu sehen und wie funktioniert es? Natürlich stellen wir Naturwissenschaftler auch philosophische Überlegungen an, aber erst am Feierabend. Zunächst geht es für uns einzig darum, wahrzunehmen und festzuhalten, was ihnen das Teleskop oder das Mikroskop zeigt. Das ist sehr spannend, weil immer wieder neue Instrumente gebaut werden und wir mit ihnen immer wieder Neues sehen.

Auch in der Religion geht es letztlich um Wirklichkeit, aber um Erfahrungen, die wir nicht nur mit den Sinnen wahrnehmen, sondern die auch auf unser Inneres einwirken. Dieses innere oder spirituelle Wahrnehmen betrifft unsere eigene Existenz und unser Leben, wie wir es mit Gefühlen und Bildern beschreiben. Dies ist eine andere Wahrnehmung der Wirklichkeit und betrifft also auch eine ganz andere Wirklichkeit. Sicher wecken äussere Bilder auch innere Bilder. Spiritualität wird durch Bilder aus dem Kosmos angeregt. Daher bin ich der Auffassung, dass der erste Satz der Bibel durchaus etwas mit moderner Astronomie zu tun hat.

Hier möchte ich zunächst von der Wirklichkeit ausgehen, die sich zeigt, wenn man das Universum und zunächst die Sterne im Teleskop beobachtet.

**Wie Sterne und Planeten entstehen**

Galaxien sind wie Inseln im fast leeren Weltraum, scheibenförmig, mit einem Durchmesser von etwa 100'000 Lichtjahren. Das heisst, von einem Ende bis zum andern braucht das Licht 100'000 Jahre. Es gibt etwa 300 Milliarden Sterne in einer normalen Galaxie wie der unseren. Ich habe kürzlich meinem fünfjährigen Enkel zu erklären versucht, was eine Milliarde ist: Wenn man im Sekundentakt zählt – was ziemlich schnell ist für grosse Zahlen –, muss man für eine Milliarde dreissig Jahre ununterbrochen zählen. Für die Sterne einer einzigen Galaxie bräuchte man also 9000 Jahre. Es gibt etwa 100 Milliarden Galaxien im Universum, also 100 Milliarden mal 300 Milliarden Sterne: eine unvorstellbar grosse Zahl von Sternen. Die Zählung würde viel länger dauern, als das heutige Alter des Universums Jahre umfasst. Die Zahl der Sterne ist grösser als die Zahl der Sandkörner am Meer. Selbst wenn man an allen Küsten zählte, gäbe es für jedes Sandkorn tausend Sterne im Universum.

Selbst mit einem Fernrohr sieht man die einzelnen Sterne einer anderen Galaxie nicht. Weil es so viele sind, wirken sie wie ein diffuser Nebel. Galaxien rotieren mit einer Periode von einigen hundert Millionen Jahren um ihre Achse. Unser Sonnensystem liegt etwa in der Mitte zwischen dem Zentrum und dem Rand, was einer Distanz von 25'000 Lichtjahren zum Zentrum entspricht. Da kreisen wir einmal in 220 Millionen Jahren. Die Menschheit ist noch keine Million Jahre alt – wir sind noch nicht sehr weit gekommen auf dieser Reise.

Das Universum ist eine wilde Welt. Wir befinden uns in einem Spiralarm, der nach dem Sternbild Orion benannt ist, das von uns aus in der Richtung entlang der Spirale liegt. Fotografieren wir unsere Galaxie in Richtung Orion und belichten die Aufnahme stundenlang in einer mondlosen Nacht, sieht es chaotisch aus. Wir schauen im Orion direkt in eine riesige Molekülwolke hinein, die 1300 Lichtjahre entfernt und so gross wie die Hand am ausgestreckten Arm ist. Sie besteht aus Fetzen und Blasen und ist umgeben von einem heissen Gas aus atomarem Wasserstoff. Da geschieht einiges. Wenn wir es im Zeitraffer anschauen könnten, etwa 100 Jahre in einer Sekunde, dann sähen wir, wie sich das alles bewegt. Eine Molekülwolke ist nicht stationär, sondern wird über Zeiträume von Jahrtausenden chaotisch durchwirbelt. Ganze Wolken entstehen und vergehen im Laufe von Hunderttausenden von Jahren.

### *Abbildung 1*

Wolken und die interstellare Materie dazwischen enthalten verschiedene Komponenten, die hell und heiss oder dunkel und kalt sind. Rot leuchtet der Wasserstoff, blau funkeln Sterne und dunkel sind die Molekülwolken, zum Beispiel der Pferdekopfnebel im Orion, ein dunkler Wolkenteil von etwa 3 Lichtjahren Durchmesser.

Der rot leuchtende Wasserstoff ist ein Gas aus einzelnen Atomen, dem einfachsten Atom, das schon wenige Millionstelsekunden nach dem Urknall vor 13,7 Milliarden Jahren entstand. Sterne verschmelzen Wasserstoff zu Helium und beziehen ihre Energie aus diesem nuklearen Vorgang. Massenreiche Sterne sind kurzlebig, weil sie ihren Brennstoff in wenigen Millionen Jahren verbrennen. Molekülwolken sind immer in Bewegung. In vielen Wolken haben sich bereits Sterne gebildet, aber in den dunklen Zonen ist noch genügend Masse für neue, kleinere Sterne. Es ist nicht

klar, wie Molekülwolken entstehen, aber Wolken in verschiedenen Phasen der Auflösung werden häufig beobachtet: Sie dehnen sich aus, werden warm, und die Moleküle dissoziieren.

Die Masse von Molekülwolken kann bis zu Millionen von Sonnenmassen betragen. Bei so viel Masse könnte man erwarten, da sei auch viel Schwerkraft und die Wolke falle zu einen riesigen Stern zusammen. Weit gefehlt! Wegen ihrer turbulenten inneren Bewegung schiessen die einzelnen Klumpen aneinander vorbei. Das Chaos hält die Wolke stabil.

Molekülwolken haben eine Temperatur von weniger als minus 200 Grad Celsius. Werden einzelne Gebiete von Nachbarsternen aufgeheizt, erreicht die Temperatur aber plus 10'000 Grad und die Moleküle zerfallen. Es gibt also riesige Ungleichheiten, wogegen bei unseren Wolken am Himmel Temperatur und Dichte in- und ausserhalb der Wolken nur relativ wenig variieren. Molekülwolken sind verhältnismässig dicht, und in diesen dichten, kühlen Wolken entstehen Sterne.

Warum weiss man das? Astronomen messen heute nicht nur im optischen Licht, sondern auch bei viel längeren Wellenlängen von fast einem Millimeter. Sie entsprechen den Farben, die ein typisches Molekül aussendet, wenn es rotiert. Die Farben sind nur in Millimeter- und Submillimeter-Wellen zu sehen, also mit Wellenlängen zwischen Infrarot- und Radiowellen, und nicht von blossem Auge sichtbar. Diese Wellen werden zum grössten Teil in unserer Atmosphäre absorbiert. Deshalb geht man auf hohe Berge oder in den Weltraum, um Moleküllinien zu beobachten. Jede Molekülsorte strahlt bei ihren charakteristischen Wellenlängen. Damit kann man das Molekül identifizieren, so wie wir unser Auto an der Farbe erkennen. Über 150 Molekülsorten wurden bis heute im Weltraum entdeckt. Darunter sind viele organische Moleküle. Organisch heisst allerdings nur, dass das Molekül im Wesentlichen aus mehreren Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen besteht. Nur die einfachsten organischen Moleküle mit wenigen Atomen sind nachweisbar.

Das häufigste Molekül im Weltraum ist das Wasserstoffmolekül, das zwei Wasserstoffatome enthält. Daneben ist Kohlenmonoxid die nächsthäufige Sorte. Es gibt auch relativ viel Ammoniak, Formaldehyd und verschiedene andere Moleküle. Diese anderen Moleküle sind zwar nur kleine Beigaben, aber wenn sie beobachtet und identifiziert werden, sind sie wichtige Tracer für das Gas, aus dem Sterne und Planeten entstehen. Denn ausgerechnet Wasserstoffmoleküle lassen sich nicht beobachten, weil sie wegen ihrer Symmetrie bei tiefen Temperaturen nicht strahlen. An der Häufigkeit der Tracer kann die chemische Zusammensetzung des Gases abgelesen werden. Sie ändert sich im Laufe der Zeit, und am Verhältnis der verschiedenen Sorten kann man die Bedingungen studieren, unter denen Sterne entstehen. Die Moleküle sind auch Grundstoffe für die Planeten. Der meiste Kohlenstoff, den wir auf der Erde haben, war einmal Bestandteil von Kohlenmonoxid-Molekülen.

*Abbildung 2*

Die Strahlung der Moleküle bewirkt, dass sich die Wolke an gewissen Stellen abkühlt und sich dort zu Wolkenkernen zusammenzieht. Es ist erstaunlich und noch nicht völlig geklärt, wie Wolken zu Wolkenkernen fragmentieren, die die Masse von Sternen haben. Diese Kerne werden immer dichter und kälter, bis sie bereit sind für die Sternentstehung. Wolkenkerne sind etwa ein halbes Lichtjahr gross. Sie sind noch viel grösser als Sterne, hat doch die Sonne einen Durchmesser von nur vier Lichtsekunden. Wolkenkerne enthalten die gesamte Masse des zukünftigen Sterns. Ihre Wärmestrahlung lässt sich am besten im infraroten Licht mit Satelliten beobachten. Infrarot durchdringt die Wolke und ermöglicht Informationen über den inneren Aufbau. Es gibt Dutzende, Hunderte, manchmal Tausende von Wolkenkernen in einer Molekülwolke. Daraus entstehen ganze Sternhaufen.

Ein Wolkenkern kontrahiert langsam, bis er so kompakt ist, dass er unter seinem eigenen Gewicht zusammenfällt. Wenn Wolkenkerne kollabieren, fallen sie nicht zu einem Stern zusammen, sondern auf eine so genannte Akkretionsscheibe. Sie rotiert wegen der Erhaltung des Drehimpulses. Wenn sich ein Gas zusammenzieht, beschleunigt sich die Drehung wie bei einer Eiskunstläuferin, die für die Pirouette Anlauf nimmt und dann die Arme zusammenzieht, um auf der Schlittschuhspitze herumzuwirbeln. Das passiert auch mit einer Akkretionsscheibe. Sie rotiert so schnell, bis ihre Zentrifugalkraft die Schwerkraft ausbalanciert. Eine grosse Akkretionsscheibe hat als Durchmesser etwa das Tausendfache der Distanz zwischen Erde und Sonne. In der Mitte entsteht ein Stern.

Der Protostern im Zentrum wächst dank Materie aus der Scheibe. Diesen Vorgang hat man lange nicht verstanden, denn wie sollte die Materie aus einer Scheibe im Gleichgewicht zum Protostern hinüberfliessen? Simon Laplace behauptete schon 1798, nun wirklich die Entstehung des Sonnensystems zu verstehen, weil er die rotierende Scheibe und damit die Bahn der Planeten mit der Erhaltung des Drehmoments erklären konnte. Aber er konnte nicht begründen, weshalb daraus ein Stern wird. Das ist typisch für die Astrophysik: Eine Antwort ergibt viele neue Fragen.

Die Scheibe dreht sich im Gleichgewicht wie ein Planetensystem, besteht aber aus Gas und Staub. Wie ist es nun möglich, dass sie abgebremst wird, so dass Materie zum Protostern fällt, ohne dass dasselbe mit den Planeten passiert, die sich darin bilden? Die noch ungeklärte physikalische Frage ist, wie der Drehimpuls verloren geht. Dies hat vermutlich damit zu tun, dass bei der Sternentstehung das Material nicht nur zusammenfällt, sondern auch in sogenannten Jets herausgeschleudert wird, die senkrecht zur Scheibe mit Hunderten von Kilometern pro Sekunde auf beiden Seiten herausschiessen.

### *Abbildung 3*

Jets rotieren und tragen Drall in die Molekülwolke hinaus. Im Jet verliert die Scheibe nicht nur etwa einen Zehntel der einstürzenden Masse, sondern vermutlich auch den Grossteil des Drehimpulses der Scheibe. Das Scheibenmaterial wird verlangsamt und fällt vom inneren Scheibenrand auf den werdenden Stern hinunter. Die beiden Jets treffen auf die Wolke auf und bilden geschweifte Bugwellen in etwa 100 Lichtjahren Entfernung. Jets entstehen infolge von Magnetfeldern, aber das will ich nicht mehr erklären – es ist wirklich nicht einfach und noch nicht verstanden. Und

genau das ist mein eigentlicher Punkt: Sieht man genau hin, ist die kosmische Wirklichkeit nicht so leicht durchschaubar wie im Laborexperiment. Isaac Newton, der um 1700 zum ersten Mal überlegt hat, wie Sterne entstehen, stellte sich vor, die Wolke falle einfach zusammen und bilde eine Gaskugel. Seine eine ungelöste Frage war: Warum kreisen die Planeten? Heute gibt es viel mehr offene Fragen.

Die nächste Komplikation folgt schon bald: Der Stern wird heiss. Er beginnt, Wasserstoff zu Helium zu verschmelzen, ein Prozess, der der Sonne heute noch ihre Energie liefert. Weil sich dieser nukleare Ofen im Zentrum befindet und das warme Gas nach oben drängt, kommt es im Sterninnern zu Turbulenzen. Diese produzieren Magnetfelder, die aufsteigen und die Sternatmosphäre heizen. Die äusserste Schicht, die Korona, wird über eine Million Grad heiss. Auch die heutige Sonne hat noch eine heisse Korona. Sie ist aber tausendmal weniger dicht als zur Zeit der Sonnenentstehung. Das heisse Gas strahlt seine Wärme in Ultraviolett- und Röntgenstrahlen ab, die schliesslich den Rest der Molekülwolke dissoziieren, aus der der Stern entstanden ist. Dasselbe passiert, wenn UV-Strahlen unsere Haut treffen und Moleküle verändern. Die neuen Moleküle können unsere Zellen dermassen irritieren, dass wir krank werden. Auch Moleküle der Akkretionsscheibe werden aufgespalten, und der Staub verdampft. So zerstören die Sterne schliesslich ihre eigene Wolke, aus der sie entstanden sind. Zu unserem Vorteil, müsste man sagen, weil sonst weiteres Material auf den Stern fiel. Sterne mit grosser Masse leben nur wenige Millionen Jahre, im Gegensatz zu den 10 Milliarden Jahren unserer Sonne, eines Sterns mit mittlerer Masse. Am Zerfall der Molekülwolken ist neben der Röntgen- und UV-Strahlung auch der Sternwind beteiligt. In diesem Wind von der Oberfläche der jungen Sterne werden Moleküle und Staub mit ins interstellare Medium hinausgetragen.

#### *Abbildung 4*

Der Zerfall der Molekülwolke hat seine gute Seiten: Es ist etwas Neues entstanden – Sterne. Aber es geht noch weiter: Massive Sterne sind nach wenigen Millionen Jahren bereits in der Phase, in der sie Helium zu Kohlenstoff und Sauerstoff verbrennen und schliesslich beides mit ihrem Sternwind in den Weltraum hinausblasen. Der Stern gibt seine Asche ans interstellare Gas zurück, und aus dem Gemisch entsteht die nächste Generation von Sternen. Die schweren Elemente finden wir heute auf unserem Planeten wieder. Aller Kohlenstoff und aller Sauerstoff auf der Erde sind in früheren Sternen entstanden, nicht im Urknall. Es brauchte mehrere Generationen von Sternen, damit erste Planeten entstehen konnten.

### **Das kreative Universum**

Die Geschichte der Erklärungsversuche zur Sternentstehung ist beispielhaft für die Forschung: Man baut neue Instrumente, beobachtet und versucht zu verstehen. Beim heutigen Stand der Forschung zur Entstehung von Sternen spielen die Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff, Silizium und Eisen eine wichtige Rolle. Sie bilden beobachtbare Moleküle und strahlen die Energie der kontrahierenden Wolke ab. Dadurch kühlt sich das Gas ab, zieht sich immer mehr zusammen und wird dichter. Aus den dichten Stellen bilden sich Wolkenkerne und hernach die Sterne. Die

schweren Elemente sind auch Baustoffe von Planeten und schliesslich von Lebewesen.

Natürlich sind in diesem Szenarium noch viele Fragen offen, zum Beispiel: Wie entstand der erste Stern? Wenn die schweren Elemente wichtig für die Abkühlung sind, müssen die ersten Sterne ganz anders entstanden sein. Die Fragen gehen weiter: Wie war das, bevor es Sterne gab? Darüber sind Erkenntnisse nur in ersten Ansätzen vorhanden. Das frühe Universum hat sich sicher stark entwickelt. Drei Minuten nach dem Urknall bestand die Materie nur aus Wasserstoff und Helium. Die allerersten Sterne entstanden weniger als 400 Millionen Jahre nach dem Urknall. Sie waren relativ massereich und hatten keine Planeten, weil es die schweren Elemente noch nicht gab. Das frühe Universum ist ein sehr interessantes Thema in der heutigen Astrophysik. In zwanzig Jahren werden wir viel mehr davon verstehen.

Damit Menschen leben können, braucht es Sterne, wie sie nur in Galaxien entstehen. Es braucht also eine ganze Galaxie mit Hunderten Milliarden von Sternen. Die Menschen stammen nicht nur aus einem Urwald im dunklen Afrika, auch nicht nur vom aussergewöhnlich lebensfreundlichen Planeten Erde. Mindestens eine Galaxie und Milliarden Jahre waren für ihre Entwicklung notwendig. Galaxien entstehen in Galaxienhaufen, die sich aus Schwankungen in der Dunkelmaterie kurz nach dem Urknall ausprägten. Es brauchte dazu ein ganzes Universum, und wir sind ein Teil dieser kosmischen Entwicklung.

Im Überblick lässt sich die Entwicklung vom Urknall vor 13,7 Milliarden Jahren bis heute auf einer Zeitspanne von zwölf Stunden abbilden: Der Urknall sei um Mitternacht und der heutige Tag mittags um zwölf. Alles, was uns hier begegnet, ist im Laufe der 13,7 Milliarden Jahre entstanden. In diesen zwölf Stunden entstand selbst die Materie, und zwar nicht im Urknall, sondern in der ersten Millionstelsekunde. Wenn man diese Dauer auf die Zwölf-Stunden-Skala umrechnet, ist es noch viel weniger. Erst nach dieser Zeit bildeten sich Protonen und Neutronen, die Bestandteile von Atomkernen. Das Universum wird eine Sekunde nach Mitternacht durchsichtig. Ab dieser Zeit können sich Klumpen bilden, die Kontraktionswärme kann abgestrahlt werden, und es können sich Wolkenkerne verdichten. Um zwanzig nach Mitternacht entstanden die ersten Sterne und Galaxien. Sonne und Erde bildeten sich erst fünf vor acht – nach fast zwei Dritteln der Zeit seit dem Urknall. Sonne und Erde sind relativ junge Himmelskörper. Die ersten Lebewesen traten um zehn vor neun auf, und das menschliche Bewusstsein, mit dem wir darüber reden können, was sich da entwickelt, eine Sekunde vor zwölf! Das heisst, es entsteht heute noch ganz Neues im Universum, Dinge, die es vorher nicht gab. Der Begriff «Schöpfung» darf nicht auf den Urknall reduzieren werden, wenn er in der heutigen Sicht des Universums einen Sinn haben soll. Das Universum ist kreativ, es entstand laufend Neues.

Was entsteht, wird auch vergehen. Lassen wir die Uhr weiter ticken: Um zwanzig nach eins wird die Erde unbewohnbar, weil sich das Sonneninnere verändert. Durch die Anreicherung von Helium wird der Druck grösser, die Energie wird schneller umgesetzt, und die Sonne wird grösser und rot. Diese Entwicklung ist gut gesichert, weil man sie an anderen Sternen beobachten kann, die älter sind als die Sonne. Jene, die 5 Milliarden Jahre älter sind, befinden sich schon im Stadium der Roten

Riesen. Weil die Leuchtkraft der Sonne ansteigt, wird die Erdatmosphäre in anderthalb Milliarden Jahren über 100 Grad heiss, und alles Wasser verdampft. Diese Entwicklung hat nichts mit der gegenwärtigen Klimaerwärmung zu tun. Die Erde könnte schon vorher unbewohnbar werden, aber spätestens mit der Sonnenveränderung wird dies sicher eintreten.

Auf unserer Uhr wird die Sonne um fünf vor fünf Uhr nachmittags ein Roter Riese. Dann wird sie hundertmal grösser sein und etwa ein Drittel des Himmels auf der Erde ausmachen. Die Luft wird 1500 Grad heiss werden, und es wird auch für Viren und alle anderen Lebewesen nicht mehr möglich sein, hier zu leben. Um halb acht erreicht die Sonne ihre maximale Ausdehnung. Dann wird die Erde durch die Wechselwirkung mit der nahen Sonnenoberfläche abgebremst, sie spiralt langsam in die Sonne hinein und löst sich in ihr auf. Wenig später fällt dann die Sonne zusammen und wird zu einem Weissen Zwerg. Sie wird sehr dicht, so klein wie die Erde und hat keine nukleare Energie mehr. Zwar ist sie immer noch heiss, aber weil ihre Oberfläche klein ist, strahlt sie nur wenig Energie ab. Im Sonnensystem wird praktisch überall Weltraumkälte herrschen, das heisst minus 270 Grad Celsius.

Entstehen mündet in Zerfall. Die Entwicklung der Sonne ergibt sich aus der Perspektive der Energie: Die Sonne hat keinen unendlichen Vorrat an Energie, und irgendwann ist der Brennstoff erschöpft. Es ist nicht vorstellbar, dass dies nicht eintreten wird. Aber das heisst noch nicht, dass dann die Welt untergeht. Was bringt die Zukunft?

Kann man die Zukunft voraussagen? Das Universum hat sich sehr stark verändert in den vergangenen dreizehn Milliarden Jahren. Die nukleare Zusammensetzung hat sich gewandelt, das Universum ist durchsichtig geworden, Planeten sind entstanden, das Leben hat sich entwickelt und das Bewusstsein sich entfaltet. Vorauszusagen, wie diese Entwicklung weitergeht, ist nicht möglich. Neues entstand, indem verschiedene Elemente zusammenwirkten. In einer Molekülwolke entsteht kein einzelner, isolierter Wolkenkern. Was irgendwo entsteht, hat Auswirkungen auf das, was an einem andern Ort passiert. Sternentstehung ist ein nicht-lineares System wie das Wetter, das man mit grossen, modernen Computern vielleicht für eine Woche voraussagen kann. Will man zwei Wochen voraussagen, braucht man nicht einfach einen doppelt so grossen Computer, sondern einen tausendmal so grossen, weil das Ganze zusammenhängt und jede Komponente mit jeder anderen in Verbindung steht. Es lässt sich darum nicht im Detail voraussagen, was passieren wird.

Auch wenn die Energiereserven der Sonne einmal erschöpft sein werden, ist noch vieles möglich. Neues kann auf uns zukommen, von dem wir jetzt keine Ahnung haben. Hätte man einst voraussagen müssen, was aus gasförmigem Kohlenstoff und Sauerstoff wird, wäre man kaum auf die Idee gekommen, dass daraus feste Planeten entstehen. Wenn man nicht schon wüsste, dass Lebewesen entstanden sind, hätte man es nie für möglich gehalten. Etwas derart Kompliziertes wie das Bewusstsein könnte man nie vorhersagen. Die Zukunft ist offen. Aber sie ist nicht beliebig, denn die Energie zum Beispiel bleibt mit Sicherheit erhalten. Das gibt einen gewissen Rahmen, aber in diesem Rahmen liegt ein grosser Spielraum.

## Unser Teil des Ganzen

Wir befinden uns in einem sich entwickelnden Universum. Die Menschheit ist ein Teil der kosmischen Entwicklung. Unsere Existenz ist an einen Stern gebunden, die Sonne, um die wir kreisen. Die Sonne entwickelt sich und wird dereinst unsere Entwicklung beeinflussen. Das Sich-Finden in diesem Prozess geschieht analog zum Leben jedes Einzelnen, der an diesem oder jenem Ort geboren wird und zu einer bestimmten Zeit lebt. Die einen haben mehr Glück, die andern weniger, und die Dauer des Lebens ist unbekannt.

Unsere Art, der Homo sapiens, ist weniger als eine Million Jahre alt, und wir reden hier von einer Zukunft in Milliarden von Jahren – da kann noch vieles passieren. Wir kennen die Zukunft der Menschheit nicht, aber die Umstände werden sich sicher verändern. Wir hoffen zwar, dass es die Menschheit noch lange gibt, am liebsten für immer, aber wir müssen auch damit rechnen, dass sie einmal ausstirbt. Die Ungewissheit und Offenheit der kosmischen Entwicklung hat ihre Entsprechung im eigenen Leben. Auch da gibt es einen Rahmen. Wir wissen zum Beispiel, dass wir arbeiten, Steuern zahlen und sterben müssen. Innerhalb dieses Rahmens haben wir aber viele Möglichkeiten und eine offene Zukunft.

Was hat das mit Schöpfung zu tun? Bisher ist Gott nicht vorgekommen. Was heisst es, von Schöpfung zu sprechen, in diesem Zusammenhang und mit diesem Ausblick? Was hier mit Schöpfung gemeint ist, impliziert auch einen Schöpfer. Es geht nun sicher nicht darum, Gott auf der Ebene der naturwissenschaftlichen Resultate irgendwie ins Spiel zu bringen. Es hat keinen Sinn, in diesen Teleskopbildern nach Gott zu suchen. Schöpfung erfährt man im täglichen Leben. Dort muss beginnen, was wir als Schöpfung im Universum bezeichnen wollen. Zu dem, was die Naturwissenschaften finden, soll nicht einfach ein Gott hinzugedacht werden. Den Lückenbüsser-Gott braucht es nicht, wie seit Laplace vor 200 Jahren bekannt ist. Um die Verbindung zum Schöpfungsbegriff zu machen, müssen wir bei jenen Erfahrungen beginnen, die ursprünglich dazu geführt haben, über die Schöpfung nachzudenken.

Zum Beispiel die Geschichte von der Sturmstillung. Sie ist für mich ein Schöpfungsvorgang, ein Gleichnis, wie Gott Neues schafft. Es ist Sturm auf dem See Genesareth, Jesus schläft im Schiff, die Jünger wollen ihn wecken, sie haben Angst. Jesus steht auf und gebietet dem Sturm aufzuhören. Er tadelt seine Leute und sagt, nur keine Panik, ich bin ja da. Die Jünger staunen: Inmitten des Sturms ist da jemand, auf den sie sich verlassen können. In diesem Moment ändern sich zwei Dinge: Die Jünger und der Sturm beruhigen sich, die Welt ist anders und neu. Die Geschichte will zeigen, dass es einen Zusammenhang gibt zwischen der inneren und äusseren Erfahrung. Oder als anderes Beispiel die Schöpfungsgeschichte, fundamental für das Christentum, die Geschichte von Karfreitag und Ostern. Christus wird hingerichtet. Für die Jünger ist es die grösstmögliche Katastrophe. Sie sind verzweifelt, gehen nach Hause und zerstreuen sich. Dann erscheint Jesus – es ist also nicht fertig und Schluss. Er ist da im Geist und gibt Kraft. Das ist eine Wirklichkeit, die ihr Leben verändert hat. Ich nenne es Wirklichkeit, weil das Ereignis eine Wirkung hat, die dennoch jenseits aller naturwissenschaftlichen Beweise liegt.

Ostern ist kein Happy-End, wo alle wieder beieinander sind; da ist etwas Neues geschehen, das ich Schöpfung nenne.

Man sollte aber nicht von Schöpfung sprechen im Zusammenhang mit noch Unerklärtem in der Sternentstehung. Offene Fragen in der Astrophysik sind zahlreicher denn je. Sie bedeuten, dass noch vieles zu entdecken ist, und machen Forschung faszinierend. Schöpfung beginnt mit eigenen Erfahrungen. Wir machen sie im Heute, nicht im Urknall, wenn wir erfahren, dass man im Leben nicht bloss in eine kosmische Entwicklung hineingeworfen ist, wo Sterne entstehen und vergehen oder wo das kleinere Tier vom grösseren gefressen wird. Wenn wir trotz alledem dieses Leben letztlich als ein Geschenk erfahren, dann können wir von Schöpfung sprechen. Schöpfung ist, wenn wir staunend merken, dass uns die wichtigsten Dinge im Leben geschenkt werden, unsere Sorgen unnötig oder schon längst weggeräumt sind.

Schöpfung hat ihren Sitz im Leben, nicht in der Naturwissenschaft. Im Leben erfahren wir die Inhalte von Genesis 1: Es gibt eine Ordnung, auch wenn sie aus dem Chaos entstand. Die Ordnung ist gut, weil Gott letztlich gütig ist. Das Universum hat Sinn, weil Gott es wollte. Der Schöpfungsbericht deutet das Universum auf der Grundlage der entsprechenden Erfahrungen im Leben.

Abschliessend einige Merksätze:

1. Die Naturwissenschaften geben keine vollständige Beschreibung der Wirklichkeit. Das liegt nicht nur daran, dass etwa Messungen wegen der Quantenmechanik unscharf sind, sondern weil die Wirklichkeit komplex ist. Wir müssen zur Kenntnis nehmen, dass auch die Sterne nicht so einfach sind, wie das frühere Generationen von Physikern dachten. Die Sternentstehung kann noch bei weitem nicht vollständig beschrieben werden. In der Aufklärung hatte man sich das Universum wie einen Globus vorgestellt: Es gab einige weisse Stellen in Afrika, in Südamerika, in den Polgebieten. Mit der Zeit wurden die weissen Stellen immer kleiner, und heute sind sie weg. Tatsächlich wissen wir vom Kosmos sehr viel mehr als früher, viele weisse Stellen wurden aufgefüllt. Aber der kosmische Globus ist auch grösser geworden und dehnt sich aus wie ein Ballon. Es gibt immer wieder neue weisse Stellen. Wir wissen nicht, wie es in der Forschung weitergeht, und ich könnte mir gut vorstellen, dass wir die Komplexität der kosmischen Wirklichkeit gar nie vollständig beschreiben können.
2. Die Komplexität des Universums führt dazu, dass die Zukunft offen ist. Wir können sie aus dem Heute nicht vorhersagen. Der Grund sind die vielen Komponenten, die miteinander nicht-linear gekoppelt sind.
3. Schöpfung hat wenig mit dem Urknall zu tun, denn keines der Dinge im heutigen Universum ist im Urknall entstanden. Selbst Wasserstoff bildete sich erst wenige Mikrosekunden nach dem Urknall, und das Wasser selbst entstand erst, als sich der Wolkenkern der Sonne zusammenschloss und kalt wurde, so dass sich Wasserstoff und Sauerstoff auf Staubkörnern zu Wasser verbinden konnten.
4. Wenn Schöpfung stattfand, dann findet sie auch heute statt. Pro Jahr beginnen allein in unserer Milchstrasse im Durchschnitt etwa zehn Sterne mit ihrer

Energieproduktion aus Wasserstoff. Aus Protosternen werden richtige Sterne. Im ganzen Universum sind es 30'000 pro Sekunde. Das Universum ist heute noch kreativ und möglicherweise auch morgen.

5. Schöpfungsglaube heisst zu hoffen, dass die kreativen Prozesse in der Tat weitergehen und wieder Neues entsteht, auch wenn Altes zerfällt. So wie eine Molekülwolke sich auflöst und daraus Sterne entstehen. Sterne verglühen, aber danach gibt es schwere Elemente, und es entstehen neue Sterne mit Planeten.

6. Die Interpretation der Welt als Schöpfung beruht letztlich auf existentiellen Erfahrungen. Etwa wenn im persönlichen Leben aus einer Katastrophe wie dem Tod eines Angehörigen etwas Neues entsteht. Gott ist in der Erfahrung erkennbar, dass nicht Nichts ist und selbst der Zerfall nicht das Ende ist. Er ist keine alternative Erklärung zu den Modellen der Naturwissenschaft.

Wir werden Gott nie sehen im Teleskop. Schöpfung erfahren heisst, die Wirklichkeit kontemplativ wahrzunehmen, sie einwirken zu lassen auf unser Inneres und sich selbst in diese Erfahrung einzugeben. Dazu muss ich in meinem Leben Gefühle zulassen und sie ernst nehmen. Dank ihnen wird eine andere Art der Wahrnehmung möglich, nicht mit dem Teleskop, sondern aus dem eigenen Innern. Ich nenne sie «teilnehmende Wahrnehmung». Schöpfung hat immer etwas mit Staunen zu tun. Wenn wir die Sternentstehung als Schöpfung verstehen wollen, müssen wir erst einmal staunen, also teilnehmend wahrnehmen. Staunen etwa darüber, dass es bis zum Menschen mindestens eine Galaxie mit einigen hundert Milliarden Sternen braucht und dass wir bei weitem nicht alles verstehen und nicht im Griff haben, aber dass alles da ist. Das erinnert an die Geschichte von Hiob, dem Gott sagt, du verstehst zwar viel, aber bei weitem nicht alles, und ihn fragt: «Vermagst du die Bande des Siebengestirns am Himmel zu knüpfen?» (Hiob 38,31)

Das Nachdenken über Schöpfung muss sich ändern, wenn der Begriff heute einen Sinn haben soll. Es muss klar werden, dass damit keine vorwissenschaftlichen Erklärungen gemeint sind. Es geht vielmehr um eine Deutung der heutigen naturwissenschaftlichen Resultate aufgrund eigener, existentieller Wahrnehmungen. Es ist dies nicht die einzige Deutung, aber sie ist durchaus angemessen.

Schöpfungsdeutung stammt aus der Lebenserfahrung des Staunens, dass viele Dinge geschehen, zu denen ich nichts beitragen kann, die ich nicht einmal verstehe und die jedoch absolut lebenswichtig sind. Wer sich als winziger Teil eines grossen Universums und trotzdem in gütigen Händen erfährt, und wer es auch bei den Sternen mitempfinden kann, der nimmt Sterne und Planeten auch als Schöpfung wahr.

## Abbildungsunterschriften

### *Abbildung 1*

Der Pferdekopf-Nebel ist eine kleine, kalte und dunkle Molekülwolke im Sternbild des Orions in 1500 Lichtjahren Entfernung. Im hellen Flecken am linken oberen Rand zeigt sich ein junger Stern an, der noch tief in Gas und Staub eingebettet ist, aus dem er entsteht (Foto: NASA, ESA und Hubble Heritage Team).

### *Abbildung 2*

Bild einer Molekülwolke in Submillimeter-Wellen durch das Herschel Weltraum-Teleskop. Ihre Stärke und Energie wurde in Farben visualisiert. Rote Farbe bedeutet sehr kalt, blaue Farbe relativ warm. Hunderte von punktförmigen Wolkenkernen sind sichtbar. Kleine und junge rote Kerne liegen auf Filamenten, etwas ältere, helle in Blau sind verstreut (Foto: ESA).

### *Abbildung 3*

Jets schießen aus einer kleinen Molekülwolke, die die Akkretionsscheibe und den Protostern verhüllt. Die beiden Jets treffen auf das interstellare Gas und verursachen an ihrem Ende je eine Bugwelle (Foto: NASA, ESA und M. Livio).

### *Abbildung 4*

Der fünf Millionen Jahre alte Sternhaufen NGC 602 bläst die Reste der Molekülwolke weg, aus der er entstanden ist. Die heißen bläulichen Sterne in der Mitte haben ein Mehrfaches der Sonnenmasse und starke Sternwinde. Dazwischen sind Hunderte von kleineren Sternen sichtbar. Das Bild ist etwa 200 Lichtjahre breit (Foto: NASA, ESA und Hubble Heritage Team).

---

<sup>1</sup> Originalbeitrag auf der Grundlage eines Artikels in: C.M. Rutishauser (Hg.): Schöpfungsglaube, Naturwissenschaft und Spiritualität, Bd. 4, Eigenverlag Lassalle Haus 2008, S. 35–48. Für eine ausführliche Darlegung sei auf das neuste Buch des Autors hingewiesen: Das geschenkte Universum – Astrophysik und Schöpfung, Patmos Verlag 2009.