

14. JAHRGANG 1/2004

MIUSEION 2000

KULTURMAGAZIN GLAUBE, WISSEN, KUNST IN GESCHICHTE UND GEGENWART

Wie entsteht Materie?

Der Ursache auf der Spur,
ohne deren Wirkung Werden,
Wachsen und Gedeihen
unmöglich ist

Franz Schubert

Ein Dichter von Melodien

Entwicklungspsychologie

Chancen und Krisen des Alters





Wie
entsteht
M a t e r i e ?

Der Ursache auf der Spur, ohne deren Wirkung Werden,

Ob Stern, Planet, Pflanze, Tier oder Mensch – alles besteht aus Materie. Sie ist gesetzmässig so aufgebaut, dass, ob unbelebt oder belebt, in ihr nichts Formloses zu erkennen wäre, und handle es sich auch nur um eine Kleinstlebensform wie eine Bakterie oder einen Einzeller. Alles nimmt mit seiner Entstehung Form und Gestalt an.

Entstehungsprozessen beiwohnen zu dürfen, ist spannend und lehrreich zugleich.

Dabei gestattet uns der enorme Fortschritt in Forschung und Technik Einblicke in die Materieentstehung auf eine Art und Weise, wie dies bisher in der Geschichte des Menschen noch gar nie der Fall war.



Wachsen und Gedeihen unmöglich ist

Von Daniel Sträuli

Wissenschaftliche Begleitung
durch Heinz Blum

Von der unbelebten zur belebten Materie

Wenn wir uns mit der Frage beschäftigen, wie Materie entstanden ist beziehungsweise noch heute entsteht, so kommt man nicht umhin, sich mit den modernen Erkenntnissen der Naturwissenschaft näher zu befassen. Um es vorwegzunehmen: Es ist ein äusserst weitläufiges Gebiet, das in diesem Zusammenhang angesprochen werden muss. Naturgemäss bewegen wir Menschen uns in einem sehr kleinen Umfeld – was an Grösse und Mächtigkeit um uns ist, tritt dabei häufig in den Hintergrund. Eindrücklich bewusst wird einem diese unermessliche Weite, wenn man in einer sternklaren Nacht Gestirne betrachtet und feststellen muss, dass uns das Universum an *Dimension* und *Zeitlosigkeit* unübertrefflich begegnet – beheimatet es doch für menschliche Begriffe eine unvorstellbar grosse Anzahl von Sternsystemen. Und in den meisten von ihnen, auch in unserer Galaxie, der Milchstrasse, entstehen in einem fortdauernden Schöpfungsprozess immer neue Sterne.

Diese elementaren Prozesse möchten wir im *ersten Teil* des Aufsatzes etwas näher betrachten, denn sie verdeutlichen eindrücklich Entstehung und Werdegang der Materie. Sie blieb in wissenschaftlichem Sinne über einen sehr langen Zeitraum hinweg *unbelebt*. In diesem Zusammenhang werden wir Teilgebiete der *Astronomie* etwas näher kennen lernen. Zudem steht uns ein Spezialist zur Verfügung, der sich auf den ersten Blick als Sternkundiger ausweist, in Tat und Wahrheit aber ein ganz aussergewöhnlicher, umfassend gebildeter Philosoph ist. Sein Name sei vorweg verraten – einige mögen sich noch an ihn erinnern: Die Rede ist

von *Timaios*, der uns aus dem gleichnamigen Dialog der Werke Platons bekannt ist.

Im *zweiten Teil* des Aufsatzes möchten wir uns am Beispiel der vorgeburtlichen Entwicklung des Kindes mit der Entstehung der *belebten* Materie auseinandersetzen. *Entwicklungsbiologische* Ansatzpunkte werden sich in diesem Zusammenhang als sehr hilfreich erweisen und darüber hinaus zum Nachdenken anregen. Denn das Entstehen von *neuem* Leben, sein *Wachsen* und *Gedeihen* sind wirklich etwas Bewundernswertes. Die tagtägliche Erfahrung lehrt uns, dass der Körper eines Lebewesens nicht dadurch wächst, indem dieser mit weiterer bereitgestellter Materie ergänzt wird, wie dies beispielsweise beim Modellieren einer von Menschenhand geschaffenen Figur der Fall ist, sondern das Wachstum ist aus biologischer Sicht eine in der Regel *nicht umkehrbare* Vergrösserung des Organismus oder einzelner Organe – ein Prozess, der sich im Lebewesen selbst vollzieht.

Von der Warte hoher Philosophen aus bedarf es, damit anorganische beziehungsweise organische Materie entstehen kann, *besonderer* Kräfte, die zum Teil unfassbar gewaltig sind, aber auch sehr fein und differenziert wirken können. Diesen Sachverhalt gilt es, wenn möglich, im Auge zu behalten, denn das Wirken von Kräften wird uns im Zusammenhang mit der Entstehung des Universums, aber auch mit der des Lebens auf der Erde in *verschiedenster* Form immer wieder begegnen.

Ein philosophischer Gedanke leitet durch die Entstehung des Alls

Es wäre vermessen, beim schlichten Anblick der Gestirne behaupten zu wollen, man wisse alles über ihre Entstehung. Manch wichtige Erkenntnis konnte indes dank exakter astronomischer Beobachtung gewonnen werden, wozu der Fortschritt in Forschung und Technik sehr viel beigetragen hat. So verdanken wir derzeit besonders dem *Hubble-Weltraumteleskop*, aber auch verschiedenen

sehr leistungsfähigen terrestrischen Teleskopen, wie dem der *Europäischen Südsternwarte* ESO auf dem Cerro Paranal, Chile, atemberaubende Bilder und Forschungsdaten aus einer 'Welt', die etwas Faszinierendes und zugleich Geheimnisvolles in sich trägt (vgl. *Abbildungen 1–4*). Denn ohne stetiges Forschen und Suchen gibt uns der Himmel schliesslich nicht ein ganz wichtiges, unsere eigene Existenz betreffendes Geheimnis preis. Gerade angesichts solch faszinierender Bilder, welche mit Hilfe dieser Teleskope erstellt werden können, wird man natürlich sehr nachdenklich und fragt sich:

Wie ist dies alles überhaupt entstanden?

Zum einen hilft uns in dieser Frage das Wissensgebiet der *Astronomie* weiter, und zum andern ist es auch eine philosophische Angelegenheit, über deren näheren Aufschluss, wie erwähnt, der *Platon-Dialog* »*Timaios*« gute Dienste leistet. Geht es um das *All*, die *Sterne* und die *Planeten* beziehungsweise um die elementare Frage, was *hinter* all dem steht, dann ist der Philosoph *Timaios* eine sehr kompetente Auskunftsperson. *Sokrates* sagt von ihm, dass, was die Philosophie anbelange, *Timaios* seiner Meinung nach »*die volle Höhe erklommen habe*«. Diese Aussage ist in der Tat aussergewöhnlich, denn *Sokrates* hält sich sonst, was solche Komplimente betrifft, sehr zurück. Vielfach benützen Denker ihres Ranges eine *sinnhafte* Sprache, welche nicht immer einfach verständlich ist, dafür aber – wie wir im Folgenden sehen werden – sehr aufschlussreich sein kann.

Bevor wir uns nun aus naturwissenschaftlicher Sicht mit der Entstehung des Universums befassen, zunächst einige Gedanken zum astronomisch-philosophischen Teil des Werks. *Timaios* weist darauf hin, dass das »*himmlische Geschlecht*« im übertragenen Sinn für uns Menschen erkennbar sei, da es diesbezüglich ein sehr aussagekräftiges Sinnbild gebe, welches in klaren Nächten

Sternsysteme

UNENDLICH SCHEINENDE WEITEN BEGLEITET EIN STETIGES

KOMMEN, WERDEN UND GEHEN



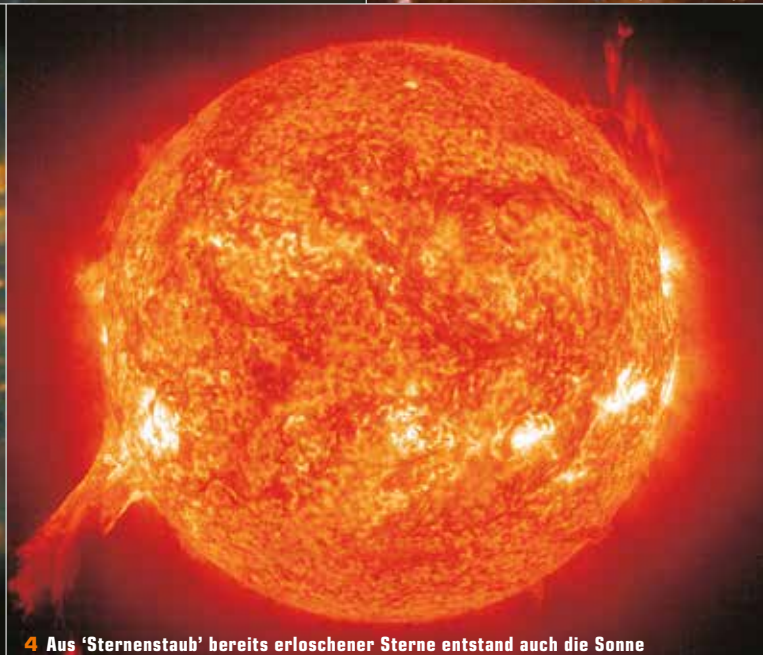
1 Entstehung von Sternhaufen
NGC 4038/39 im Sternbild Rabe



2 Unterschiedliche Entwicklungsstadien der Materie
NGC 3603 im Sternbild Carina (Schiffskiell)



3 Leuchtende Überreste eines sonnenähnlichen Sterns
NGC 2392, Eskimonebel



4 Aus 'Sternenstaub' bereits erloschener Sterne entstand auch die Sonne

von blossen Auge erfasst werden kann: *den Sternenhimmel*. Sterne seien »so vollkommen wie nur möglich geschaffen worden«. Es fällt auf, dass Timaios dem »Lichttragenden«, versinnbildlicht durch Myriaden von lichten Sternen, ein ganz besonderes Augenmerk schenkt. Für uns erhält, von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet, das All natürlich einen ganz anderen Stellenwert: Den Sternen, Galaxien beziehungsweise Galaxienhaufen kommt auf diese

Weise eine *viel tiefere* Bedeutung zu. Sterne sind demnach nicht einfach nur Sterne, die unser Auge erfreuen, sondern hinter all dem scheint eine gewaltige Aussagekraft zu stehen. Sie zu erfassen, ist für den Menschen wohl nicht oder nur ansatzweise möglich, denn da betritt man Bereiche, die verstandesmächtig nicht mehr abgehandelt werden können. Was aber im Rahmen des Möglichen liegt, betrifft das Miteinbeziehen der naturwissenschaftlichen Ebene,

damit man sich eine *gewisse* Übersicht verschaffen und der Frage nachgehen kann: Wie ist das All, wie sind die Sterne denn entstanden?

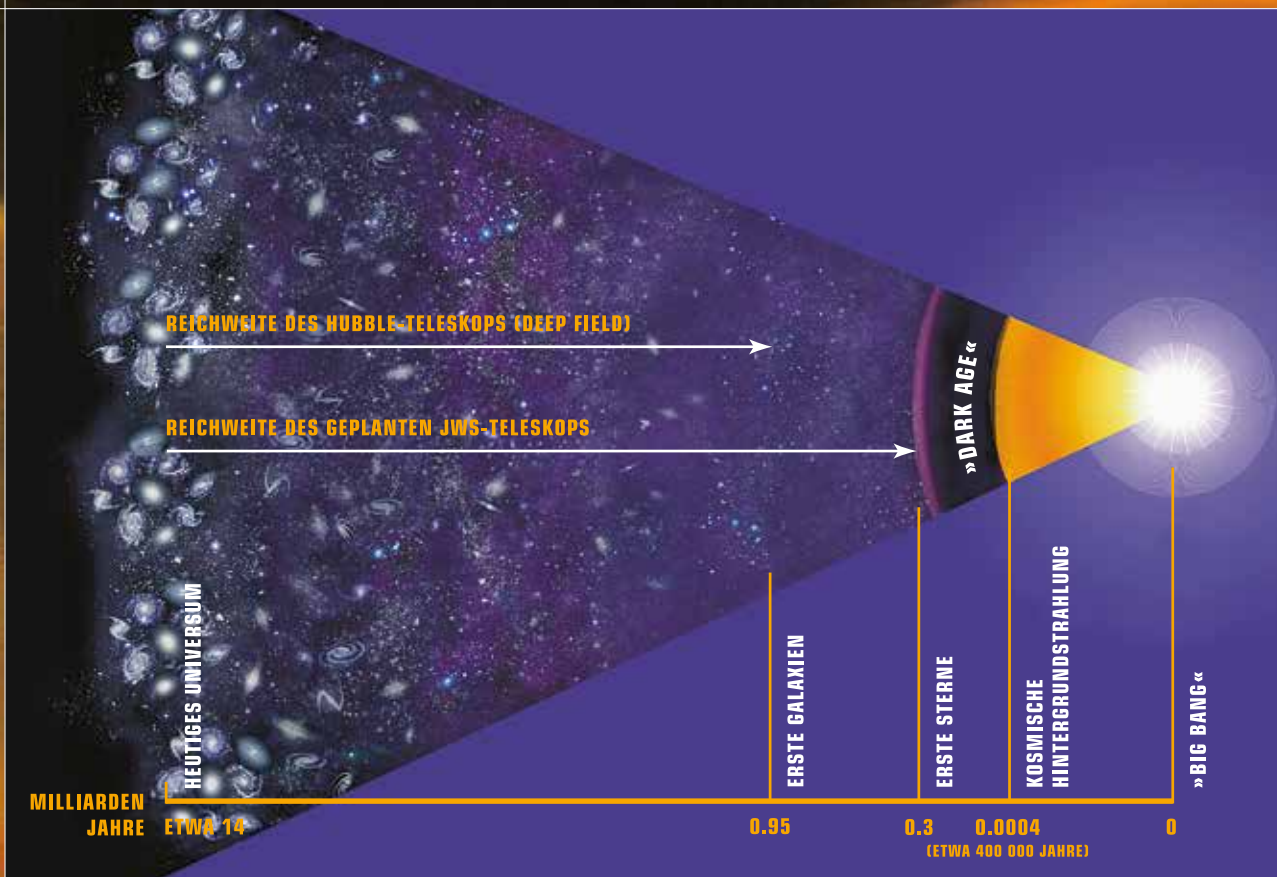
Ursterne brachten Licht ins Universum

Hierzu müssen wir das Rad der Zeit weit zurückdrehen – nach unserer Zeitrechnung gemessen, etwa 14 Milliarden Jahre. Gemäss gegenwärtigem Wissensstand

Einblick

IN DIE VERGANGENHEIT, WO ALLES IRDISCHE SEINEN ANFANG NAHM:

DER URKNALL, DIE ERSTEN HIMMELSOBJEKTE



5 Grafische Darstellung der Entstehungsgeschichte des Universums: vom Urknall bis in die heutige Zeit

entstand zu dem Zeitpunkt das gesamte Universum in einer gewaltigen Explosion: dem *Urknall*. Den Beginn des Alls zeichnete ein enorm heisser Feuerball, dessen Licht, gleichsam wie der Nachhall des Urknalls, noch heute nachweisbar ist. Nach jüngsten Erkenntnissen folgte dieser Riesenexplosion eine Phase der Finsternis, bis sich das aus dem Urknall hervorgegangene Gas unter Einfluss der Schwerkraft zu den ersten leuchtenden *Ursternen* zusammengeballt hatte (vgl. *Abbildung 5*). Inzwischen weiss man, dass die Masse der leuchtenden Materie nur einen Bruchteil der dynamisch wirkenden Gesamtmasse im Universum ausmacht. Interessanterweise wurde noch etwas anderes entdeckt: die so genannte *dunkle Materie*, von der

bislang weitgehend unbekannt ist, woraus sie eigentlich besteht. Sie war aus Sicht der Naturwissenschaft die treibende Kraft bei der Strukturbildung des Universums. Astronomen nehmen an, dass spätestens eine Milliarde Jahre nach dem Urknall die ersten Galaxien entstanden sind. Neuere Untersuchungen zeigten, dass bereits vor der ersten Galaxienbildung einzelne Ursterne entstanden sein müssten. Die Lebensdauer eines jeden Sterns ist allerdings begrenzt, denn irgendwann ist seine innere atomare Energiequelle erschöpft. Was dann geschieht, hängt von der Masse des Sterns ab. Aufwendige Computersimulationen lassen vermuten, dass erste Sterne sehr gross waren, vielleicht 200 Sonnenmassen umfassten. Gemäss den Gesetzen der

Physik hat ein derart massereicher Stern im Vergleich zu kleinen Sternen wie der Sonne eine relativ kurze Lebensdauer. Am Ende kollabiert der innere Teil eines solchen Sterns unter seinem eigenen Gewicht. Kurz darauf wird die äussere Gashülle in einer gewaltigen Explosion – man spricht in diesem Fall von einer *Supernova* – weggeschleudert, und ein grosser Teil der schweren Elemente, die er während seiner Existenz aus Wasserstoff und Helium erzeugt hat, wird in den interstellaren Raum geblasen. Aus diesem Vorrat kann darauf folgend die nächste Generation von Sternen schöpfen. Eine Supernova-Explosion setzt gewaltige Energiemengen frei und erreicht kurzzeitig eine Leuchtkraft von 100 Milliarden Sternen.

6 Eine vom Hubble-Weltraumteleskop im Dezember 1995 ausgeführte Langzeitbelichtung (sog. Deep Field) zeigt einen Teil des Himmels im Sternbild des Grossen Bären. Auf diese Weise können auch lichtschwächste und weitestentfernte Galaxien aufgespürt werden (weiss markiert). Hubble gestattet heute einen Blick in die Vergangenheit, in ein etwa 1 Milliarde Jahre junges Universum.



Neue Materieteilchen entstehen durch Verdichtungsprozesse

Fassen wir zusammen: Am Beispiel der Entstehungsgeschichte des Universums kann der *Verdichtungsprozess* der Materie sehr eindrücklich aufgezeigt werden. Sterne produzieren auf dem Wege der *Kernfusion* (Kernverschmelzung) schwerere chemische Elemente, verdichten also im wahrsten Sinn des Wortes Materie. Aus dem leichten, dünnen Wasserstoffgas werden auf diesem Wege schwerere Elemente wie Eisen, Nickel und Schwefel gewonnen, aus denen beispielsweise der Erdkern besteht. Dabei sind Kräfte im Spiel, deren Mächtigkeit unvorstellbar gross ist. Der Verdichtungsprozess kann dabei aussergewöhnliche

Ausmasse annehmen: Massereiche Sterne, in denen eine starke gravitative Kontraktion abläuft, können nach ihrer Explosion als *schwarze Löcher* enden. Diese Objekte sind so dicht, dass sie die eigene Strahlung beziehungsweise alles, was um sie ist, verschlingen – sogar das Licht.

Die Entstehung des Alls hat einen philosophischen Hintergrund mit weitreichenden Konsequenzen

Ziel dieses Aufsatzes ist es, mehr über die Entstehung der irdischen Materie in Erfahrung zu bringen. Wie dies im Grundsatz bei der unbelebten Materie geschieht und dass der Verdichtungsprozess der Materie dabei eine zentrale Rolle spielt, liess sich am Beispiel der Entstehungsgeschichte des Universums

eindrücklich nachvollziehen. Darüber hinaus konnte mit Hilfe des griechischen Gelehrten Timaios in Erfahrung gebracht werden, dass den Sternen im Universum eine *tiefgründige, sinnbildhafte* Bedeutung zukommt. Es ist indes nicht allein Timaios, der darauf hindeutet – auch ein *Origenes* befasste sich in ähnlicher Weise damit. Er weist wie Timaios darauf hin, dass Sterne beseelt seien und der Vernunftbegabung unterliegen. Eine solche Darlegung macht allerdings nur Sinn, wenn das ihr zugrunde liegende Sinnbild verstanden wird: Sterne repräsentieren sinnbildlich *geschöpftes Leben*. Origenes war mit der Sprache der Sinnbilder vertraut und bediente sich ihrer, um hochphilosophische Geschehnisse verschlüsselt darzulegen, damit sie vor Entstellung und Verfälschung bewahrt bleiben.

Aus dem Betrachtungswinkel der Naturwissenschaft allein sind derartige Erkenntnisse natürlich nicht erschliessbar. Hingegen ist es möglich, sich das enorme Wissen der Naturwissenschaft bei der Betrachtung philosophischer Sinnbilder wie diejenigen des *Alls* *zunutze* zu machen. In diesem Falle weist sich eine vernetzte Betrachtungsweise als äusserst vorteilhaft und zugkräftig. Ja eigentlich sind die astronomischen Erkenntnisse der heutigen Zeit bereits so weit fortgeschritten, dass Philosophisches in gewissem Sinne immer fassbarer wird. Vieles fliesst ineinander, und es kommt wohl nicht von ungefähr, dass man im Zusammenhang mit der Erforschung der 'dunklen' Materie von *nicht sichtbarer Materie* oder *fehlender Masse* spricht, die es aufzufinden gilt.

Der Sternenhimmel zieht im wahrsten Sinne des Wortes viele Beobachter in seinen Bann. Allein schon die Gegebenheit, dass das Licht unzählig vieler bereits erloschener Sterne noch immer mit Lichtgeschwindigkeit zu uns unterwegs ist und so die Vergangenheit über *Milliarden von Jahren* bewahrt, lässt erahnen, mit was für einer Mächtigkeit man es hier zu tun hat und welche gewaltige Aussagekraft hinter all dem steht. Sie wirklich zu durchdringen, ist unmöglich, aber

erahnen kann man einiges, und was das Licht einst leuchtender Sterne betrifft, sind wir heute ganz konkret mit Hilfe von Teleskopen in der Lage, dieses einzufangen. So werden wir Zeugen der indirekt auch uns betreffenden *Urgeschichte*: Wir erfahren, wie Sternsysteme im frühen Universum aussahen und wie sich diese inzwischen veränderten (vgl. *Abbildung 6, Hubble Deep Field*).

Auf den Spuren der belebten Materie

Abschliessend gilt es, in Bezug auf den Entstehungsvorgang der unbelebten Materie festzuhalten, dass vor 4,6 Milliarden Jahren aus dem Sternenstaub einst erloschener Sterne die Erde entstand, und was doch so wunderbar ist: Auf ihr konnte etwas ganz Besonderes und Einzigartiges entstehen: Leben. So möchten wir uns nun im zweiten Teil mit der Entstehung der belebten Materie befassen, ihr Wachsen und Gedeihen näher betrachten.

Das Leben – ein Wunderwerk

Albert Schweitzer (1875–1965) bemerkte einmal, dass ihm *die Beschäftigung mit den Naturwissenschaften die ersehnte Vervollständigung des Wissens gebracht habe*. Dies löst Bewunderung aus – hatte er doch einen felsenfesten Glauben auch an das wirklich Lebendige im Menschen. Er schöpfte aus Erkenntnissen der Naturwissenschaften, aber nicht in der Weise, um sich Grundlagewissen losgelöst von einer geistig-philosophischen Betrachtungsweise anzueignen, wie dies heute sehr oft der Fall ist, sondern vielmehr auch, um den *Hintergrund* beziehungsweise die *Ursache* des wahren und wirklichen Seins zu erforschen. Für ihn hatte das Leben auf Erden, welches so einzigartig im Universum ist, einen ganz besonderen Stellenwert. In diesem *umfassenden* Sinne möchten wir versuchen, uns im Folgenden mit der belebten Materie auseinander zu setzen.

Beobachten wir das Leben von seinen Anfängen an:

Schöpfungkundige Philosophen sprechen, wenn es um die Entstehung der belebten Materie geht, von *Keimen*, die dazu nötig sind. Sie seien eine ganz wesentliche Grundlage, damit eigentliches Leben entstehen könne (vgl. Heft 6/02, S. 50). Dieser Vorgang kann in gewisser Weise sehr anschaulich mit Hilfe der Entwicklungsbiologie am Beispiel der geschlechtlichen Fortpflanzung bei Mensch und Tier aufgezeigt werden. Man weiss heute, dass in der befruchteten Eizelle 'Urkeime' enthalten sind. Wissenschaftler sprechen in diesem Zusammenhang von Urkeimzellen. Diese werden oft schon früh in der Embryonalentwicklung beiseite gelegt. Sie werden nicht für den Aufbau des Körpers verwendet und bringen im Normalfall keine körperrbildenden Zellen hervor, sondern nur Keimzellen. Erste Urkeimzellen findet man beispielsweise bei Säugetieren im Dottersack des Embryos, von wo sie später in die Geschlechtsdrüse einwandern. Die Zelllinie, die von der befruchteten Eizelle zu den Urkeimzellen der nächsten Generation führt, ist die Keimbahn (vgl. *Abbildung 7*). Dank diesem ganz elementaren Mechanismus ist es möglich, Erbgut von Generation zu Generation zu übertragen. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass für neues Leben auch die irdisch notwendigen 'Keime' bereitstehen.

Die erste Zelle des Körpers entsteht

Die Form- und Funktionsbildungsprozesse während der Entwicklung des Individuums vom Zustand der befruchteten Eizelle bis zum Tode werden als *Ontogenese* bezeichnet. Es sind kaum vorstellbar komplexe Vorgänge, die diesbezüglich ineinander greifen. Am Beispiel der *embryonalen* und *fötalen* Entwicklung des Menschen betrachten wir dies nun etwas genauer (vgl. *Bilddokumentation auf Seite 14 f.*).

Die *Chromosomen* liegen im Zellkern und sind Träger von Erbanlagen (*Abbildung 8*). Jede Geschlechtszelle – beim Vater das Spermium, bei der Mutter das Ei – beinhaltet einen einzigen Satz von

22 Chromosomen (Autosomen) sowie das Geschlechtschromosom, entweder X oder Y. Nach der geschlechtlichen Vereinigung fusionieren Spermium und Ei miteinander. Durch eine bislang unbekannte Kraft beginnt sich das Protoplasma der Eizelle heftig zu bewegen. Die Kerne von Samen- und Eizelle nähern sich einander, werden grösser und entfernen ihre Schutzmembranen. Innerhalb von zwölf Stunden sind die Kerne miteinander verschmolzen, und die 23 mütterlichen und 23 väterlichen Chromosomen verbinden sich zur *ersten* Zelle (Zygote) mit 46 Chromosomen. Dieser Vorgang wird als Befruchtung bezeichnet, und mit ihr ist auch bereits das Geschlecht des Kindes bestimmt: Frauen besitzen zwei X-Chromosomen (XX), während Männer ein X- und ein Y-Chromosom (XY) aufweisen. Auf den Chromosomen im Zellkern befinden sich die Gene, die beispielsweise die *Abfolge* des Körperaufbaus mitsteuern, aber auch *äusserliche* Erbmerkmale wie Augen- oder Haarfarbemitprägen.

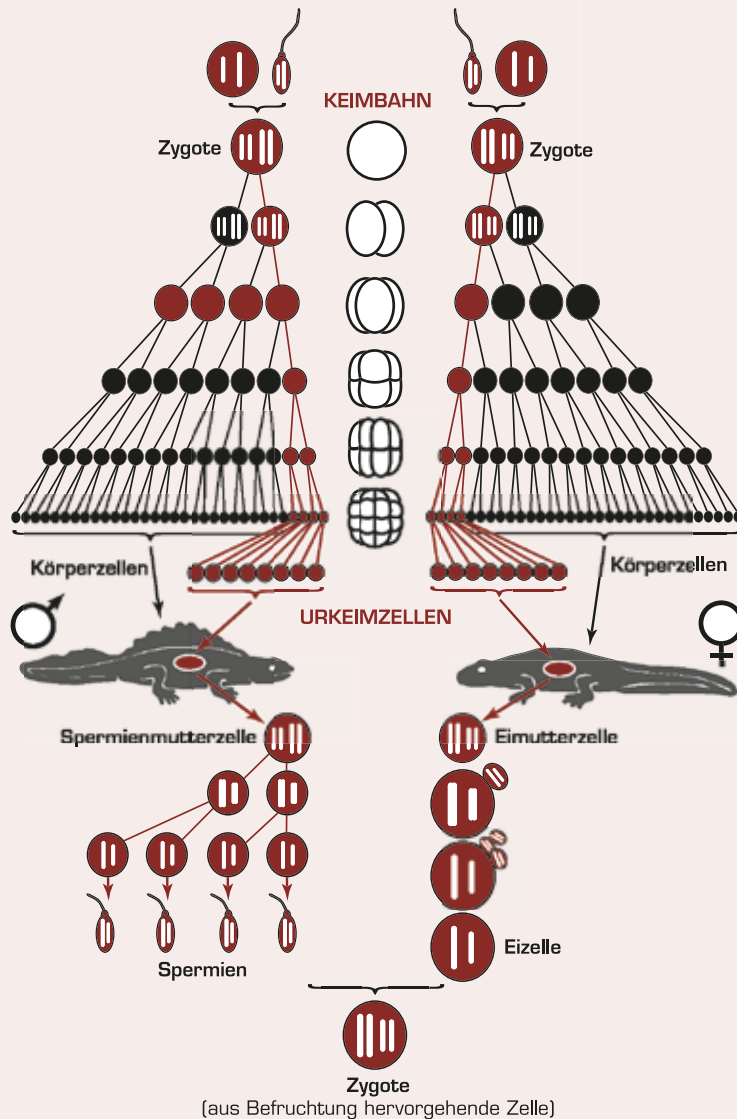
Gene sorgen für Verwirrung

Man könnte nun vorschnell glauben, dass Gene, die in ihrer Gesamtheit den *wichtigsten* Teil des *Genoms* bilden, eine vollständige Bauanleitung des Menschen beinhalten würden und all seine Fähigkeiten, Tugenden und Talente bestimmten. Jüngste wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Entwicklungsbiologie belegen aber, dass dies gar nicht der Fall sein kann, denn der genetische Bauplan enthält bei weitem nicht eine Skizze des fertigen Erscheinungsbildes des Lebewesens (vgl. Heft 3/03, S. 14 f.). Diese Bemerkung scheint sehr wichtig, um einer Denkweise vorzubeugen, die dazu verleiten könnte, zu meinen, dass *alle* Eigenschaften, die das Leben ausmachen, *genetisch* bestimmt seien.

Wir möchten uns nun der weiteren vorgeburtlichen Entwicklung widmen, die unmittelbar nach der Vereinigung von Ei- und Samenzelle

Gene sind Erbgutträger

UND WERDEN DEN NACHKOMMEN ÜBER DIE KEIMBAHN ÜBERTRAGEN

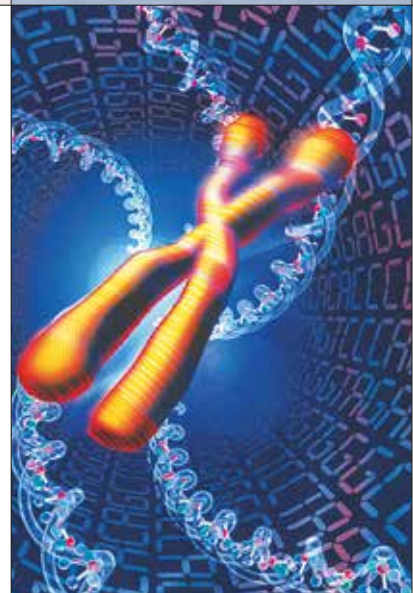


7 Schematische Darstellung der Keimbahn am Beispiel eines Kammolchs. Gewisse Zellen (rot hervorgehoben) werden nicht für den Aufbau des Körpers verwendet, sondern bleiben als Urkeimzellen in Reserve mit dem Ziel, notwendiges genetisches Material mittels geschlechtlicher Vermehrung an die nächste Generation weiterzugeben.

8 Künstlerische Illustration eines Chromosoms (Bildmitte) sowie Doppelhelixmoleküle und Buchstabenreihen, die genetischen Code darstellen.

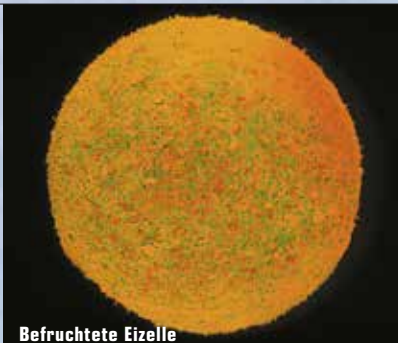
zur Ursprungszelle (Zygote) beginnt. Sie teilt sich bereits erstmals 20 bis 30 Stunden nach der Befruchtung, und so entstehen zwei Zellen, die aneinander haften. Mittels Zellteilung werden weitere Stadien durchlaufen, bis nach sieben Tagen eine Zellmasse von einigen Hundert Zellen, die so genannte *Blastozyste*, entsteht. Dieser Vorgang kann heute auch mit der künstlichen Befruchtung ausserhalb des Körpers in einer Nährlösung (In-vitro-Fertilisation) durchgeführt

werden. Bezeichnenderweise ist aber der weitere Entwicklungsprozess nicht mehr im Reagenzglas möglich, denn nun beginnt ein ganz wichtiges Ereignis: Die Blastozyste, welche bis zu diesem Zeitpunkt 'nur' eine Ansammlung von Zellen darstellt, nistet sich in die Gebärmutter ein. Daraufhin beginnt eine *massive Umordnung* der Zellen und damit die Differenzierung von Körperstrukturen. In den ersten drei bis vier Wochen



Wunderwerk Leben

EINE BILDDOKUMENTATION



Befruchtete Eizelle



Zweizellstadium



Einnistung der Blastozyste in die Gebärmutter



6 Tage nach der Befruchtung



Embryo, 25 Tage alt

erhält der Embryo Nährstoffe direkt von der Gebärmutter Schleimhaut. In dieser Zeit wachsen Gewebe aus, verflechten sich mit der Gebärmutter Schleimhaut und bilden zusammen mit dieser die *Plazenta*. Dieses scheibenförmige Organ enthält sowohl embryonale als auch mütterliche Blutgefäße. Die Plazenta verfügt über ein *spezielles* Kreislaufsystem (Abbildung 9) und hat die Aufgabe, Nährstoffe, Atemgase und Abfallstoffe dem Embryo beziehungsweise abzuführen. Der Austausch von venösem und arteriellem Blut des Embryos geschieht über die Nabelschnur. Im Embryo befinden sich Zellen unterschiedlichster Art: skelettbildende Zellen, Zellen für den Aufbau der inneren Organe, beispielsweise zur Bildung des Gehirns, aber auch des Nervensystems. Sie werden für den differenzierten Körperbau benötigt. Bereits um den 20. Tag können Gehirn, Herz und Rückenmark *andeutungsweise* lokalisiert werden. Wenige Tage später beginnt das Herz zu schlagen, und nach 50

Tagen ist die Körperform des Embryos schon deutlich differenzierter: Man erkennt beispielsweise beim etwa 20 mm grossen Embryo den Schädel, Arme und Hände mit den Fingern, die Zehen, Füße und Beine, die Augen – ja sogar Augenlider und Ohren.

Ein biogenetisches 'Grundgesetz' sorgt für Verwirrung

Wir unterbrechen an dieser Stelle die Beschreibung der Embryonalentwicklung und möchten in gewisser Weise kurz eine Klammer öffnen mit dem Ziel, diesbezüglich einen wichtigen Aspekt vertiefter zu betrachten: Wie wir feststellten, ist es heute dank dem Fortschritt in Forschung und Technik möglich, das Wachstum des Embryos sehr genau zu beobachten. Schon nach 50 Tagen ist, wie wir vorhin sahen, die Körperform des menschlichen Embryos differenziert ausgebildet. Leider ist es aber immer noch so, dass in vielen Lehrbüchern der Biologie mehr oder weniger ausführlich

gelehrt wird, die Embryonen der verschiedenen Wirbeltiergruppen seien einander im Frühstadium *sehr* ähnlich. Diese Sichtweise geht vor allem auf das »*biogenetische Grundgesetz*« des Evolutionsforschers Prof. Ernst Haeckel (1834–1919) zurück. Er lehrte als namhafter Vertreter der Fachwelt, dass Embryonen verschiedener Tiergruppen praktisch gleich aussähen, und versuchte, *stammesgeschichtliche* Verbindungen unterschiedlicher Tiergruppen – beispielsweise die zwischen Vögeln und Säugetieren – mit ungenauen Skizzen der Embryonalentwicklung aufzuzeigen. Wie unzeitgemäss diese Sichtweise in Wirklichkeit ist, zeigen Aufnahmen von embryonalen Stadien verschiedener Wirbeltiere, die deutlich belegen, dass bereits im Frühstadium grosse Unterschiede zu verzeichnen sind (vgl. Tabelle S. 16f.). Ein Beispiel zur Verdeutlichung: Der Embryo einer Schlange oder eines Huhns ist nicht mit demjenigen des Menschen vergleichbar. Dieser Sachverhalt wirft auf diese Angelegenheit ein ganz anderes Licht



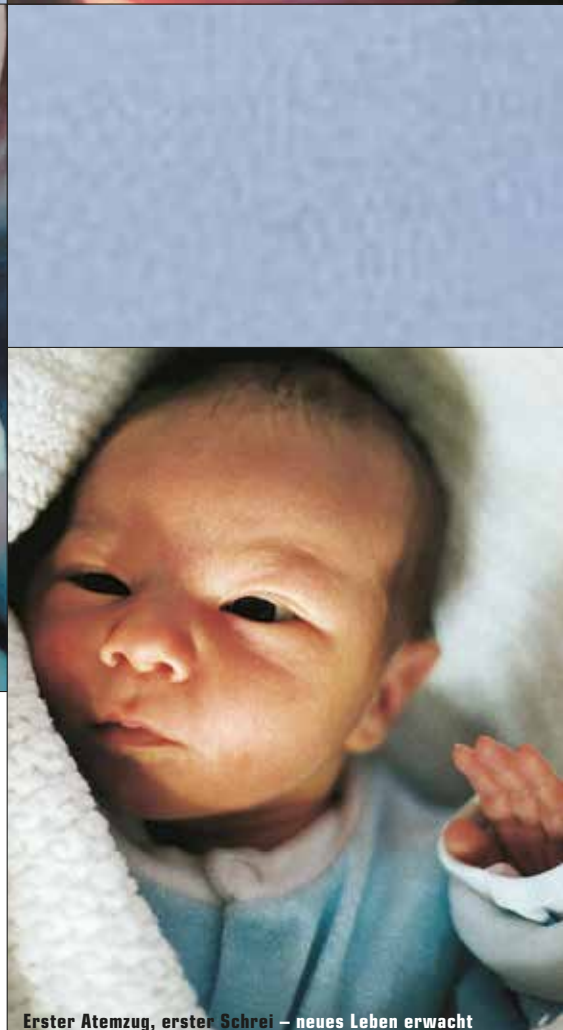
Gleicher Fötus im 5. Schwangerschaftsmonat



Embryo, 50 Tage alt, mit deutlich ausgeprägter Körperform



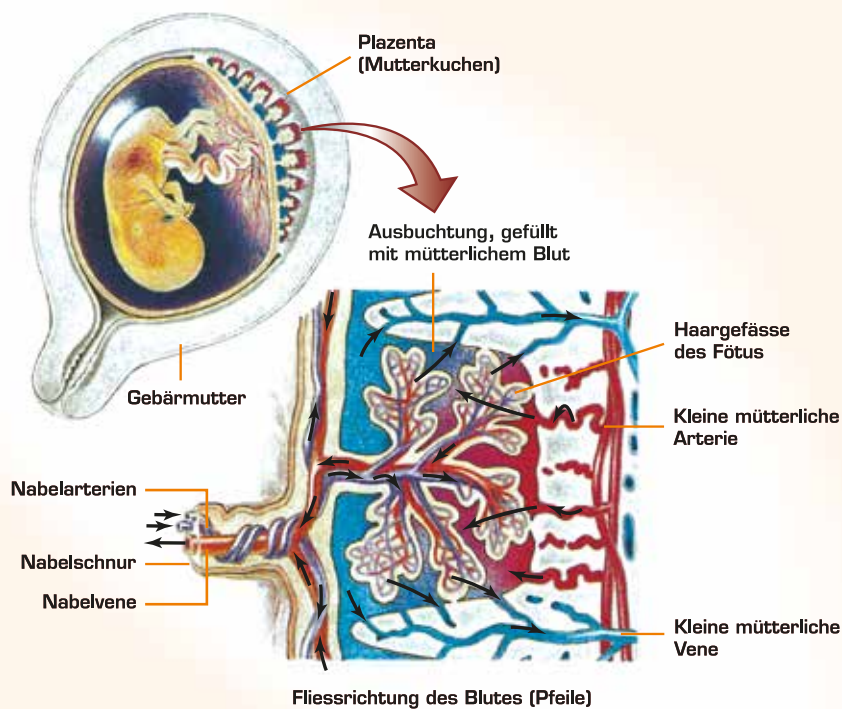
Fötus im 5. Schwangerschaftsmonat



Erster Atemzug, erster Schrei – neues Leben erwacht

9 Plazenta (Mutterkuchen):

Vom Embryo und der Gebärmutter der höheren Säugetiere und des Menschen gebildetes Organ, in dem der mütterliche Blutkreislauf und derjenige des werdenden Kindes in engem Kontakt stehen, ohne direkt ineinander überzugehen.



Erlebnisbericht eines jungen Vaters: »Die Geburt eines Kindes erleben zu dürfen, ist ein unbeschreibliches, kaum in Worte fassbares Ereignis. Der erste Schrei, der erste Atemzug ist etwas ganz Besonderes, und irgendwie hat man das Gefühl, dass zu diesem Zeitpunkt nun plötzlich eigenständiges Leben in den zuvor eher leblos wirkenden Körper des Kindes eintritt, denn gerade die Gesichtszüge verändern sich deutlich. Mit dem Trennen der Nabelschnur wird einem die Eigenständigkeit des neuen Erdenbürgers so richtig bewusst, und man fühlt in sich eine unbeschreibliche Dankbarkeit, dass Mutter und Kind wohlauf sind.«

und ist eigentlich ein gewichtiges Indiz gegen *extrem* formulierte Abstammungstheorien. Wenn beispielsweise wissenschaftlich exakt belegt werden kann, dass die höher organisierte Tierwelt nicht einfach von der niederen abstammt, sondern dies verschiedene aufeinander abgestimmte Entwicklungen sind, die sogar in einem Abhängigkeitsverhältnis zueinander stehen, fragt es sich wirklich, ob da nicht eine Urheberschaft dieses hochkomplex vernetzte System geschaffen hat.

Das angehende Leben reift: Schönheit und Harmonie veredeln es

Doch zurück zum menschlichen Embryo, dessen Entwicklung rasant weiter voranschreitet. Auffällig ist im zweiten Monat, dass sich der Kopfteil mit der Gehirnanlage wesentlich schneller als

andere Körperteile entwickelt. Im Verlauf des dritten Monats nimmt das Gesicht immer menschlichere Formen an. Man spricht nun nicht mehr vom Embryo, sondern vom *Fötus*. In der Augenbrauengegend erscheinen die ersten Haare, und die Zehen- und Fingernägel werden angelegt. Vom vierten Monat an ist die Körperoberfläche mit Ausnahme weniger Stellen von einem Wollhaarkleid bedeckt, und es entstehen Talgdrüsen, deren Sekret gemeinsam mit abgestorbenen Zellen der Haut einen weisslich-fettigen Überzug der Körperoberfläche bildet (so genannte Käseschmiere). Der bisher im Verhältnis zum Körper etwas unförmig grosse Kopf bleibt nun im Wachstum zurück. Gegen Ende des vierten beziehungsweise Anfang des fünften Monats können von der Mutter bereits Bewegungen des

Kindeskörpers wahrgenommen werden. Im zweiten Trimester der Schwangerschaft wächst der Fötus rasch auf eine Grösse von 30 cm heran und bewegt sich zunehmend. Im siebten Monat wachsen Kopfhaare, und die Lungen sind schon so weit ausgebildet, dass sie von nun an atmungsfähig wären, so dass Siebenmonatskinder als Frühgeborene bei sorgfältigster Pflege am Leben erhalten werden können. Im neunten Monat fallen die Wollhaare aus, das Kopfhair wird kräftiger, und die Stirnhaargrenze zeichnet sich deutlich ab. Durch das stetige Wachstum – das Kind hat zu dieser Zeit bereits ungefähr 50 cm Körperlänge – hat es den Anschein, als sei es infolge der eingeschränkten Bewegungsfreiheit weniger aktiv; es kann nun jeden Augenblick zur Welt kommen. Noch aber ist der Schädel

Vergleich von Embryonen

VERSCHIEDENER WIRBELTIERE UND DES MENSCHEN

	Meererneunauge	Dornhai	Gemeiner Knochenhecht	Lachs	Australischer Lungenfisch	Axolotl (Salamander)	Schlammteufel (Riesensalamander)	Ringelnatter	Haushuhn	Fuchskusu (Beuteltier)
frühes Stadium										
mittleres Stadium										
spätes Stadium										



des Kindes nicht vollständig zusammengewachsen: Er weist zwei durch Membranen geschlossene Lücken auf, die so genannten *Fontanellen*. Diese geniale Einrichtung ermöglicht, den Schäeldurchmesser zu reduzieren, damit das Kind leichter durch den Geburtskanal kommt. Von ganz grosser Bedeutung ist im letzten Monat der Immuntransfer von der Mutter aufs Kind. Es erhält aus dem Blut der Mutter einen vorübergehenden Vorrat an Antikörpern. Diese Erreger bekämpfenden Proteine schützen das Baby gegen Kinderkrankheiten wie zum Beispiel Mumps, Masern, Keuchhusten, aber auch gegen einige Bakterienstämme und sogar gegen Erkältungs- und Grippeviren, und zwar so lange, bis das eigene Immunsystem des Kindes über genügend Abwehrkraft verfügt.

Der Wachstumsprozess ist etwas Bewundernswertes – wirft aber auch viele Fragen auf

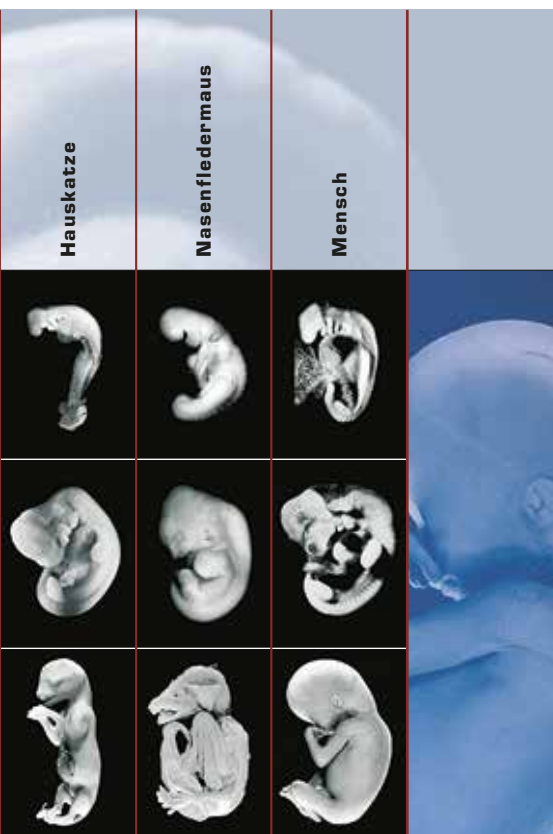
Mit zu erleben, wie sich aus einer einzigen befruchteten Zelle über neun Monate hinweg ein neuer Erdenbürger entwickelt, der im Leben zu einer Persönlichkeit heranreift mit eigenem Denken, Handeln und Können, ist etwas ganz Besonderes, ja Wundersames. Dies erweckt wirklich Ehrfurcht, die im Grunde genommen aus dem *alleinigen* Sichtwinkel der Naturwissenschaft nur unzureichend erfasst werden kann, denn das Lebendige im Körper eines Kindes, beispielsweise seine Lebenskraft, lässt sich ja nicht biologisch erklären.

Wird etwa, so drängt sich hier die Frage auf, bei der irdischen Zeugung *bloss der Keim* für den Aufbau des materiellen Leibes des werdenden Kindes gebildet? Es erhärtet sich immer mehr die Vermutung, dass da noch ganz andere Gegebenheiten mit hineinspielen müssen, von denen man bislang fast nichts weiss. Dazu einige Beispiele: Was ist denn das für eine *Kraft*, die kurz vor der Kernverschmelzung der Geschlechtszellen zur Urzelle im Spiele ist und durch die sich das Protoplasma der Eizelle heftig zu bewegen beginnt? Oder welche Kraft wirkt, damit der Zellhaufen (Blastozyste) sich kurz nach Einnistung in die Gebärmutter, sich den Körperstrukturen anpassend, umordnen kann? Diese grundlegenden Fragen sind noch nicht beantwortet.

In Bezug auf die Entwicklung des Embryos beziehungsweise des Fötus ist jedoch gesichert, dass seine Entfaltung *massgeblich* von der *Infrastruktur* der Mutter abhängt. Über das Blutkreislaufsystem der Plazenta werden dem Kindeskörper insbesondere die notwendigen *Aufbau- und Betriebsstoffe* zugeführt, und es werden Organe in Bewegung gesetzt, sobald sie einigermaßen gebrauchsfähig entwickelt sind. Das ist gewöhnlich im fünften Monat der menschlichen Schwangerschaft der Fall. Die Bewegung der kindlichen Organe im Mutterleib ist deshalb notwendig,

damit sich diese frühzeitig an ihre Tätigkeit gewöhnen. So tragen, direkt oder indirekt gesehen, Leib und Seele der Mutter das Ihrige für die Bewegungen des kindlichen Körpers beziehungsweise das Wohl des werdenden Kindes bei.

Der heutige Fortschritt hat uns viel Wissen eingebracht und verhilft dazu, sowohl dogmatisches Denken als auch Irrtümer zu beseitigen und zeitgemässes Denken zu fördern. Dieser Prozess ist längst nicht abgeschlossen, im Gegenteil – er beginnt täglich aufs Neue. Dabei fällt eines ganz besonders auf: Die Schöpfung – und es spielt keine Rolle, ob es sich um unbelebte oder belebte Materie handelt – verläuft nach ganz genau bestimmten Gesetzmässigkeiten. Eigentlich treten gerade bei komplexeren Geschehnissen, wie der Entstehung des Alls oder der vorgeburtlichen Entwicklung eines Kindes, diese Gesetzmässigkeiten unübersehbar zutage. Alles wirkt sehr geplant und koordiniert, damit dem kommenden Erdenbürger, soweit es die unvollkommene Materie im jeweiligen Fall zulässt, ein optimaler Start ins Leben gewährleistet werden kann. ☺



Bildquellen

S. 5 o., 6/7, 7 (1 und 2), 9 und 11: NASA. S. 7 (3) und 14 o. re.: Corbis. S. 10: S. Ingold nach NASA. S. 13 o.: S. Ingold nach Müller/Hassel. S. 15 Mitte und re. o.: Okapia. S. 15 re. u.: ABZ-Bildarchiv. S. 15 u.: S. Ingold nach Campbell. S. 16/17: M. K. Richardson/S. Ingold. Übrige Bilder: SPL/Focus.

Literatur

Jean Audouze et al., Der Grosse JRO-Atlas der Astronomie, München 1987. Neil A. Campbell, Biologie, Heidelberg 2000. Hans Fahr/Eugen Willerding, Die Entstehung von Sonnensystemen, Heidelberg 1998. James B. Kaler, Sterne – Die physikalische Welt der kosmischen Sonnen, Heidelberg 2000. Werner A. Müller / Monika Hassel, Entwicklungsbiologie und Reproduktionsbiologie von Mensch und Tieren, Berlin 2003. Michael K. Richardson et al., Haeckel, Embryos and Evolution, in: Science, Bd. 280 (Nr. 5366), Washington DC 1998. Albert Schweitzer, Aus meinem Leben und Denken, in: Gesammelte Werke in fünf Bänden, Bd. 1, Zürich 1974. Joseph Silk, Die Geschichte des Kosmos, Heidelberg 1999. E. S. Sills et al., Dizygotic twin delivery following in vitro fertilization and transfer of thawed blastocysts cryopreserved at day 6 and 7, in: Fertility and Sterility, Bd. 79 (Nr. 2), Los Angeles 2003. Karl Sommer, Der Mensch – Anatomie, Physiologie, Ontogenie, Augsburg 1994. Sterne und Weltraum Special, Schöpfung ohne Ende – Die Geburt des Kosmos, Heidelberg 1997. Alexander Tsiaras, Wunder des Lebens – Wie ein Kind entsteht, München 2003.