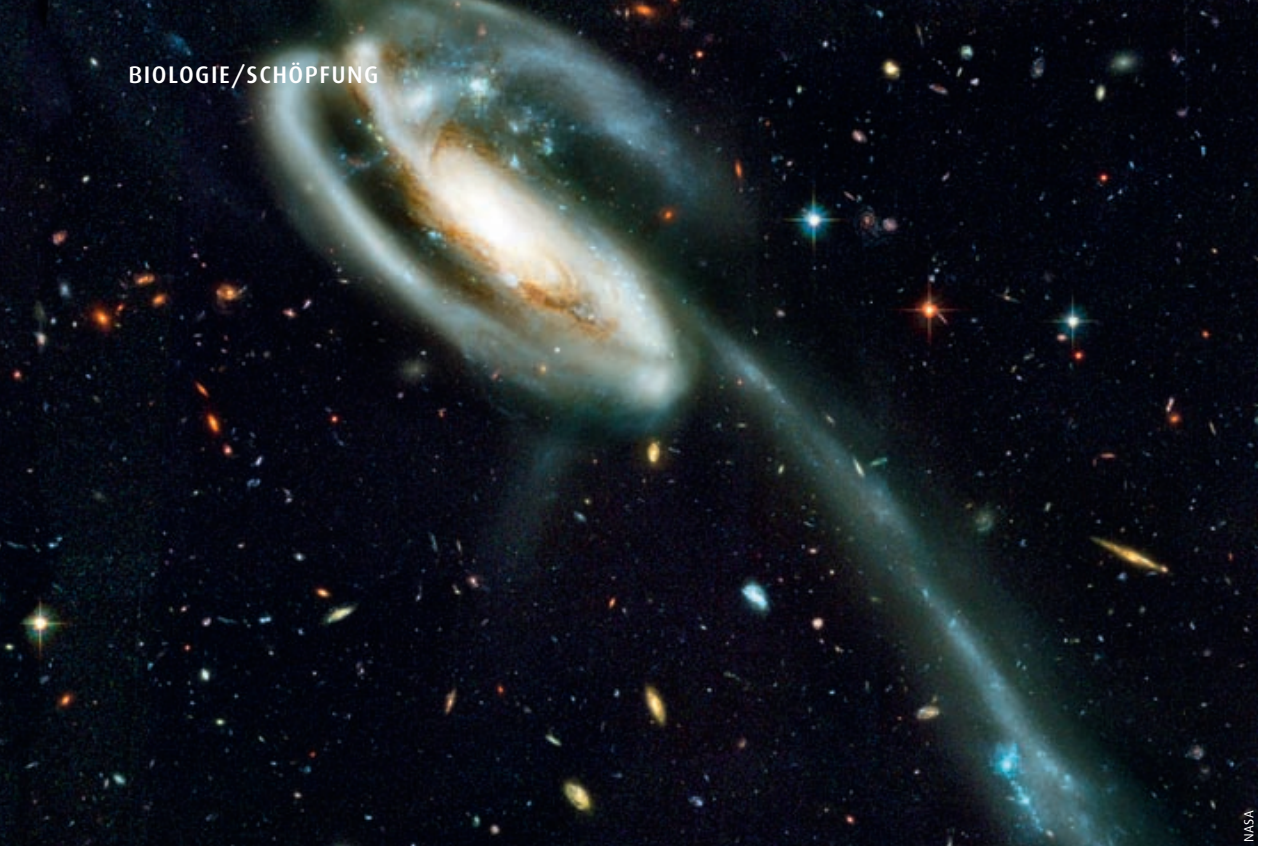
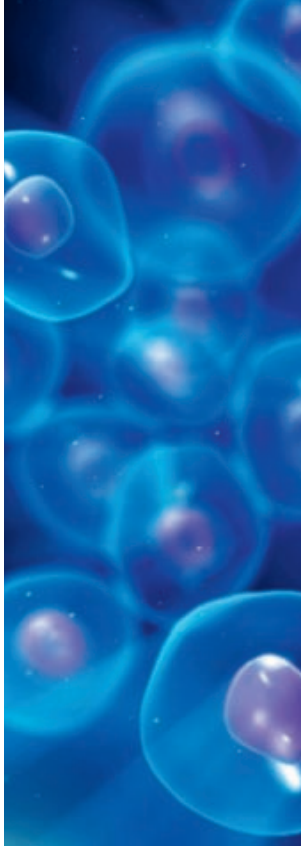

NASA



Universum und Leben im Vergleich

Auch in der belebten Welt sind unvorstellbar hohe Zahlenwerte auszumachen. In dieser Hinsicht steht die «kleine» Erde dem «grossen» Universum in nichts nach.

Beat Samuel Fey

Stossen wir auf aktuelle Erkenntnisse der Astronomie, sind wir stets höchst ergriffen von den gewaltigen, ja unvorstellbaren Grössenordnungen im Universum. Vorschnell betrachten wir in der Folge die Erde und deren Lebewesen beinahe als ein «Nichts». Aber ist dem wirklich so?

Da mich als Biologen die Natur allgemein und das Leben speziell faszinieren, komme ich bei neuen diesbezüglichen Erkenntnissen stets wieder ins Staunen. Dabei ist festzuhalten, dass uns die irdischen Massstäbe massiv bescheidener erscheinen als jene des Universums. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass lebende Strukturen wesentlich komplexerer Natur sind als unbelebte.

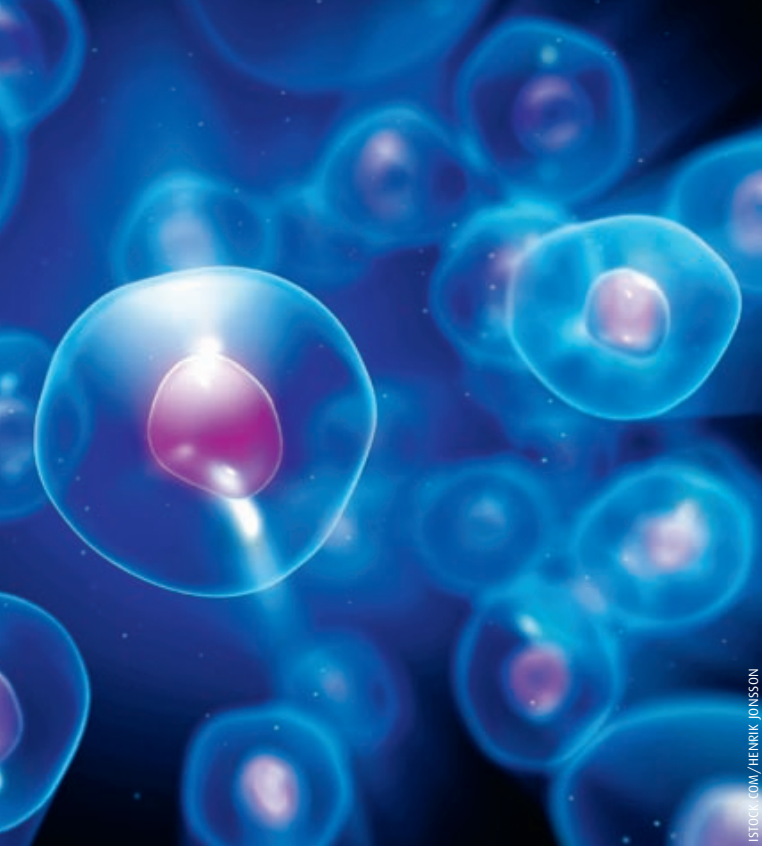
Mit umfangreichen Untersuchungen möchte ich aufzeigen, dass unsere Erde einer adäquaten Gegenüberstellung mit dem «unendlich» viel grösseren Universum durchaus standhalten kann. Dazu vergleiche ich unter anderem die Anzahl der «Grundeinheiten» des Universums (Sterne) mit jener des Lebens (Zellen, *Abb. 2*). Zusätzlich bringe ich die Gesamtlänge aller DNA (Träger der Erbinformationen und damit grundlegendes «Lebensmolekül», *Abb. 4*) im entspiralisierten Zustand in Bezug zur Ausdehnung des Universums. Abschliessend sollen die vorliegenden Befunde auch dazu dienen, in kurzer Form möglichen Antworten auf folgende Fragen näherzukommen:

- Gibt es einen «Mittelpunkt des Universums»?
- Was ist zu halten vom Menschen als «Krone der Schöpfung»?
- Wie könnten Universum und Leben entstanden sein?

Um an das vielfältige Grundwissen und Zahlenmaterial zu gelangen, sind diverse Studien entsprechender Quellen nötig. Zur Bestimmung der ungefähren Anzahl der Zellen in ausgewählten Pflanzenorganen dienen gezieltes mikroskopisches Auszählen in Querschnitten von Laubblättern der

Universum und Leben im Vergleich

Der vorliegende Beitrag ist ein Auszug aus einer längeren Forschungsarbeit. Die Originalarbeit «Universum und Leben im Vergleich» kann als farbig illustriertes und mit vielseitigen Quellenangaben versehenes Büchlein (32 Seiten) zum Preis von 12 Franken (inkl. Versandkosten für die Schweiz) beim Autor direkt bezogen werden: Beat Samuel Fey, Neumattstrasse 27, CH-5600 Lenzburg AG, snowbeat@bluewin.ch, www.beat-samuel-fey.ch


ISTOCK.COM/HENRIK JONSSON

PHOTOCASE.COM/CHRISTIAN REDOLFI

Rotbuche sowie in möglichst dünnen Präparaten von Nadeln der Lärche und entsprechendes Aufrechnen. In der Originalarbeit *(Fey 2011)* finden sich die detaillierten Angaben dazu (siehe auch Kasten «Wie viele Nadeln hat ein Lärchenbaum?»).

Ergebnisse

Kennzeichen des Universums

Als Universum (lat. *universus* – gesamt) wird allgemein die Gesamtheit aller Dinge bezeichnet. Im Speziellen meint man damit den *Weltraum* oder *Kosmos* (griech. *kósmos* – Weltordnung, Gegenstück zum Chaos).[3]

Heute schätzt man die Anzahl von Galaxien im Universum auf etwa 100 Milliarden (10^{11}); jede enthält rund 100 Milliarden Sterne (10^{11}), was zu 10^{22} Sternen insgesamt führt. Der intergalaktische Raum ist nahezu leer, pro Kubikmeter findet sich etwa ein Atom. Die Galaxien, beispielsweise unsere Milchstrasse, sind dagegen ein Ballungsgebiet an Materie.[9]

Diese Befunde, wie auch die Tatsache von acht Planeten in unserem Sonnensystem, lassen eine Annahme von durchschnittlich zehn Planeten pro Stern als möglich erscheinen. Dies ergibt schliesslich 10^{23} sichtbare Himmelskörper (Sterne und Planeten, ohne Monde).

Neben diesen Himmelskörpern gibt es aber auch die unsichtbaren Schwarzen Löcher. Sie sind astronomische Objekte, deren Gravitation so stark ist, dass innerhalb eines bestimmten Raumbereichs nichts mehr von innerhalb nach ausserhalb gelangen kann. Die Grenze dieses Bereichs wird *Ereignishorizont* genannt.[2] Rechnet man die Ergebnisse eines Astronomenteams für das gesamte Weltall hoch, ergibt sich eine stattliche Anzahl Schwarzer Löcher. Man geht von mehreren 100 Millionen aus.[15]

Abb. 1: Galaxy UGC 10214.[6]

Tab. 1: Zusammenfassung einiger Daten.

Merkmale	Ungefähre Daten
Sichtbare Masse des Universums in kg	10^{53}
Ausdehnung des Universums in m	$7{,}4 \times 10^{26}$
Durchmesser einer Galaxie in m	10^{21}
Anzahl Schwarze Löcher	5×10^{8}
Gesamtzahl von Galaxien	10^{11}
Anzahl Sterne pro Galaxie	10^{11}
Total der Sterne	10^{22}
Total der sichtbaren Himmelskörper	10^{23}

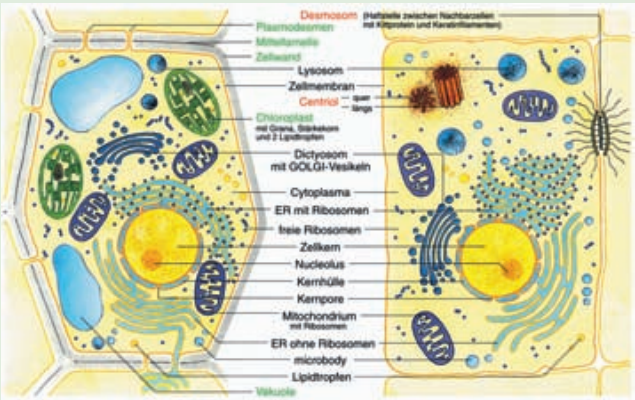


Abb. 2: Schemen eukaryotischer Zellen auf der Basis von elektronenmikroskopischen Aufnahmen, in Realität prall gefüllt mit Organellen; links Pflanzenzelle, rechts Tierzelle; Vergrösserung etwa 700 x *(Bayrhuber und Kull 1998, 21)*.

Kennzeichen des Lebens

Die Biologie liefert keine endgültige Antwort auf die Frage, was Leben letztlich ist. Hier sind auch andere Wissensgebiete wie Theologie, Philosophie oder Psychologie bedeutsam. Was die Biologie jedoch klar aufzeigen kann, sind *Kennzeichen* des Lebens:

- Aufbau aus Zellen *(Abb. 2)*
- Stoffwechsel (Stoffaufnahme, -verarbeitung, -abgabe)
- Reizbarkeit (Reizerfassung, Koordinationsprozess, Reaktion)
- Fortpflanzung
- Wachstum, Entwicklung, Tod
- Vielfalt (Biodiversität)
- Umweltabhängigkeit (ökologische Vernetzungen)

Dadurch wird deutlich, dass Leben sehr viel differenzierter ist als tote Materie. Sicherlich sind prokaryotische Zellen (ohne echte Zellkerne), wie Bakterien, einfacher gebaut als eukaryotische (mit Zellkernen) von Pflanzen und Tieren. Aber selbst Erstere sind wesentlich komplexer einzustufen als beispielsweise Sterne.

Kennzahlen der Bakterien

Die Masse der Bakterien und Archaeen (Urbakterien) beträgt weltweit 3,8 Billionen t, jene der Menschheit bloss 0,34 Milliarden t *(Botzenhardt et al. 2010)*.

1 Femtogramm entspricht 0,000 000 000 000 001 Gramm (= 10^{-15} g); so viel etwa wiegt ein Escherichia coli-Bakterium. 1 g solcher Bakterien beinhaltet somit rund 10^{15} Zellen.[10]

Nehmen wir also einen mittleren Wert von 10^{15} Bakterien pro g an, so ergibt sich eine Gesamtzahl an Bakterien und Archaeen von etwa 4 x 10^{33}. Diese Zahl dürfte allerdings um einiges höher sein, da E. coli zu den grösseren Bakterien gehört.

Die Länge der ringförmig geschlossenen DNA von E. coli beträgt etwa 1,3 mm.[4] Geht man für alle Bakterien und Archaeen dieser Erde zusammen von durchschnittlich je 1 mm DNA-Länge aus, so ergibt sich aneinandergereiht die unvorstellbare Gesamtstrecke von 4 x 10^{30} m.

Kennzahlen der Bäume

Die erfolgten Untersuchungen und Schätzungen an einer Lärche im Alter von etwa 23 Jahren führen zu rund 4 300 000 Nadeln, welche ungefähr 6 x 10^{11} Zellen enthalten. Eine ausgewachsene Rotbuche besitzt etwa 200 000 Laubblätter,[11] was rund 2,5 x 10^{13} Blattzellen bedeutet.

Aufgrund von Auszählungen kann von einem Durchschnitt von 25 grösseren Bäumen pro 400 m^2 (= 625 Bäume pro ha) ausgegangen werden. Die Waldfläche der Schweiz beträgt 1 255 141 ha,[7] was rund 780 000 000 grösseren Bäumen entspricht. Wählt man exemplarisch als Parameter für grössere Bäume die untersuchte, relativ junge Lärche und eine ausgewachsene Rotbuche, so ergeben sich folgende Zahlenwerte für die Zellen in Nadeln und Blattspreiten:

- Lärche und Rotbuche → 6 x 10^{11} und 2,5 x 10^{13}
- Durchschnitt für einen grösseren Baum → rund 1,3 x 10^{13}
- für 7,8 x 10^{8} grössere Bäume → rund 10^{22}

Die Waldfläche der Erde umfasst 3 900 000 000 ha[14] und damit angenähert 2,4 x 10^{12} grössere Bäume mit rund 3 x 10^{25} Nadel-/Blattzellen.

Kennzahlen des Menschen

Ein Erwachsener besteht aus 100 Billionen oder 100 000 000 000 000 einzelnen Zellen[13] → 10^{14}.

Weltweit geht man gegenwärtig von rund 7 x 10^{9} Menschen aus, was insgesamt folgende Anzahl Zellen ergibt (Annahme: alle erwachsen) → 7 x 10^{23}.

Legt man die durchschnittlich nur 40 Tausendstel Millimeter kleinen Zellen eines Menschen aneinander, reichen sie 4 000 000 km (rund 100-mal um die Erde) weit[13] → 4 x 10^{9} m.

Ausgehend von rund 7 x 10^{9} Menschen, ergibt sich insgesamt folgende Strecke → 2,8 x 10^{19} m.

Im Gehirn befinden sich wohl etwa 20 bis 100 Milliarden Nervenzellen[1, 13] → 2 x 10^{10} bis 1 x 10^{11}.

Bei 7 x 10^{9} Menschen ergibt sich insgesamt folgende Anzahl Gehirnzellen → 1,4 bis 7 x 10^{20}.

Das Gehirn ist ein sehr aktives Organ mit einem besonders hohen Sauerstoff- und Energiebedarf. Es macht nur etwa zwei Prozent der Körpermasse aus, verbraucht aber etwa 20 Prozent des Sauerstoffs und mehr als 25 Prozent der Glukose.[1]

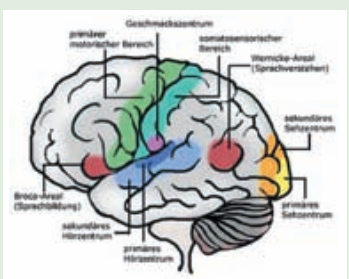


Abb. 3: Unterschiedliche Bereiche des Gehirns.[12]

Der menschliche Körper besteht also aus etwa 100 Billionen Zellen. Abzüglich der 25 Billionen Erythrocyten, die keine Zellkerne und damit keine DNA aufwei-

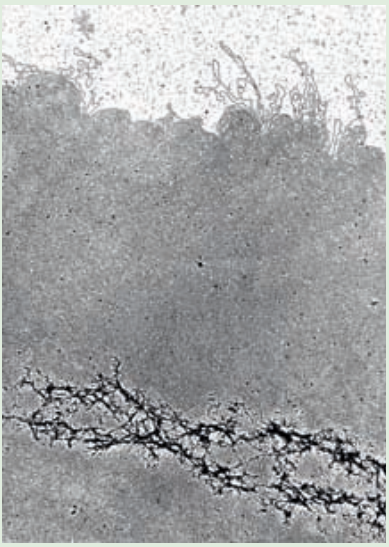


Abb. 4: Entspiralisierter DNA-Faden aus einem von insgesamt 46 Chromosomen eines menschlichen Zellkerns, elektronenmikroskopische Aufnahme; Vergrösserung etwa 4500 x *(Zink et al. 1991, 63)*.

sen, würde die gesamte DNA eines Menschen – im entspiralisierten Zustand wohl gegen zwei Meter pro Zellkern *(Abb. 4)* – die unvorstellbare Länge von 150 Milliarden km oder 1,5 x 10^{14} m erreichen. Und um den Durchmesser unserer Milchstrasse zu überbrücken (10^{21} m), bräuchte man lediglich die menschliche DNA einer Grossstadt wie London mit rund sieben Millionen Einwohnern.[16]

Bei 7 x 10^{9} Menschen ergibt sich insgesamt folgende DNA-Länge → 10^{21} km = 10^{24} m.

Kennzahlen von Lebewesen allgemein

Bezüglich Anzahl der weltweit existierenden Pflanzen- und Tierarten gehen die Schätzungen sehr weit auseinander, sie liegen zwischen fünf und 100 Millionen. Eine im Auftrag des UN-Umweltprogramms UNEP erstellte Studie hält eine Anzahl von 13 bis 14 Millionen Arten als am wahrscheinlichsten.[8]

Interessant für vorliegende Arbeit ist die Frage, wie viele Zellen weltweit überhaupt existieren. Diese ist allerdings nur in grober Annäherung zu beantworten. Bei Bäumen beinhalten Nadeln und Blattspreiten wohl höchstens 1/100 aller Zellen. In Bezug auf die zahlreichen toten Elemente im Pflanzenkörper wie Festigungs-, Kork- oder Holzzellen ist zu bedenken, dass jene zu Beginn ihrer Entwicklung noch lebend waren.

Geht man nun von zehn Millionen Pflanzen- und Tierarten aus, wobei im Durchschnitt jede aus zehn Milliarden Individuen zu je 10^{14} Zellen besteht, führt dies weltweit zu insgesamt 10^{31} Zellen (ohne Einzeller und Pilze). Nimmt man an, dass durchschnittlich ein Meter DNA pro Zellkern vorliegt, so ergibt sich die unvorstellbare Gesamtlänge all ihrer DNA von 10^{31} m.

Diskussion

Sowohl im Universum wie auch in der belebten Welt sind riesige, unvorstellbare Zahlenwerte auszumachen. Es mag zwar zutreffen, dass die Werte einzelner Angaben etwas zu hoch oder zu niedrig eingeschätzt worden sind. Bezüglich der immensen Grössenordnungen ist dies jedoch kaum von Belang.

Wie in der Bilanz deutlich festgestellt werden kann, steht unsere Erde bezüglich Zahlenwerten dem Universum in keiner Weise nach, obwohl sie «unendlich» viel kleiner ist. Selbstverständlich stellt die Erde nicht den geometrischen Mittelpunkt des Universums dar. Zu bedenken ist aber, dass lebende Strukturen extrem differenzierter als unbelebte sind. Berücksichtigt man die Befunde in den *Tabellen 1–3*, darf – solange kein ausserirdisches, hoch entwickeltes Leben gefunden wird – die Erde in jedem Fall als «Komplexitätszentrum» des Universums gelten.

«Krone der Schöpfung» ist eine heute häufig nur ironisch verwendete Bezeichnung für den Menschen. Eine der Formulierung «Krone der Schöpfung» ähnliche Bezeichnung des Menschen enthält auch das Alte Testament in *Psalm 8,6,* der als Lob des Menschen in Form einer Ansprache Davids an Jahwe überliefert ist: «Du machtest ihn wenig geringer als Engel, mit Ehre und Hoheit kröntest du ihn.» Heute wird das menschliche Gehirn oft als komplexeste einheitliche Struktur des Universums angesehen.[5] Betrachtet man die entsprechenden Daten, so könnte der Mensch durchaus als «Höhepunkt des sichtbaren Seins» beurteilt werden.

Das menschliche Denkvermögen, das wohlgemerkt nur einen sehr kleinen Teil seiner Gehirnkapazität beansprucht,

Tab. 2: Zusammenfassung einiger Daten.

Merkmale	Ungefähre Daten
Anzahl Bakterien und Archaeen weltweit	4 x 10^{33}
Gesamtlänge aller DNA von Bakterien und Archaeen in m	4 x 10^{30}
Summe der Nadel-/Blattzellen in den Wäldern der Erde	3 x 10^{25}
Anzahl Zellen der gesamten Menschheit	7 × 10^{23}
Gesamtzahl an Nervenzellen in den Gehirnen der Menschheit	10^{20} bis 10^{21}
Länge sämtlicher menschlichen DNA weltweit in m	10^{24}
Anzahl Zellen von Pflanzen u. Tieren weltweit	10^{31}
Gesamtlänge aller DNA von Pflanzen und Tieren in m	10^{31}

Tab. 3: Ausgewählte «unendliche» Zahlenwerte.

Merkmale	Ungefähre Daten
Sichtbare Masse des Universums in kg	10^{53}
Ausdehnung des Universums in m	7,4 x 10^{26}
Total der Sterne	10^{22}
Durchmesser einer Galaxie in m	10^{21}
Anzahl Bakterien und Archaeen weltweit	4 x 10^{33}
Gesamtlänge aller DNA von Bakterien und Archaeen in m	4 x 10^{30}
Anzahl Zellen von Pflanzen u. Tieren weltweit	10^{31}
Gesamtlänge aller DNA von Pflanzen und Tieren in m	10^{31}

Wie viele Nadeln hat ein Lärchenbaum?

So eruierte Beat S. Fey die Anzahl der Nadeln einer Lärche in seinem Garten in Lenzburg:

- Absägen eines mehrfach verzweigten Astes (rund 1/25 der gesamten Äste)
- Entnadeln des Astes
- Trocknen der Nadeln
- Auszählen von 2 x 1000 Nadeln
- Wägen dieser 2 x 1000 Nadeln mittels Präzisionswaage
- Wägen des Ast-Nadeltotals mittels Präzisionswaage
- Aufrechnen des Ast-Nadeltotals und Erweiterung auf die Gesamtzahl der Nadeln am Baum

Um die ungefähre Anzahl der Zellen in ausgewählten Pflanzenorganen zu bestimmen, diente dem Biologen zunächst gezieltes Auszählen in Dauerpräparatquerschnitten von Laubblättern der Rotbuche (Dicke 10 µm, hergestellt durch Mikrotomtechnik und künstliche Anfärbung), sowie in möglichst dünnen Frischpräparaten von Nadeln der Lärche mittels eines Mikroskops.

- Nadeln: Anzahl Zellen = mittlere Nadellänge x Querschnittzellenzahl geteilt durch Ø-Zellenlänge
- Laubblätter: Auszählen der Zellen in einem Querschnitt von 2 mm Länge (ohne Blattnerven); Resultat mit Zellenzahl einer durchschnittlichen Zellreihe von 2 mm Länge multiplizieren, daraus folgt die Anzahl der Zellen innerhalb von 4 mm^2 Blattfläche; Aufrechnen auf die Gesamtzahl der Zellen innerhalb von 1 cm^2 Blattfläche; Messen der ungefähren Ø-Blattfläche in cm^2; Feststellen der Gesamtzahl der Zellen in einem Laubblatt (ohne Berücksichtigung zusätzlicher Zellen in den Blattnerven).

Anhand der Daten aus zahlreichen Quellen ermittelte er in ähnlicher Weise diverse Grössenordnungen bei Bakterien, bei Bäumen und Lebewesen allgemein sowie beim Menschen.

Der Biologe Dr. Beat Samuel Fey beim Abstreifen der Nadeln einer Lärche.

ZVG

sollte ihn dazu führen, bei der Betrachtung der Natur in Staunen und Ehrfurcht zu versinken. Leider verhält sich der Mensch oft in einer Weise, die kaum seiner Bestimmung entspricht, was auf Selbstherrlichkeit und Egoismus zurückzuführen ist. *Genesis 3* stellt dies im «Sündenfall» dar.

Die menschliche Bestimmung kann aufgrund der enormen Dimensionen seines Grosshirns wohl am besten mit «Wahrnehmung von Verantwortung» umschrieben werden. So ist heute Verantwortung notwendiger denn je:

- gegenüber sich selbst (gesundheitliche Aspekte)
- gegenüber den Mitmenschen (soziales Bewusstsein)
- gegenüber der natürlichen Umwelt (ökologisches Gewissen)

Je intensiver der Mensch sich als integralen Bestandteil der gesamten Schöpfung begreift und damit zu seinen «Wurzeln» (Schöpfer/Natur und Umwelt) zurückfindet, desto mehr dürfte er sich seiner Bestimmung nähern *(Fey 1983)*.

Stellt man sich Fragen zur Entstehung des Seins, ergeben sich auf der Basis eines rein naturwissenschaftlichen und fundamentalistischen Evolutionismus zahlreiche offene Problemstellungen. Im vorliegenden Artikel wird die Auffassung vertreten, dass sich wesentliche Eigenschaften des Universums und des Lebens auf der Erde am besten durch eine intelligente Ursache und nicht durch rein zufällige Vorgänge erklären lassen. Das umfassende Zufallsprinzip wird durch transzendente Zielrichtung ersetzt. Komplexität und Schönheit der Natur wie auch die hier dargelegten Befunde – auf «Unendlichkeit» und «Unfassbarkeit» hinweisend – werden als Wunder der Schöpfung deklariert. ■

Der Autor, Dr. phil. Beat Samuel Fey, Jg. 1951, ist verheiratet und Vater zweier erwachsener Kinder. Er studierte Biologie an der Universität Zürich. 1981 Promotion in Systematischer Botanik, 1980 bis 2010 Gymnasial- und Seminarlehrer an Mittelschulen des Kantons Luzern, seit August 2010 im Ruhestand, überzeugt von zielgerichteter Schöpfung.
E-Mail: snowbeat@bluewin.ch, www.beat-samuel-fey.ch

Literatur
Bayrhuber, Horst, und Kull, Ulrich (Hrsg.): Linder Biologie. Hannover: Schroedel. 21. Aufl. 1998.
Botzenhardt, Tilman, et al.: Die Masse der Meere, des Goldes. In: GEO. 10/2010:32.
Fey, Beat Samuel: Ökologische Herausforderung an den Menschen von heute. In: factum. Mai 1983: S. 8–19.
Fey, Beat Samuel: Universum und Leben im Vergleich. Lenzburg: Eigenverlag. 2011.
Zink, Barbara, et al.: Lebende Mikrowelt. Elektronenmikroskopische Bilder. Basel: Editiones Roche. 1991.

Fussnoten (Internet)
1 de.wikipedia.org/wiki/Gehirn (28.10.2010)
2 de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch (05.10.2010)
3 de.wikipedia.org/wiki/Universum bzw. Galaxie (13.09.2010)
4 ntbiomol.unibe.ch/trachsel/teaching/Modul1Schueler/DNAschwer.html (15.11.2010)
5 science.orf.at/stories/1634052/ (27.10.2010)
6 translate.google.ch/translate?hl=de&langpair=en%7Cde&u=http://www.godandscience.org/love/tourjs.html (28.10.2010)
7 www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/07/04/blank/key/waldflaeche.html (25.09.2010)
8 www.bpb.de/themen/ASNUNF,0,0,Bedrohte_Arten.html (07.11.2010)
9 www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/deepsky/galaxien.html (13.09.2010)
10 www.chemlin.de/news/sep06/biosensoren.htm (15.10.2010)
11 www.inaro.de/deutsch/KULTURPF/Baeume/Buche.htm (21.10.2010)
12 www.netdoktor.de/Krankheiten/Anatomie/Gehirn-Aufbau-und-Funktionen-9372.html (28.10.2010)
13 www.spektrumverlag.de/sixcms/detail.php?id=620672&_z=&_druckversion=1 (29.09.2011)
14 www.umweltlexikon-online.de/RUBnaturartenschutz/Waldflaeche.php (29.09.2010)
15 www.welt.de/wissenschaft/article1354779/Immense_Anzahl_neuer_Schwarzer_Loecher_entdeckt.html (05.10.2010)
16 www.wissenschaft-online.de/artikel/692182 (15.09.2010)