Zeitschrift: Lenzburger Neujahrsblätter

Herausgeber: Ortsbürger-Kulturkommission Lenzburg

Band: 84 (2013)

Artikel: 400 000 000 000 000 000 000 Bakterien im Boden : ein Vergleich von Lenzburg mit dem Universum

Autor: Fey, Beat Samuel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-918042

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Beat Samuel Fey

400 000 000 000 000 000 000 Bakterien im Boden: Ein Vergleich von Lenzburg mit dem Universum

1. Einleitung

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 extrem faszinieren, komme ich bei neuen diesbezüglichen Erkenntnissen stets wieder kaum aus dem Staunen heraus. Dabei ist festzuhalten, dass zwar irdische Massstäbe massiv bescheidener erscheinen als jene des Universums. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass lebende Strukturen wesentlich komplexerer Natur als unbelebte sind.

Mit umfangreichen Untersuchungen möchte ich aufzeigen, dass unsere Erde und selbst Teile davon einer adäquaten Gegenüberstellung mit dem «unendlich» viel grösseren Universum durchaus standhalten können. 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 zu Ausdehnungen im Universum. Dabei geht es mir in erster Linie um die entsprechenden Grössenordnungen und nicht um Fragen der Entstehung derselben. Die vorliegenden, unvorstellbaren Zahlenwerte sollen unser Bewusstsein in einer Weise bereichern, dass Ehrfurcht und Verantwortung gegenüber der Schöpfung gefördert wird. Abschliessend sollen die Befunde auch einige philosophische Gedankengänge ermöglichen.

Um an das vielfältige Grundwissen und Zahlenmaterial zu gelangen, sind diverse Studien entsprechender Quellen nötig. Der Bestimmung der ungefähren Anzahl der Zellen in ausgewählten Pflanzenorganen dienen gezieltes, mikroskopisches Auszählen in Querschnitten von Laubblättern der Rotbuche sowie in möglichst dünnen Präparaten von Nadeln der Lärche und entsprechendes Aufrechnen. In der Originalarbeit (Fey 2011) finden sich detaillierte Angaben dazu.

Gerne danke ich an dieser Stelle allen Personen, welche zum Gelingen dieser Arbeit mit wertvollen Hinweisen oder kritischem Lesen des Entwurfes beigetragen haben. Namentlich zu erwähnen sind Dr. Konrad Bünzli sowie Jacqueline Schneeberger Fey.

2. Ergebnisse im Allgemeinen

2.1. Das Universum

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). (Int [Internet] 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. (Int 8).

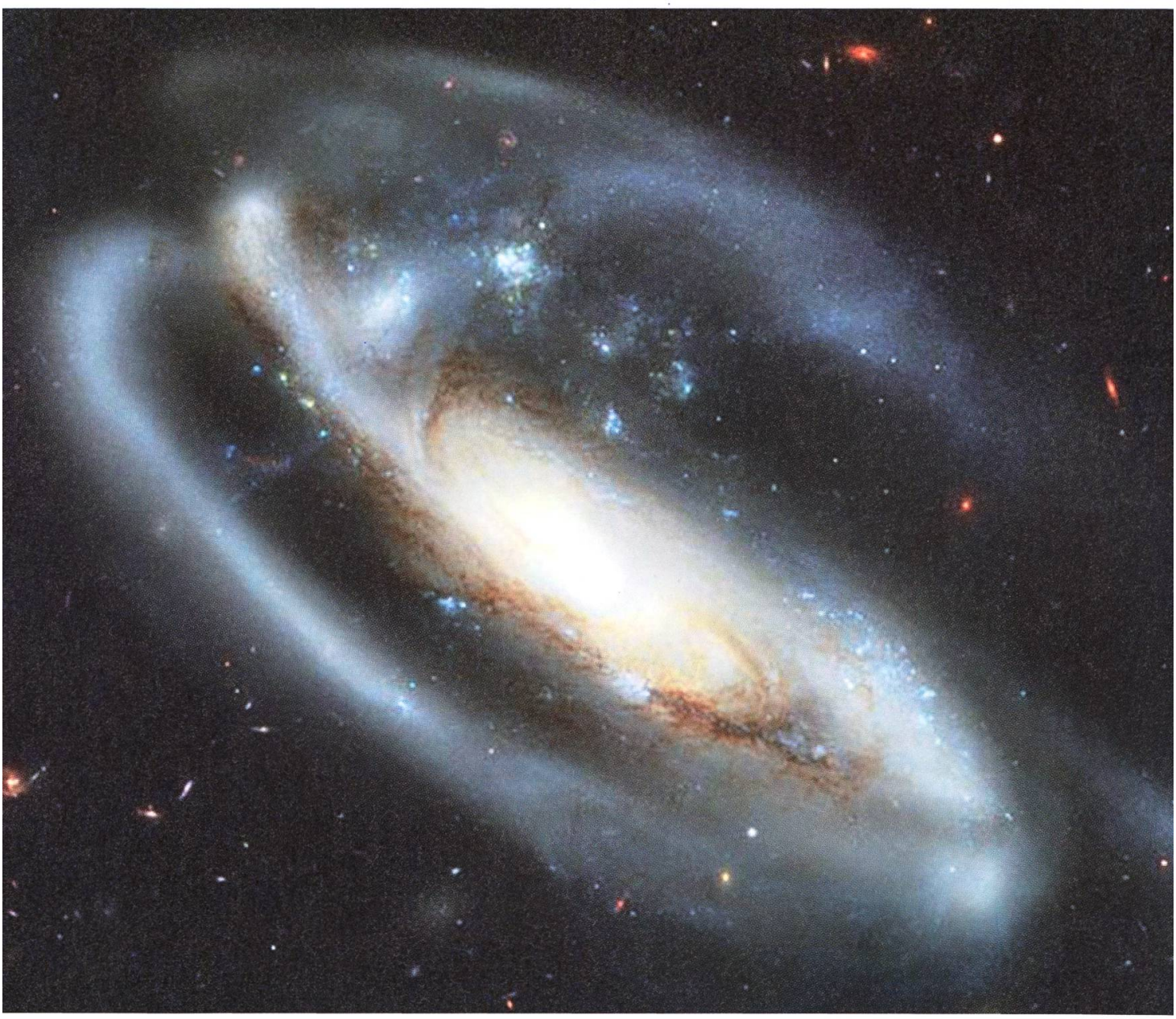

Abb. 1: Galaxy UGC 10214. (Int 6).

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. (Int 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. (Int 16).

Merkmale	Ungefähre Werte
Sichtbare Masse des Universums in kg [Kilogramm]	10^{53}
Ausdehnung des Universums in m [Meter]	$7{,}4 \times 10^{26}$
Durchmesser einer Galaxie in m [Meter]	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}

Tab. 1: Zusammenfassung einiger Daten des Universums. (Fey 2011,8).

2.2. Das Leben

2.2.1. Kennzeichen des Lebens

Die Biologie liefert keine endgültige Antwort auf die Frage, was letztlich Leben überhaupt 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 als tote Materie ist. 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.

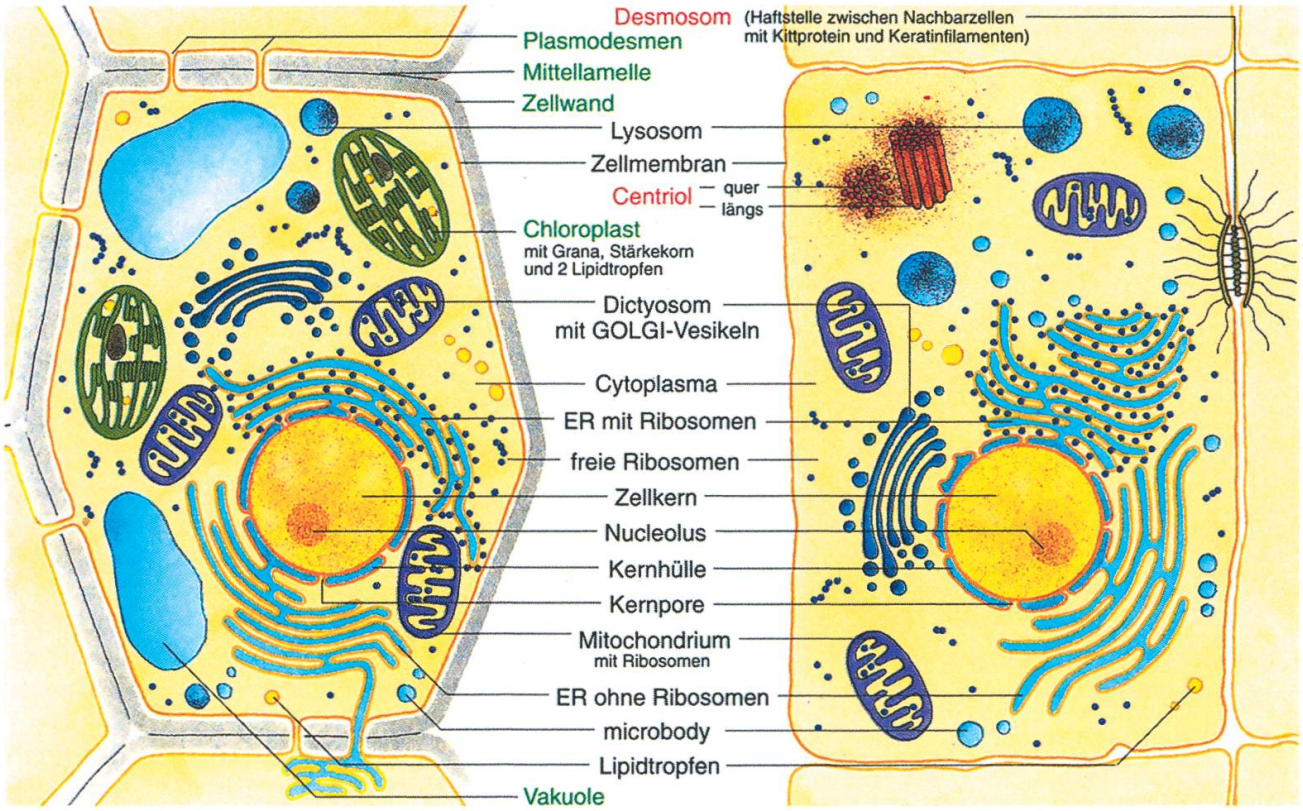

Abb. 2: Schemen eukaryotischer Zellen auf der Basis von elektronenmikroskopischen Aufnahmen, in Realität prall gefüllt mit Organellen; links Pflanzenzelle, rechts Tierzelle; Vergrösserung etwa 1 000 x. (Bayrhuber und Kull 1998, 21).

2.2.2. Bakterien

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

1 femto-g 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. (Int 9).

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 (Int 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.

2.2.3. 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 (Int 10), was mindestens 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 (Int 7), was somit rund 780 000 000 grösseren Bäumen entspricht.

Wählt man exemplarisch als Parameter für grössere Bäume die relativ junge untersuchte Lärche und eine ausgewachsene Rotbuche, so ergeben sich folgende Zahlenwerte für die Zellen in Nadeln und Blattspreiten:
Lärche u. Rotbuche: 6×10^{11} und $2{,}5 \times 10^{13}$; Ø für grösseren Baum: rund $1{,}3 \times 10^{13}$; für $7{,}8 \times 10^{8}$ grössere Bäume: rund 10^{22}.
Die Waldfläche der Erde umfasst 3 900 000 000 ha (Int 15) und damit angenähert $2{,}4 \times 10^{12}$ grössere Bäume mit rund 3×10^{25} Nadel/Blattzellen.

Bei Bäumen beinhalten Nadeln und Blattspreiten wohl höchstens 1/100 aller Zellen. In Bezug auf die zahlreichen toten Zellen im Pflanzenkörper wie Festigungs-, Kork- oder Holzzellen ist zu bedenken, dass jene zu Beginn ihrer Entwicklung noch lebend waren. Angenähert kann damit von einer Gesamtzahl von gegen 3×10^{27} Zellen ausgegangen werden. Nimmt man an, dass durchschnittlich 1 m DNA pro Zellkern vorliegt oder vorlag, was wohl eher knapp bemessen ist, so ergibt sich die unvorstellbare Gesamtlänge all ihrer DNA von 3×10^{27} m.

2.2.4. Mensch

Ein Erwachsener besteht aus 100 Billionen oder 100 000 000 000 000 einzelnen Zellen (Int 14): 10^{14}.
Weltweit geht man gegenwärtig von rund 7×10^{9} Menschen aus, was folgendes Total an Zellen ergibt: 7×10^{23}.
Dieser Wert geht allerdings von lauter Erwachsenen aus. Er wäre in der Bilanz also etwas kleiner. Jedoch besiedeln einen Menschen rund 10^{14} Bakterien (Int 13), was insgesamt zu einer noch grösseren Menge von Zellen führen würde.
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 (Int 14): 4×10^{9} m.
Ausgehend von rund 7×10^{9} Menschen, ergibt sich folgende Strecke: $2{,}8 \times 10^{19}$ m.

Im Gehirn befinden sich 20 bis 100 Milliarden Nervenzellen (Int 1, Int 12, Int 14): 2×10^{10} bis 1×10^{11}.
Ausgehend von rund 7×10^{9} Menschen, ergibt sich in der Summe folgende Anzahl Gehirnzellen: 1,4 bis 7×10^{20}.
Das Gehirn ist ein sehr aktives Organ mit einem besonders hohen Sauerstoff- und Energiebedarf. Es macht nur etwa 2% der Körpermasse aus, verbraucht aber etwa 20% des Sauerstoffs und mehr als 25% der Glukose. (Int 1).

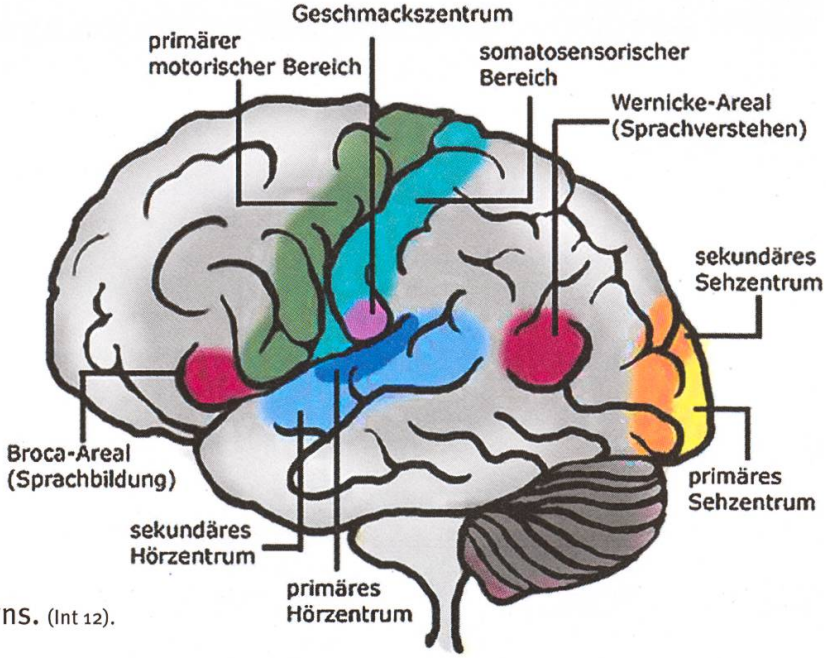

Abb. 3:
Unterschiedliche Bereiche des Gehirns. (Int 12).

Der menschliche Körper besteht also aus etwa 100 Billionen Zellen. Abzüglich der 25 Billionen Erythrocyten, die keine Zellkerne und damit keine DNA aufweisen, würde die gesamte DNA eines Menschen – im entspiralisierten Zustand wohl gegen 2 m pro Zellkern (Abb. 4) – die unvorstellbare Länge von 150 Milliarden km oder $1{,}5 \times 10^{14}$ 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 7 Millionen Einwohnern. (Int 17).
Ausgehend von rund 7×10^{9} Menschen, ergibt sich insgesamt folgende DNA-Länge: 10^{21} km = 10^{24} m.

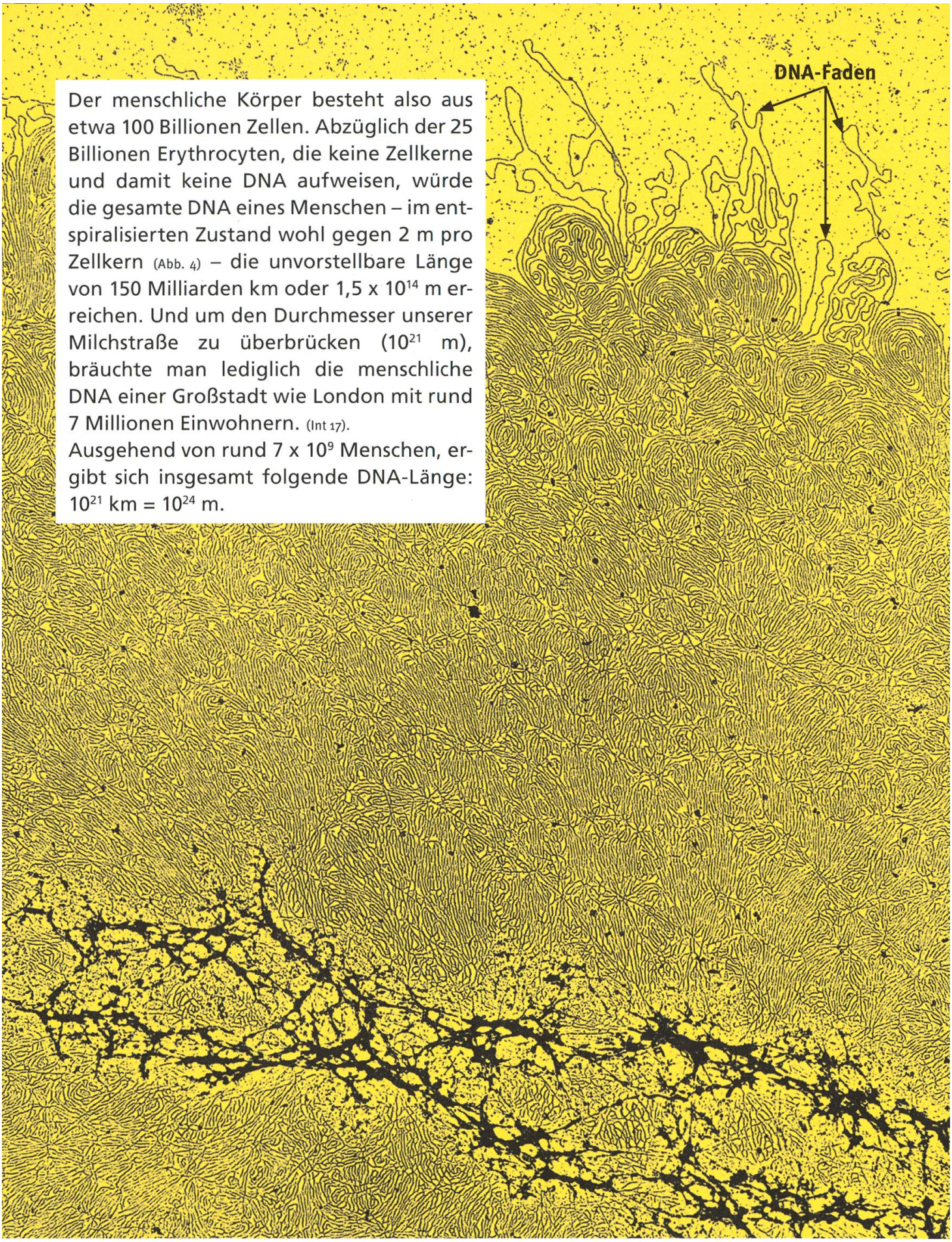

Abb. 4: Teil des entspiralisierten DNA-Fadens aus einem von insgesamt 46 Chromosomen eines menschlichen Zellkerns, elektronenmikroskopische Aufnahme; Vergrösserung etwa 16 000 x. (Zink et al. 1991,63).

2.2.5. Bilanz

Merkmale	Ungefähre Werte
Anzahl Bakterien und Archaeen weltweit	4×10^{33}
Gesamtlänge aller DNA von Bakterien und Archaeen in m	4×10^{30}
Summe der Baumzellen in den Wäldern der Erde	3×10^{27}
Gesamtlänge aller DNA sämtlicher Bäume in m	3×10^{27}
Anzahl Zellen der gesamten Menschheit	7×10^{23}
Länge sämtlicher menschlichen DNA weltweit in m	10^{24}

Tab. 2: Zusammenfassung einiger Daten des Lebens.

3. Ergebnisse im Speziellen am Beispiel der Stadt Lenzburg

3.1. Überblick

Merkmale	Zahlenwerte
Gesamtfläche (ha)	1133
Wälder, Gehölze (ha)	566
Wiesen, Äcker u. Ä. (ha)	261
Siedlungsgebiete und Verkehrsflächen (ha)	306
Ökoflächen (ha)	980
Einwohnerzahl (Ende 2010)	8444

Tab. 3: Ausgewählte Angaben zu Lenzburg. (Int 11).

Unter Ökoflächen verstehen sich naturnahe Bereiche: Wälder und Gehölze, Wiesen und Äcker oder auch Gewässer. Allerdings darf grob geschätzt auch rund die Hälfte des Siedlungsgebietes dazu gerechnet werden: Gärten, Parkanlagen, Grünkorridore, noch nicht überbautes Gelände. (Fey 1998/2003/2004).

Abb. 5: Herbstliches Lenzburg, vom Staufberg aus gesehen.

3.2. Werte bei ausgewählten Lebewesen

Die Grundlagen zur Ermittlung der folgenden Zahlen liefert die Originalarbeit (Fey 2011).

3.2.1. Bodenbakterien

Die obersten 30 cm einer Ökofläche von 1 ha beinhalten etwa 4 x 10^{17} Bakterien. Für Lenzburg mit ungefähr 980 ha davon bedeutet dies beinahe 4 x 10^{20} solcher Lebewesen. Dies entspricht 1/25 der geschätzten Anzahl Sterne des Universums. Weisen sämtliche dieser Bakterien durchschnittlich je 1 mm DNA-Länge aus, so ergibt sich dafür eine unvorstellbare Gesamtstrecke von 4 x 10^{17} m.

3.2.2. Bäume

Aufgrund von Auszählungen im Lütisbuech kann von einem Durchschnitt von 625 grösseren Bäumen pro ha ausgegangen werden. Ein grösserer Baum beinhaltet wohl rund 1,3 x 10^{13} Nadel/Blattzellen und ein Total von über 10^{15} Zellen. Lenzburg mit seinen 566 ha Wäldern und Gehölzen beherbergt somit mindestens 350 000 (= 3,5 x 10^{5}) grössere Bäume mit einem Total von gegen 5 x 10^{20} Zellen, was zahlenmässig rund 1/20 der Anzahl Sterne des Universums bedeutet. Nimmt man an, dass durchschnittlich 1 m DNA pro Zellkern vorliegt oder bei toten Baumzellen vorlag, so ergibt sich dafür die Gesamtstrecke von etwa 5 x 10^{20} m, was der Hälfte des Durchmessers einer Galaxie entspricht.

3.2.3. Süssgräser

In der Sportanlage Wilmatten Lenzburg weisen das Fussball-Hauptfeld (100 x 66 m²) und dessen Nebenplätze insgesamt rund 15 300 m² Rasenfläche auf (Int 11).

Aufgrund von Auszählen und Aufrechnen kann die ungefähre Anzahl der dort vorkommenden Grasblätter festgelegt werden:

Ausgewählte Untersuchungsfläche von 900 cm²:	3 600 Blätter
Menge pro cm²:	4 Blätter
Bezug auf 1 m²:	40 000 Blätter
Gesamtzahl auf 15 300 m²:	612 000 000 Blätter (> 6 x 10^{8} Blätter)
Vorsichtige Annahme von 10^{6} Zellen pro Blatt:	gegen 10^{15} Zellen

3.2.4. Mensch

Die Einwohnerzahl von Lenzburg beträgt etwa 8500 Menschen, was gemäss Kap. 2.2.4. gleichbedeutend ist mit rund 8,5 x 10^{17} Zellen, die aneinandergelegt 3,4 x 10^{13} m lang sind und 1,3 x 10^{18} m DNA aufweisen.

3.2.5. Bilanz

- Die hiesige Anzahl der Bodenbakterien entspricht wohl etwa 1/25, jene der Baumzellen 1/20 der Anzahl der Sterne im Universum.
- Selbst das Total der Graszellen der Sportanlage Wilmatten weist einen unvorstellbaren Wert von geschätzten 10^{15} auf.
- Die Menschen von wenig mehr als 10 000 Ortschaften der Grösse von Lenzburg beinhalten so viel Zellen, wie es Sterne gibt.
- Die Bodenbakterien-DNA von rund 2 500 Ortschaften der Grösse von Lenzburg ergibt aneinandergereiht eine Gesamtlänge, die dem Durchmesser einer Galaxie vergleichbar ist.
- Die DNA der Baumzellen hiesiger Wälder ergibt auf diese Weise gar einen halben Durchmesser einer Galaxie.
- Die Menschen von weniger als 1000 Ortschaften der Grösse von Lenzburg weisen eine Gesamtlänge ihrer DNA auf, die dem Durchmesser einer Galaxie entspricht.

Merkmale	Ungefähre Werte
Anzahl Bodenbakterien im erfassten Gebiet	4×10^{20}
Gesamtlänge aller DNA der Bodenbakterien in m	4×10^{17}
Summe der Baumzellen in den Lenzburger Wäldern	5×10^{20}
Gesamtlänge aller DNA der entsprechenden Bäume in m	5×10^{20}
Total der Grasblattzellen in der Sportanlage Wilmatten	10^{15}
Anzahl Zellen der betroffenen Bevölkerung	$8{,}5 \times 10^{17}$
Länge sämtlicher menschlichen DNA dieses Ortes in m	$1{,}3 \times 10^{18}$

Tab. 4: Zusammenfassung einiger Daten von Lenzburg.

4. Diskussion

Sowohl im Universum wie auch in der belebten Welt sind riesige, unvorstellbare Zahlenwerte auszumachen (Tab. 1 und 2). 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. Zu bedenken ist indessen, dass lebende Strukturen extrem differenzierter als unbelebte sind. Bereits entsprechende Werte von Lenzburg weisen unglaubliche Dimensionen auf (Tab. 4). Diese sollen hier am Beispiel des Zählens veranschaulicht werden. Nimmt man an, für jede Zahl eine Sekunde zu brauchen, sind folgende Zeitspannen nötig:

Beispiele	Zahlenwerte	Arbeitszeiten (ohne Ruhetage und Ferien)
Ein Mensch zählt auf eine Million	$1\,000\,000 = 10^{6}$	35 Tage zu 8 Stunden
Ein Mensch zählt die Grasblätter auf 15'300 m² Rasenfläche (Sportanlage Wilmatten Lenzburg)	$612\,000\,000 = 6{,}12 \times 10^{8}$	59 Jahre zu 8 Stunden pro Tag
Ein Mensch zählt auf eine Milliarde	$1\,000\,000\,000 = 10^{9}$	95 Jahre zu 8 Stunden pro Tag
Die gesamte Menschheit zählt zu einer möglichst hohen Zahl	$7\,000\,000\,000\,000\,000\,000 = 7 \times 10^{18}$	95 Jahre zu 8 Stunden pro Tag

Tab. 5: Zusammenhang zwischen Zählvorgang, Zahlenwert und Zeitbedarf.

Stellt man sich Fragen zur Entstehung dieses unvorstellbaren Seins, ergeben sich auf der Basis eines rein naturwissenschaftlichen und fundamentalistischen Evolutionismus zahlreiche offene Problemstellungen. Komplexität und Schönheit der Natur

wie auch die hier dargelegten Befunde – auf «Unendlichkeit» und «Unfassbarkeit» hinweisend – werden als «Wunder der Schöpfung» verstanden. (Fey 2011).

Selbstverständlich stellt die Erde nicht den geometrischen «Mittelpunkt des Universums» dar. Solange aber kein ausserirdisches, hoch entwickeltes Leben gefunden wird, darf die Erde durchaus als «Komplexitätszentrum des Weltalls» gelten.

«Krone der Schöpfung» ist zwar eine häufig nur ironisch verwendete Bezeichnung für den Menschen. Jedoch wird heute das menschliche Gehirn oft als komplexeste einheitliche Struktur des Universums angesehen (Int 5). Betrachtet man Daten wie in Kap. 2.2.4. dargelegt, könnte der Mensch durchaus als «Höhepunkt des sichtbaren Seins» beurteilt werden.

Das menschliche Denkvermögen, das wohlgemerkt nur einen sehr kleinen Teil seiner Gehirnkapazität beansprucht, 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. (Fey 2011).

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 sowie Natur und Umwelt) zurückfindet, desto mehr dürfte er sich seiner Bestimmung nähern (Fey 1983/2011).

Verinnerlicht man die oben dargelegten Zahlenwerte nur schon von Lenzburg, so sollte ein Staunen erfolgen, das unweigerlich zu Verantwortung gegenüber der natürlichen Umwelt führen muss. Auf dieser Basis ist ein gezielt ökologisch orientierter Ansatz der Raumplanung zu entwickeln. Die Natur in all ihren ungeahnten Facetten muss ausgedehnt ihren Platz finden und nachhaltig geschützt werden. Überbauungen sind somit massvoll und umweltverträglich zu realisieren.

Ein besserer Bezug zur Natur kann im Siedlungsraum gefördert werden mittels Grünkorridoren und vielfältigen Parkanlagen sowie durch eine Gartengestaltung, die sich an biologischen Kriterien orientiert. Vermehrt sind dabei Begrünungen von Wänden, Mauern und Flachdächern in Erwägung zu ziehen. (Fey 1998/2003/2004). Der sesshafte Mensch pflegt seit Urzeiten Gärten, nicht bloss der Ernährung wegen, sondern weil diese alle seine Sinne anregen. Sie sind sinnvoll! Der «Gartenpfad Stadt und Schloss Lenzburg» soll der entsprechenden Sensibilisierung dienen. (Fey 2001).

Aber auch ausserhalb des Siedlungsraumes ist naturnahe Planung nötiger denn je. Namentlich grossen Strassenumfahrungsprojekten durch Grünzonen und Erholungsgebiete, welche anstehende Verkehrsprobleme lediglich verschieben, ist mit äusserster Vorsicht zu begegnen.

5. Quellenverzeichnis

5.1. 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: 8-19.

Fey, Beat Samuel: Untersuchungen über Bau und Geschichte der Gartenanlagen in Lenzburg.
In: Lenzburger Neujahrsblätter. 1998: 3-40.

Fey, Beat Samuel: Gartenpfad Stadt und Schloss Lenzburg.
Lenzburg: Natur- und Heimatschutzkommission. 2001.

Fey, Beat Samuel: Untersuchungen in einem Naturgarten von Lenzburg. In: Lenzburger Neujahrsblätter. 2003: 30-79.

Fey, Beat Samuel: Lenzburg – eine Gartenstadt.
In: Heimatkunde aus dem Seetal. 2004: 5-48.

Fey, Beat Samuel: Universum und Leben im Vergleich. Lenzburg: Eigenverlag. 2011.

Zink, Barbara, et al.: Lebende Mikrowelt. Elektronenmikroskopische Bilder. Basel: Editiones Roche. 1991.

5.2. Internet

Int 1: de.wikipedia.org/wiki/Gehirn (28.10.2010).
Int 2: de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch (05.10.2010).
Int 3: de.wikipedia.org/wiki/Universum bzw. Galaxie (13.09.2010).
Int 4: ntbiomol.unibe.ch/trachsel/teaching/Modul1Schueler/DNAschwer.html (15.11.2010).
Int 5: science.orf.at/stories/1634052/ (27.10.2010).
Int 6: translate.google.ch/translate?hl=de&langpair=en%7Cde&u=http://www.godandscience.org/love/tourjs.html (28.10.2010).
Int 7: www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/07/04/blank/key/waldflaeche.html (25.09.2010).
Int 8: www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/deepsky/galaxien.html (13.09.2010).
Int 9: www.chemlin.de/news/sep06/biosensoren.htm (15.10.2010).
Int 10: www.inaro.de/deutsch/KULTURPF/Baeume/Buche.htm (21.10.2010).
Int 11: www.lenzburg.ch (22.12.2011).
Int 12: www.netdoktor.de/Krankheiten/Anatomie/Gehirn-Aufbau-und-Funktionen-9372.html (28.10.2010).
Int 13: www.nzz.ch/nachrichten/forschung_und_technik/der_mensch_und_seine_bakterien__ein_zellulaerer_superorganismus_1.2302358.html (23.12.2011).
Int 14: www.spektrumverlag.de/sixcms/detail.php?id=620672&_z=&_druckversion=1 (29.09.2011).
Int 15: www.umweltlexikon-online.de/RUBnaturartenschutz/Waldflaeche.php (29.09.2010).
Int 16: www.welt.de/wissenschaft/article1354779/Immense_Anzahl_neuer_Schwarzer_Loecher_entdeckt.html (05.10.2010).
Int 17: www.wissenschaft-online.de/artikel/692182 (15.09.2010).

Die Originalarbeit «Universum und Leben im Vergeich» kann als farbig illustriertes und mit vielseitigen Quellenangaben versehenes Büchlein (32 Seiten) zum Preis von Fr. 12.– (inkl. Versandkosten) beim Autor direkt bezogen werden:
Beat Samuel Fey, Neumattstrasse 27, 5600 Lenzburg AG, info@beat-samuel-fey.ch / www.beat-samuel-fey.ch