



Über den Ursprung von Information

Adalbert Feltz

(Trofaiach/ Österreich)

Veröffentlicht: 20. Juni 2025

Abstract

Aside from the terms energy and matter, which are important for science and engineering, information appears to be of similar importance. Information seems to depend always on living systems or is bound to a suitable technical equipment formed by human doing. According to the laws of interaction of forces energy and matter form the inanimate nature yielding atoms from elementary particles and the latter molecules. These form liquids and solid states. Such processes tend to minimize free energy in order to achieve thermodynamic equilibrium. However, primeval nature requires external sunlight absorption by chemical compounds of special structures in order to record energy. The latter can be used for providing heat or in part work. Closely related the cells of plants achieved the capability for recording routes for syntheses of such structures and this step appears to be the entrance of information into our world.

Photosynthesis as the fundamental process for development of life has been specified in detail indicating the universal importance of 2 purine bases adenine, guanine and 2 or 3 pyrimidine bases cytosine, uracil or thymine each bound at ribose and together with phosphoric acid forming 4 or 5 different nucleotides valid for all plants and animals (eucaryotes). These nucleotides are bound by one another forming the long biopolymer chains of a ribonucleic acid RNA. For recording syntheses of proteins each of the nucleotides is part of a triple unit (codon) for recording one of 20 protein forming amino acids (61 codons of $4^3 = 64$). For cover the information is preserved in the double helix of DNA placed in the nucleus where deoxyribose is substituted for ribose and thymine for uracil

It is shown that birefringence and chirality caused by anisotropy should be taken into consideration for propagation of light within the chloroplasts of sheets and presumably have already been important in the earliest states of evolution. Some possible routes are taken into consideration for development of information closely related to molecular structures in evolution.

Resümee

Neben Energie und Materie als wichtige Größen für die Natur- und Ingenieurwissenschaften nimmt die Information einen etwa vergleichbar bedeutsamen Platz ein. Information ist an lebende Systeme oder geeignete technische Anordnungen gebunden, die von Menschen eingerichtet wurden. Energie und stoffliche Materie bilden den Gesetzen der Wechselwirkung von Kräften folgend die unbelebte Natur, indem aus Elementarteilchen Atome entstehen, letztere Moleküle bilden und diese zu Flüssigkeiten und Feststoffen aggregieren. Derartige Prozesse verlaufen unter Minimierung der Freien Energie in Richtung eines Gleichgewichts. Die belebte Natur ist dagegen mittels spezieller Molekül-strukturen entstanden, die in der Lage sind, Sonnenlicht zu absorbieren und diese Energie in Verbindungen zu speichern, sodass man sie zur Freisetzung von Wärme und Gewinnung von Arbeit nutzen kann. Bereits die ersten Lebensformen erwiesen sich in der Lage,

chemische Prozesse zur Synthese derartiger Moleküle als Information zu speichern, und dadurch Replikation zu ermöglichen.

Die Photosynthese als fundamentaler Prozess für die Entstehung von Leben auf unserem Planeten wird komprimiert, aber auch im Detail beschrieben und dabei die für Eukaryoten universelle Bedeutung der 2 Purin-Basen Adenin, Guanin und der 2 bzw. 3 Pyrimidin-Basen Cytosin sowie Uracil bzw. Thymin aufgezeigt, die jede an Ribose und diese an Phosphorsäure gebunden ein Nukleotid bilden. Letztere bilden durch Kondensation aneinander gekoppelte Biopolymere, Ribonukleinsäuren RNS. In der Abfolge von jeweils 3 Nucleotid-Tripeln (61 verschiedene Codons von $4^3=64$) für jeweils eine von 20 Protein bildenden Aminosäuren besteht die Speicherung der großen Zahl artgener Polypeptide. Im Zellkern ist die Information als DNS-Doppelhelix geschützt und dabei Ribose durch Desoxyribose und Uracil durch Thymin ersetzt.

Es wird darauf eingegangen, dass die in Chloroplasten von Blättern grüner Pflanzen erkennbare Anisotropie infolge Doppelbrechung und Chiralität vermutlich bereits in frühen Stadien der Evolution von Bedeutung war und durch die unterschiedliche Orientierung der Amplituden des eingestrahnten Lichts sich eine für die Existenz vorteilhaftere Konfiguration ergeben konnte, die gespeichert wurde und auf diese Weise ein minimaler Schub zur Weiterentwicklung zustande kam.

Keywords / Schlüsselwörter

Information exchange bound to living systems, development in close relation from primeval nature, photosynthesis, high speed of elementary chemical interactions, anisotropy of light propagation in plants

Informationsaustausch gebunden an lebende Systeme, Entwicklung in enger Beziehung zueinander aus unbelebter Natur, Photosynthese, hohe Geschwindigkeit elementarer chemischer Wechselwirkungen, Anisotropie der Lichtausbreitung in Pflanzen

Für die naturwissenschaftliche Erkenntnis bis hin zur ingenieurwissenschaftlichen Praxis sind die Grundbegriffe Energie und Materie essentiell, und als von etwa gleichrangiger Bedeutung erweist sich die Kommunikation mittels Information. Darunter versteht man das Wissen, das ein Absender durch Übertragung von Materie bzw. von Energie oder Impulsen in Form von Signalen oder eines Codes dem Empfänger übermittelt, wobei an den Kommunizierenden Menschen, aber auch Tiere, die über Sinnesorgane (Rezeptoren, Nerven) verfügen oder künstliche Systeme wie Maschinen oder Computer, die mit geeigneten Sensoren ausgestattet sind, beteiligt sein können (Wikipedia „Information“). Im allgemeinen Sprachgebrauch wird Information auch etwa gleichbedeutend für Auskunft, Hinweis, Anordnung, Verbot oder Kennzeichnung einer bestimmten Identität verwendet. Information kann i. allg. beliebig oft wiederholt werden, d.h. sie ist speicherbar und daher erneut abrufbar. Dabei fällt auf, dass der Begriff stets an lebende Systeme, eine von diesen geschaffene technische Anordnung bzw. Botschaft gebunden ist. Das lässt die Frage entstehen, wann und in welchem Zusammenhang Information in der Entwicklungsgeschichte erstmals zu verzeichnen ist.

Nach dem tieferen Einblick, den uns die Relativitätstheorie in die Struktur der Welt vermittelt, sind Energie und Masse (Stoff) zwei gemäß $E = mc^2$ (c : Vakuumlichtgeschwindigkeit) äquivalente Erscheinungsformen der Materie, die sicher auch außerhalb unseres Bewusstseins Bestand haben. Aus ihr gestaltet sich nach den Gesetzen der Wechselwirkung von Kräften die vielfältig differenzierte Existenz der unbelebten Natur, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass die breit gefächert diversifizierten Formen des Lebens auf unserem Wasser - Planeten in einem langen Entwicklungsprozess aus der

unbelebten Natur hervorgingen. Dabei ist bemerkenswert, dass im ersteren Fall der Aufbau von Atomen aus Protonen, Neutronen und Elektronen zu Molekülen, deren Verknüpfung oder Aggregation zu Flüssigkeiten, Gläsern und Polymeren bzw. bei periodischer Anordnung zu Kristallen durch den Antrieb der Minimierung von potentieller Energie bzw. Freier Enthalpie in Richtung eines stabilen Gleichgewichts zustande kommt. Die Entstehung der belebten Natur war dagegen durch entgegen gesetzte verlaufende Vorgänge gekennzeichnet. Mittels elektromagnetischer Strahlung der Sonne ging in einem langwierigen Prozess, der die Herausbildung eines photochemisch aktiven Katalysators, des grünen Blattfarbstoffs Chlorophyll, einschloss, aus CO₂ und Wasser unter Freisetzung von Sauerstoff der Aufbau von Kohlehydraten hervor (Assimilation, Photosynthese), die gegenüber den Ausgangsstoffen eine höhere potentielle Energie aufweisen. Sie sind damit ein Energiespeicher und das Ergebnis einer gegen das natürliche Gleichgewicht entgegengesetzten gerichteten Reaktion. Diese Eigenschaft liegt in der Pflanzenzelle gespeichert vor, dient der Replikation von Zellen mit gleichem Aufbau und erweist sich damit als eine beliebig oft abrufbare Information. Die Diversifizierung im Pflanzenreich (1,8 Mio. Arten bekannt, 15 Mio. geschätzt) ist daraus hervorgegangen, und in einem weiteren Schritt nach dem gleichen Konzept der Informationsspeicherung, die in Pflanzen gespeicherte Energie nutzend, die Tierwelt (10 bis 100 Mio. Arten) sowie schließlich der Mensch (Eukaryoten = Tiere, Pflanzen, Pilze mit Zellen, die die Erbinformation im Zellkern aufbewahren). Aber bereits in davor nachweisbaren Formen des Lebens, den Prokaryoten (Bakterien, Archaeen), die über keinen Zellkern verfügen und auch Vorformen der heute dominierenden Photosynthese oder andere Wege des Stoffwechsels nutzen bzw. genutzt haben sowie in Phagen und Viren, die parasitisch leben, liegt die Information zur Reproduktion der eigenen Identität gespeichert vor.

Ein solcher Zusammenhang lässt darauf schließen, dass der Ursprung von Information mit der Entstehung der belebten Natur und daher mit der Photosynthese als der für die Entstehung der Pflanzen- und Tierwelt grundlegenden Reaktion verknüpft ist. Ihre Entstehung lässt sich bis in eine sehr frühe Phase der Erdgeschichte zurückverfolgen (Wikipedia „Chronologie der Erdgeschichte“). Ihr ging vor schätzungsweise 3,5 Ga die anoxygene Photosynthese voraus (Proteobakterien), und gestützt auf Ablagerungen in geologischen Schichten vor etwa 2,3 – 2,4 Ga, die Umstellung auf die oxygene Photosynthese (Olsen 2006, Czaja et al. 2013), die zur O₂-Anreicherung in der Atmosphäre geführt hat. Deren Beitrag zum O₂-Gehalt der Atmosphäre wird auf ca. 99% geschätzt. Unter der derzeitigen solaren Energieeinstrahlung werden pro Jahr etwa 440 Milliarden Tonnen CO₂ von Pflanzen gebunden, davon gelangt etwa die Hälfte durch pflanzliche Atmung wieder in die Atmosphäre, der Rest wird als Biomasse und im Erdboden gebunden.

Photosynthese

Die Photosynthese ist in einer Vielzahl von Arbeiten detailliert untersucht worden. Im Internet unter „Wikipedia“ sind 107 Originalarbeiten zitiert (Wikipedia „Photosynthese“). Es ist die Lichtreaktion, in der Sonnenlicht in chemische Energie umgewandelt und gespeichert wird, von der lichtunabhängigen Dunkelreaktion zu unterscheiden, die zur CO₂-Bindung und Synthese von Glucose bzw. Stärke führt. Es gilt die Bruttoumsatzgleichung $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \Rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 2860 \text{ kJ/mol}$, d.h. unter Standardbedingungen (25°C, 1 at) lassen sich aus 180 g Glucose 2860 kJ Wärmeenergie gewinnen bzw. davon 917,2 kJ als mechanische Arbeit (Muskelarbeit) nutzen.

In lamellenartig aufgebauten Organellen (50 -200 pro Blattzelle), den Chloroplasten (ca. 8 µm Ø, 4 µm dick), finden Chlorophyll-Synthese und die Umwandlung von Lichtenergie in gespeicherte chemische Energie mittels zweier unterscheidbarer Fotosysteme Ph₁ (480

nm, blau) auf der Innenseite der Doppelmembran und Ph₂ (700 nm, rot) auf der Außenseite statt (Abbildung 1) – unterstützt durch einen sog. Lichtsammelkomplex (Light Harvesting Complex, LHC).

Ph₁ spaltet gemäß $2 \text{ Chlor} + 2 h\nu \rightarrow 2 \text{ Chlor}^+ + 2 e$ Elektronen vom Chlorophyll ab, die von Akzeptoren A des LHC (Mn,Ni,Cu-Chelatkomplexe) als A²⁻ gebunden werden. Als starkes Oxydationsmittel bilden 2 Chlor⁺ aus 2 OH-Ionen des Wassers 2 OH-Radikale, die zu H₂O und ½ O₂ zerfallen. Zugleich werden auf der Innenseite im Ph₂ gemäß $2 \text{ Chlor} + 2 h\nu \rightarrow 2 \text{ Chlor}^+ + 2e$ gebildet. Im Potentialgefälle ΔE der Doppelmembran ergibt sich entsprechend $\Delta G = 2F \cdot \Delta E$ die Triebkraft von 32,3 kJ/mol zur Bildung von Adenosintriphosphat (ATP) als Energiespeicher aus Adenosindiphosphat (ADP) und Phosphorsäure unter Wasserabspaltung (Abbildung 2).

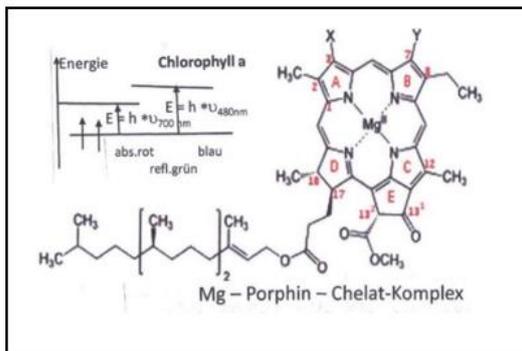


Abb. 1: Chlorophyll a (X: CH=CH₂, Y: CH₃).

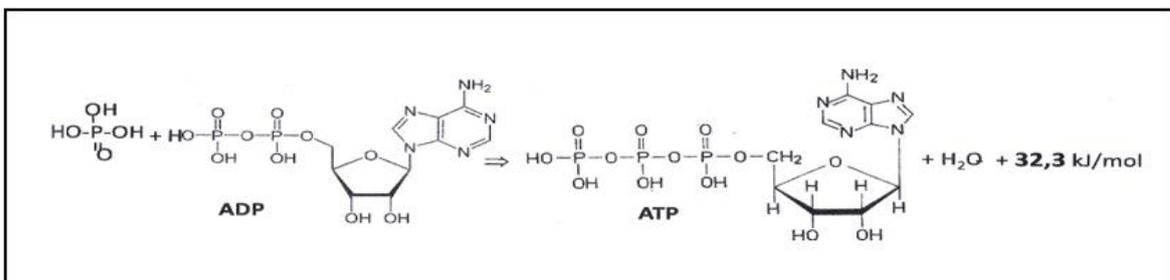


Abb. 2: Gleichung zur Bildung von ATP aus ADP.

Neben der Pyrolyse von Wasser unter O₂-Abspaltung und der Bildung von ATP findet in der Lichtreaktion noch ein weiterer Prozess der Energiespeicherung statt: Im Nikotinsäureamid NADP⁺, das an Ribose gebunden vorliegt und mit ADP verbunden ist, wird das benzoide Bindungssystem zum chinoiden NADPH reduziert (Abbildung 3).

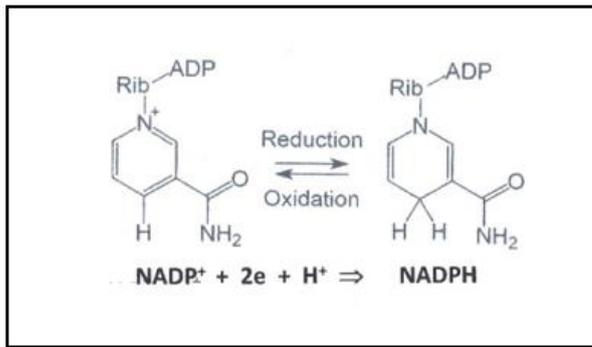


Abb. 3: Reduktion von NADP^+ -Ribose zu NADPH.

Bei der im Stroma der Chloroplasten ablaufenden lichtunabhängigen Reaktion (Dunkelreaktion) kommt es in einer komplizierten, zyklisch verlaufenden Reaktionsfolge, dem sog. Calvin-Zyklus (Wikipedia „Calvin-Zyklus“), der mittels Isotopenmarkierung aufgeklärt werden konnte, zur CO_2 -Anlagerung an Ribulose-1,5-bisphosphat an dem der Ketogruppe benachbarten C-Atom als Carboxylatgruppe (Ribulose = Keto-Variante der Ribose) zur Bildung einer labilen C_6 -Verbindung, die unter Aufnahme von H_2O und Protonierung in zwei Moleküle 3-Phosphoglycerat zerfällt. Letztere werden durch NADPH aus der Lichtreaktion zu Glycerinaldehyd-3-phosphat GAP reduziert. Davon scheidet 1/6 durch Zusammenlagerung zweier GAP-Moleküle unter Bildung von Fructose-1,6-Diphosphat aus dem Zyklus aus und wird zu Glucose umgebaut. Der Hauptteil an Glycerinaldehyd-Phosphat GAP (5/6) wird in einer weiteren Folge von Reaktionen unter Abspaltung von Phosphorsäure in 3/6 Ribulose-5-phosphat umgewandelt, und durch Phosphorylierung mit ATP aus der Lichtreaktion entsteht wieder Ribulose-1,5-bisphosphat, das im Kreisprozess als CO_2 -Akzeptor fungiert.

In einigen Publikationen ist die hohe Effektivität, mit der in den Chloroplasten Photonen in gespeicherte chemische Energie umgewandelt werden, auf Quantenverschränkung zurückgeführt worden (Sarovar et al. 2010, El-Shishtawy et al. 2018, Wikipedia „Quantenverschränkung“). Dabei wird aus ununterscheidbaren Anregungszuständen, die durch im Lichtsammelkomplex LHC korrelierte Wirkung von mehreren Photonen zustande kommt, auf quantenverschränkte Zustände geschlossen, was aber auch in Zweifel gezogen wurde. Die Ununterscheidbarkeit geht aus einem gemeinsamen Ursprung hervor und erst deren Aufhebung durch den Beobachter lässt mit dem Erkennen komplementärer Komponenten auf das Vorliegen von Verschränkung schließen. Die objektive Erkennbarkeit ist dadurch eingeschränkt. Aufspaltung eines Photons in zwei verschränkte Photonen kann in nichtlinearen Kristallen erfolgen oder bei nichtlinearer Beanspruchung des Mediums, z. B. erhöhter Intensität, zustande kommen und war vermutlich zumindest in frühen Stadien der Evolution von Bedeutung (Feltz 2019).

Bemerkenswert ist, dass die Anisotropie der Medien, in denen die Wechselwirkung mit Licht stattfindet, in den zahlreichen Publikationen zur Photosynthese keine Erwähnung findet.

Anisotropie als mögliche Ursache für die Herausbildung von Information

Der Ausschnitt in Abbildung 4 aus einem Chloroplasten deutet den lamellenartigen Aufbau von Organellen (4-8 μm) mit den darin eingebetteten flachen Chlorophyll- und LHC-Chelatkomplexen (einige nm dick) in der Zelle eines grünen Blattes an (Wikipedia „Chloroplast“).

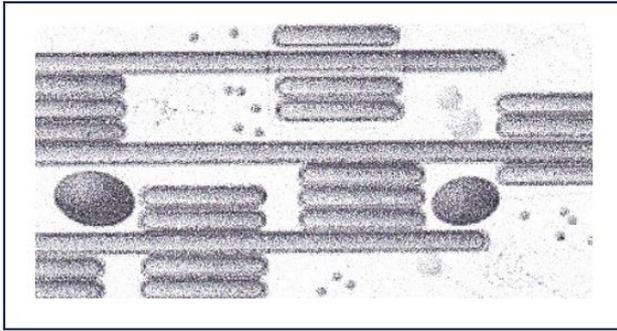


Abb. 4: Ausschnitt aus einem Chloroplasten.

Legt man der Wechselwirkung ein optisch einachsiges Medium zugrunde, wird das einfallende Sonnenlicht in zwei senkrecht zueinander linear polarisierte Strahlen, den ordentlichen und außerordentlichen Strahl, zerlegt, die sich in voneinander abweichenden Richtungen infolge verschiedener Brechzahlen mit unterschiedlicher Wellenlänge ausbreiten und dadurch Molekülschwingungen je nach Orientierung lokal unterschiedlich modulieren können. Letztere unterliegen dem Einfluss aus dem eigenen Umfeld, so z. B. auch dem lokalen pH-Wert bei Vorliegen eines Diffusionsgefälles für H^+ -Ionen oder dem Einfluss äußerer Bedingungen, z. B. der Temperatur. Infolge der Schwingungskopplung mit elektronischen Übergängen wäre auch ein Zusammenhang mit der Lichtabsorption ggf. in Betracht zu ziehen. Dabei könnte sich eine für die Lebensfunktion des betreffenden Organs vorteilhaftere Konstellation einstellen, die in den den Chloroplasten eigenen Genen manifestiert wird, sodass auf diese Weise ein Schritt zu größerer Vollkommenheit im Sinne der Evolution zustande kommen kann.

Ein weiterer Hinweis auf den Einfluss von Anisotropie ergibt sich aus der Präsenz asymmetrischer C-Atome im Medium, die dazu führt, dass sich linear polarisierte Wellen als kohärente Überlagerung eines links- und eines rechtsdrehenden Anteils gleicher Intensität mit unterschiedlicher Phasengeschwindigkeit (verschiedene Brechzahlen) im chiralen Medium ausbreiten (nach rechtsdrehend, wenn die Brechzahl für den linksdrehenden Anteil größer ist als der für den rechtsdrehenden). Bemerkenswert ist, dass die gleiche Konformation in der biologisch generierten Doppelhelix anzutreffen ist (Abbildung 5).

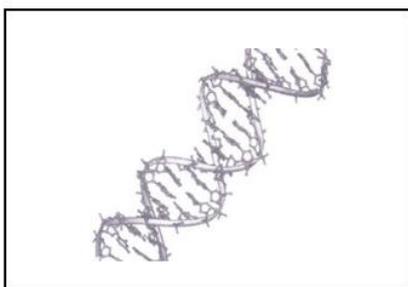


Abb. 5: Struktur der DNS-Doppelhelix.

Aufgrund des stereochemischen Verlaufs chemischer Reaktionen hat sich die Rechtskonformation schon frühzeitig durchgesetzt: Biologisch generierte und zu Polypeptiden verbundene Aminosäuren sowie Glucose und auch Kohlenhydrate gehören dieser Konformation ebenfalls an.

Unserem an makroskopische Dimensionen geschulten Denken erscheint das Zustandekommen von Informationsspeicherung – beim Menschen bis hin zur Ausbildung

des im Gehirn gespeicherten Bewusstseins – auf dem Weg derartig infinitesimaler Schritte kaum nachvollziehbar:

- 46 Chromosomen in 23 Paaren mit im Mittel 140 Mio. Basenpaaren und je >1000 Genen pro Paar Chromosomen, insgesamt ca. 3,2 Mrd. Basenpaare, von denen aber nur 1,2% in etwas weniger als 24 000 Genen für die Proteinsynthese codierend wirken und auf diese Weise 34 300 Proteine, Proteide, Enzyme mit jeweils eigener Stoffwechselfunktion (Bauer 2008, Bauer 2010). Die Hausmaus hat 40 Chromosomen in 20 Paaren mit insgesamt ebenfalls ca. 3 Mrd. Basenpaaren, und ca. 24 000 Genen und selbst der Fadenwurm hat noch 6 Chromosomen mit >100 Mio. Basenpaaren und 2321 Genen.
- Es handelt sich bei Eukaryoten stets um die 4 Basen A, C, G, und U bzw. T (Abbildung 6, ohne Guanin), die wie in Abbildung 7 für Guanin gezeigt, über Ribose und Phosphorsäure zu einem Nukleotid verbunden und letztere über Ribose linear zu Biopolymeren, den Ribonukleinsäuren RNS, verknüpft sind.

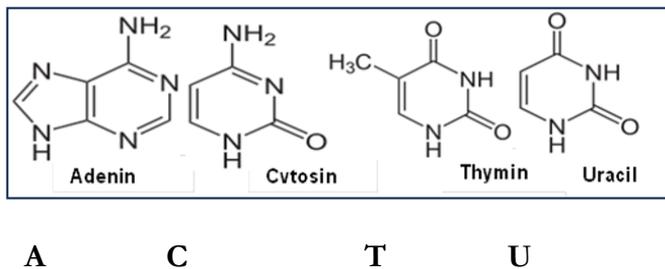


Abb. 6: Formeln der Nukleotidbasen Adenin, Cytosin, Thymin und Uracil.

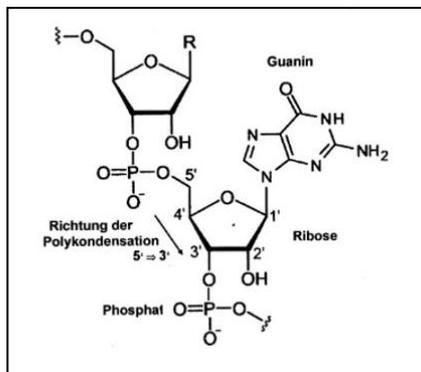


Abb. 7: Guanin, über Ribose und Phosphorsäure zu einem Nukleotid verbunden.

- Jeweils 3 der durch A, C, G, und U bzw. T markierten Nukleotide ergeben $4^3 = 64$ Tripel, sog. Codons, von denen auf dem Polymerstrang 61 für die Codierung je einer von 20 Protein bildenden Aminosäuren zuständig ist, z. B. UUU oder UUC für Phenylalanin, für Alanin GCU oder GCC, GCA bzw. GCG. Die Folge derartiger Codons auf dem RNS-Abschnitt eines Gens bestimmt den Aufbau und damit Struktur und Funktion eines arteigenen bzw. individuell eigenen Polypeptids (Proteins).

- Bestimmte Polypeptide (Polymerasen) vermitteln an der Matrix des RNS-Strangs im Cytoplasma die Synthese einer Kopie zur Doppelhelix, in der Guanin G stets an das Nukleotid mit der Base C und Adenin A stets an U des neu entstehenden RNS-Strangs mittels H-Brückenbindung ankoppelt. Die anschließende Trennung der beiden Stränge und danach erneut einsetzende Synthese eines jeweils wieder komplementären RNS-Stranges ergibt Duplizierung und lässt unschwer erste Lebensformen erkennen, die in einer RNS-Welt entstanden (Bauer 2008, Bauer 2010). Zum Schutz und zur Stabilisierung der zur Replikation befähigten Gene, die bestimmte Abschnitte auf den Chromosomen bilden, dient die Speicherung der Information als Doppelhelix im Zellkern. Zugleich ist damit der Ersatz der Nukleotidbase U durch T und die Reduktion einer OH-Gruppe der Ribose zur Desoxyribonukleinsäure DNS verbunden. Die in der Abbildung 6 skizzierte Struktur der DNS-Doppelhelix als Erbinformation im Zellkern wurde von J. D. Watson und F. H. C. Crick 1953 aufgeklärt (Watson/Crick 1953).
- Die Aktivität der im Zellkern befindlichen Gene als DNS-Abschnitte, die nach Öffnen der Doppelhelix im betreffenden Bereich das Abgreifen einer RNS-Kopie für die Synthese bestimmter Proteine im Zellplasma programmieren, wird von der Zelle reguliert und liegt ebenfalls gespeichert vor. Jedem Gen ist ein Genschalter (Promotor) zugeordnet, der Signale von der Zelle empfängt, die Umwelteinflüsse, sog. „Stressoren“ einschließen können. Die Promotoren entscheiden darüber, welcher Funktionsmodus zum Tragen kommt, ob Blockade oder Aktivierung des Gens zur Synthese einer bestimmten RNS oder zur eigenen Duplizierung (Bauer 2008, Bauer 2010).

Es ist nach unserem Verständnis zweifellos höchst bewundernswert, dass sich unter dem Einfluss externer Einwirkung von Sonnenlicht auf dem Wasserplaneten Erde Molekülstrukturen herausbilden konnten, die zur Energiespeicherung in der Lage waren, sich zu periodischer Verknüpfung unter Bildung kettenförmigen Makromoleküle verbinden konnten und sich mittels weiterer katalytisch wirkender Polypeptide als replikationsfähig erwiesen. Aus einer vermutlich sehr großen Anzahl verschiedener molekularer Aggregationen in der „Ursuppe“ hat sich jene Tripeleinheit eines Nukleotids aus Ribose, Pyrimidin-, Purinbasen und Phosphorsäure offenbar als besonders erfolgreich durchsetzen können, um zum universellen Grundbaustein für alle Lebensformen auf unserem Planeten zu avancieren.

In Bakterien, z. B. *Escherichia coli*, beträgt die Generationszeit einer Verdopplung etwa 20 Minuten, was in Anbetracht von $4,72 \cdot 10^6$ Basenpaaren der Geschwindigkeit einer durch Polymerase katalysierten Verdopplung des Genstrangs von einigen 1000 Nukleotiden/s entspricht. Beim Menschen sind es aufgrund des viel größeren Genoms ca. 50-100 Nukleotiden/s bei einer Replikation der Zelle von ca. 19,5 Stunden. Derartige Prozesse laufen im Takt ca. 10^{-3} bis 10^{-2} Sekunden ab. Die Kenntnis der aktuellen Geschwindigkeit, mit der Atome und Moleküle chemische Bindungen knüpfen und lösen und wie rasch die Produktspezies aus dem mikroskopischen Umsetzungsknäuel entweichen, ist erst in neuerer Zeit mit Hilfe der Ultrakurzzeit-spektroskopie durch Auflösung bis in den Bereich einiger Femtosekunden ($1\text{fs} = 10^{-15}\text{ s}$) erschlossen worden. Darüber wurde kürzlich zusammenfassend berichtet (Feltz 2023). 10^{15} fs entsprechen 31,5 Millionen Jahre, umfassen also die Zeit zurück bis ins mittlere Tertiär. Bei der Geschwindigkeit, mit der Bindungswechselwirkungen erprobt werden, wäre also seit dem geschätzten Aufkommen der oxygenen Photosynthese vor 2,3-2,4 Mrd. Jahren bis zum Nachweis erster Lebensformen

mit oxydativem Energiestoffwechsel vor ca. 1,5 Mrd. Jahren und in der Zeit danach hinreichend Zeit, um mittels „trial and error“ einen Pfad zur Bildung einfachster Information speichernder Molekülstrukturen zu erschließen, und war eine Startkonfiguration gefunden, konnten die weiteren Elementarschritte vermutlich zielgerichteter und zunehmend effektiver verlaufen.

Unter dem Blickwinkel einer solchen Betrachtung ist es keineswegs abwegig, Information auf einen materiellen Ursprung zurückzuführen und nicht notwendig, aus der bewundernswerten Welt des Mikrokosmos auf einen göttlichen Impulsgeber zu schließen und dabei gestützt auf physikalische Erkenntnisse einen angeblichen Beweis der Existenz Gottes abzuleiten, wie man es bei W. Gitt in „Herkunft des Lebens aus der Sicht der Information“ nachlesen kann (Gitt 2002). Ebenso wird die Physik von J. Starkmuth in „Die Entstehung der Realität – Wie das Bewusstsein die Welt erschafft“ missbraucht (Starkmuth 2005).

Am Anfang war das materielle Sein. Aus ihm heraus entwickelte sich die belebte Natur und mit ihr kam die Information und schließlich das menschliche Bewusstsein in unsere Welt.

Bibliographie

- Bauer, Joachim (2008): *Das kooperative Gen: Abschied vom Darwinismus*. Hoffmann und Campe, Hamburg.
- Bauer, Joachim (2010): *Das kooperative Gen – Evolution als kreativer Prozess*. Heyne Verlag, München.
- Czaja, Andrew D. / Johnson, Clark M. / Beard, Brian L. / Roden, Eric E. / Li, Weiqiang / Moorbath, Stephen (2013): „Biological Fe Oxidation Controlled Deposition of Banded Iron Formation in the ca. 3770 Ma Isua Supracrustal Belt (West Greenland)“. *Earth and Planetary Science Letters* 363, 192–203.
- El-Shishtawy, Reda M. / Haddon, Robert C. / Saleh H. Al-Heniti, Saleh H. / Raffah, Bahaudin M. / Berrada, K. / Abdel-Khalek, S. / Al-Hadeethi, Yas (2018): „Quantum Transfer Energy in the Framework of Time-dependent Dipole-dipole Interaction“. *Results in Physics* 8, 89–92.
- Feltz, Adalbert (2019): „Quantenverschränkung ein Werkzeug der Evolution?“ *Leibniz Online* (Internetzeitschrift der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.) 36.
- Feltz, Adalbert (2023): „Über zeitliche Proportionen der in uns ablaufenden Prozesse“. *Leibniz Online* (Internetzeitschrift der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.) 51.
- Gitt, Werner (2002): *Herkunft des Lebens aus der Sicht der Information*. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, Holzgerlingen: Hänssler-Verlag.
- Olsen, John M. (2006): „Photosynthesis in the Archean Era“. *Photosynthesis Research* 88, 109.
- Sarovar, Mohan / Ishizaki, Akihito / Fleming, Graham R. / Whaley, Brigitta (2010): „Quantum Entanglement in Photosynthetic Light-harvesting Complexes“. *Nature Physics* 6, 462–467.
- Starkmuth, Jörg (2005): *Die Entstehung der Realität – Wie das Bewusstsein die Welt erschafft*. Verlag Starkmuth Publishing (Eigenverlag).
- Watson, J. D. / Crick, F. H. C. (1953): „Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid“. *Nature* 171, 737–738.
- Wikipedia-Begriffe: Calvin-Zyklus, Chloroplast, Chronologie der Erdgeschichte, Information, Photosynthese, Quantenverschränkung (letzter Zugriff 18.02.2025).

E-Mail-Adresse des Verfassers: adalbert.feltz@aon.at