

Rhabanus–Maurus-Gymnasium Sankt Ottilien

Lehrtafeln zur Biologie: `LEBEN´ - WAS IST DAS?

Zusammenstellung: Dr. Hans Schmid

Graphik: Karl-Heinz Kappl

Beratung: Franz Hämmerle

Film – Aufnahme und Regie: Max Mende

© Rhabanus-Maurus-Gymnasium St.Ottilien

Vorwort

An der Wand steinzeitlicher Höhlen geben Menschen verschlüsselte Auskunft über ihre Gedankenwelt. In der *´biblia pauperum´* versuchte die mittelalterliche Kirche dem Volk ihre Botschaft nahezubringen. Schriftliche Dokumente überliefern Gedanken über die Jahrtausende der Kulturgeschichte. Höfische Kunst erzählt auf fast 70 Meter Länge auf dem *´Wandteppich von Bayeux´* die Taten von König Edward und von Wilhelm dem Eroberer bis zur Schlacht von Hastings 1066 und im Herkulesaal in der Residenz in München verkünden große Gobelins die Taten des göttergleichen Heroen. Auch Theater und Opernhäuser haben für die literarisch und künstlerisch mit großem Aufwand verarbeiteten *´großen Themen´* der Geschichte des Geistes bis in die Gegenwart viel Zulauf.

Wissenschaftliche Erkenntnisse finden jedoch kaum jemals Eingang in diese Darstellungswelt. Zwar lassen moderne Medien bei weitem nicht mehr alles, was erforscht wird im *´Elfenbeinturm´* der Forschungszentren. Vieles wird dargestellt, oft aber verkürzt und in nur kurzfristig erreichbaren Filmen und wenn in der Presse, dann verschwindet es schnell *´in der Zeitung von gestern´*. Kaum jemals werden wissenschaftliche Erkenntnisse Thema öffentlicher intellektueller Auseinandersetzung. *´Gentechnik´* ist in der Intelligenz nie sachlich diskutiert worden, sondern wurde schnell im ideologischen Palaver zerredet.

Anfang der 80-er Jahre des 20.Jahrhunderts wurde die feierliche Inbetriebnahme einer für 100 Millionen DM neu gebauten Fabrik zur gentechnischen Herstellung von *Insulin* verhindert. Der Bürger X, der im Briefkasten einen Vordruck zum Protest gefunden hatte (von wem nur?), eilte zum Amtsgericht mit der Klage, *„die machen Gentechnik – da fürchte ich mich“* und der Amtsrichter erließ prompt eine Anordnung, die Werkseröffnung müsse aufgeschoben werden, bis die Sorgen von Bürger X ausgeräumt seien. Fünf Jahre später gab die Firma (Farbwerke Höchst AG) ihre Bemühungen um dieses Projekt auf, ging mit ihrem Patent und den dafür bereitstehenden Wissenschaftlern in die USA und längst werden die Diabetespatienten weltweit mit gentechnisch hergestellten Präparaten versorgt.

Zweifellos kommt in dieser Lage *der Schule und da besonders dem Gymnasium* die erste Rolle zu, eine tragfähige Grundlage dafür zu legen, daß die heranwachsende neue Generation dafür ausgerüstet wird, die neuen Aufgaben unserer schnell sich ändernden Zeit *vernünftig und selbständig* zu bewältigen.

Für die *Biologie* muß die Schule mindestens eine Wegweisung geben, wie dem *Geheimnis des Lebens* wenigstens nahe zu kommen ist. Im Folgenden wird gezeigt, wie im Rhabanus-Maurus-Gymnasium in St.Otilien versucht wird, für dieses Ziel einen Beitrag zu leisten.

Auf fünf Schautafeln im naturwissenschaftlichen Bereich wird eine stark verdichtete Darstellung der modernen Biologie geboten: 'LEBEN – WAS IST DAS ?' Um diese uralte Frage geht es. Darauf werden Antworten aus der Biologie gesucht. Eine erste Aussage stammt von Aristoteles: '*Leben ist Bewegung*'. Die schwer wiegende Zusatzaussage gehört dazu: $\pi\rho\tau\omicron\nu\nu\ \kappa\iota\nu\omicron\nu\nu\ \acute{\alpha}\kappa\iota\nu\epsilon\tau\omicron$ (der erste Beweger ist unbewegt).

Zunächst werden auf vier Tafeln *die Säulen* vorgestellt, die das ganze Gebäude der Biologie tragen.

1. Säule: **DER STOFF DES LEBENS – MOLEKÜLE IM LEBEWESEN** **'LEBEN IST ZUGRIFF ZUM TEICHEN'**

Wie kann *eine* so knappe Aussage Zugang zum Verständnis *aller* Lebensformen bringen? Eine kurze Hinführung:

Der Baumriese ist Grundstücksbesitzer gar für länger als ein Jahrtausend. Er *besitzt* also einen kleinen Anteil an der Welt. Aber ist der mächtige Baumstamm '*das Lebewesen Baum*'? Er verzweigt und verästelt sich in der Krone bis zu den Knospen und Blättern. An der Unterseite der Blätter zeigt das Mikroskop '*Spaltöffnungen*', jeweils von zwei kontrollierbaren Zellen gebildet, so klein, daß einige hundert auf einem Quadratmillimeter Platz finden. Feinste Unterschiede in Luftdruck und Wärme erzeugen '*Luftzug*' ins Blatt hinein und hinaus. Und jetzt gilt es, '*die Nadel im Heuhaufen*' zu finden: Unter einer Million von Luftmolekülen (780 000 Moleküle von Stickstoff N_2 und 210 000 Moleküle von Sauerstoff O_2) gilt es von ehemals 200 und seit März 2013 400 Molekülen des Kohlenstoffdioxids CO_2 wenigstens einige zu fassen, denn sie werden für die Photosynthese gebraucht: Hier läuft '*Glasperlenspiel*'- real, nicht als 1000-seitiger Roman! Aber diese scheinbar unlösbare Aufgabe wird durch Physik und Chemie gelöst: Die Gasmoleküle von CO_2 schlagen sich nieder in dem Feuchtfilm, der die Zellen im Blattinneren überzieht (dieser Feuchtfilm ist für Moleküle *schwimmtiefes* Wasser) und bilden Kohlensäure H_2CO_3 . Diese wird dann durch Diffusion und durch osmotische Kräfte bis in die Chloroplasten gebracht.

Der Baum hat noch eine zweite Krone, sein Wurzelwerk unterm Boden: Auch hier verzweigt sich der Stamm, um statisch den Baum zu verankern. Aber Ziel der Verästelung sind in der Bodenfeuchtigkeit aufgelöste Ionen von Bodenmineralien, die von mikroskopisch feinen Wurzelhaaren aufgenommen, im Säftestrom der Wasserleitungen bis ins Laub gebracht werden.

Jetzt reicht ein Rundumschlag um zu zeigen, daß '*Zugriff zum Teilchen*' wirklich allgemein in der Biologie praktiziert wird: Der Löwe packt das Zebra, die Katze die Maus, der Vogel turnt im Gezweig und pickt ein Insektenei, das weiße Blutkörperchen frißt ein Bakterium;

erst eine Million (des Darmbakteriums *Escherichia Coli*) ergibt eine Kette von *einem* Millimeter. Aber IN der `Zelle` sind `Moleküle` und ihre *chemischen Reaktionen* die absolute Realität.

In der Grundlinie dieser Tafel ist mit `COHN` die hauptsächliche Auswahl chemischer Elemente für den KÖRPERBAU der Lebewesen angegeben: C für Kohlenstoff, O für Sauerstoff, H für Wasserstoff und N für den Stickstoff (96 Gewichts-% im Körper eines tierischen Lebewesens, bei Pflanzen gar 99,77%). Links und rechts davon sind Elemente aus der langen Reihe der *Spurenstoffe* verzeichnet, von denen manche mit weitaus weniger als einem Gramm im (menschlichen) Körper doch lebenswichtig sind.

Der Körper besteht nicht aus Elementatomen, sondern aus zusammengesetzten chemischen Stoffen, aus `Molekülen`. Während vier Elemente die hauptsächliche Auswahl aus der Liste von fast 90 verschiedenen Elementen liefern, bieten chemische Verbindungen aus nur drei Stoffklassen das Material für den Aufbau von Organen und Körpern. Daneben sind wieder Sonderklassen von Stoffen mit besonderen Aufgaben betraut. *Hormone* sind wenigstens prinzipiell bekannt und `sekundäre Pflanzenstoffe` werden in jüngster Zeit zunehmend beachtet.

DIE DREI STOFFKLASSEN:

1.) `Kohlenstoffhydrate`: Die Pflanzen liefern für alle Lebewesen aus CO_2 und H_2O den Traubenzucker $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, der durch den Reaktionstyp `Kondensation` zu Ketten verknüpft werden kann. Die Ketten lassen sich bündeln – schnell sind sichtbar dicke Baumwoll- oder Holzfasern zu erreichen: Der *universelle Baustoff des Pflanzenkörpers*. Werden die Ketten auch noch verzweigt, so entsteht ein `Mehlstäubchen`, d.i. die `Stärke`, der spezielle *Energiespeicherstoff* der Pflanzen. Darüber hinaus sind die `Kohlenhydrate` wichtig, weil sich (wieder durch Kondensation) ans Zuckermolekül Wirkstrukturen anhängen lassen: `Glykoside` bilden eine große Klasse von Wirkstoffen. Diese gestalten nicht unmittelbar den Stoffwechsel der Pflanzen, bilden aber die erste Abteilung einer Reihe von Stoffgruppen, die als `Sekundäre Pflanzenstoffe` spezialisierte Aufgaben erfüllen.

2.) `Fett` leitet sich aus dem Stoffwechsel des Zuckers ab: Das Abbauprodukt des Zuckermoleküls mit nur noch zwei Kohlenstoffatomen wird in der `Fettsäurespirale` in Additionsreaktionen $2 + 2$ etc. zu Ketten von 16 bis über 20 Kohlenstoffatomen aufgebaut und mit einer `Carboxylgruppe` $-\text{COOH}$, der `funktionellen Gruppe` für die `Fettsäure` versehen. Drei Fettsäuremoleküle, durch Glycerin zum gabelförmigen Fettmolekül verbunden, sind nun der Baustoff für Speck, aber auch für die `Lipide`, die für den Aufbau der Zellwand gebraucht werden.

Vielfältig werden aber die Lipide für zellinnere Raumteiler, für `Kompartimente` beansprucht, die Schutzräume für höchst sensible Teilaufgaben in der Zelle bereitstellen müssen.

3.) *Eiweiß, Protein* entsteht durch Verknüpfung der `Aminosäuren`, die in der Natur in vielen, im Lebewesen in zwanzig verschiedenen Typen vorkommen. Diese enthalten wieder

eine Carboxylgruppe $-COOH$ und als ihr besonderes Kennzeichen eine Aminogruppe $-NH_2$ (oder auch zwei). Das Stickstoffatom bringt ins Molekül ganz besondere Auswirkungen auf dessen inneren Aufbau und insbesondere auf die Zustandsverhältnisse im Bereich der Elektronen, die als *Quantenkleber* die Atome zu Molekülen verbinden. Da jede Aminosäure ihre ganz spezifische Chemie ins Molekül bringt, ist die Unerschöpflichkeit der Proteinchemie naheliegend. Aminosäuren lassen sich durch Kondensation verbinden und bilden z.B. als *Fibrillen* die Muskelfasern.

Hämoglobin besteht aus vier Aminosäureketten mit je rd. 140 Aminosäuren und kommt damit auf ein Molekulargewicht von rd. 67000, ist also sovielmal schwerer als ein Wasserstoffatom. In dieses Molekül ist eine *Eisen-Hämatingruppe* eingebettet, welche den Sauerstoff transportiert. Da Erythrozyten kurzlebig sind, müssen die verbrauchten entsorgt und ersetzt werden. Pro Sekunde werden zeitlebens zwei Millionen Rote Blutkörperchen aus dem fließenden Blut entnommen und durch *Haematoneogenese* ersetzt. Im Querschnitt durch ein Blutkörperchen könnte man bei Vergrößerung auf vier Meter die Hämoglobinmoleküle als kleinste Punkte gerade sehen, insgesamt einige Hundertmillionen pro Erythrozyt.

Seit 1960 kann man aus Untersuchungen am Elektronenmikroskop das molekulare Blockbild einer *Zelle* erkennen. Da gibt es gar kein *Protoplasma*, sondern einen *Zellkern mit Chromosomen*, sowie eine lange Liste von *Kompartimenten*, membranumschlossene Teilräume zur Durchführung spezieller biochemischer Aufgaben, für welche Proteinmoleküle / *Enzyme* die Werkzeuge darstellen: *Endoplasmatisches Retikulum, Golgiapparat mit Zentriol, Mitochondrien, Ribosomen, Lyso-, Endo- und Peroxisomen*; in Pflanzenzellen die *Chloroplasten*.

Ein *Zellkern*, 50.000-fach vergrößert, hätte einen Durchmesser von 50 cm. Alle 46 (menschlichen) *Chromosomen*, aufgezwickelt, vom Verpackungsprotein befreit und zusammengefügt, ergäben nun einen Faden des Moleküls der *Desoxyribonukleinsäure* (DNS, engl. DNA) von **100 km Länge** und das bei einer Fadendicke von 0.1 nm! (Für die reale Länge des DNS-Fadens sämtlicher Zellkerne eines menschlichen Körpers wird ein Maß von einer Milliarde von Kilometern geschätzt!) Im Zellkern hat dieser Faden einen Raumbedarf von lediglich 1,2 %! (E.Vollmert). Dieser Faden enthält die gesamte Regie für „sein“ Lebewesen! Zur Vorbereitung der *Zellteilung*, i.e. **Zellverdoppelung** wird die *DNS-Doppelhelix* wie ein Reißverschluß geöffnet und unvorstellbar schnell *semikonservativ* zu zwei identischen neuen DNS-Fäden aufgebaut.

Bei einer *Zellteilung* wird also nichts zerschnitten, es entstehen nicht zwei halbe Zellen, vielmehr werden in der Vorbereitung zur Zellteilung alle Bau- und Ausrüstungsteile einer Zelle zweifach bereitgestellt, dann auseinander sortiert. Jetzt kann sich die Zelle *verdoppeln*. *Zellteilung* ist unkorrekter Sprachgebrauch. Die Phase der Vorbereitung zur Zellverdopplung wurde in klassischen Lehrbüchern der Biologie in Verkennung der Realität *Ruhephase* genannt.

**2. Säule: LEBEN IST VERFÜGEN ÜBER ENERGIE: PHOTOSYNTHESE
DAS EINFANGEN DER ENERGIE , die ASSIMILATION.**

TEIL I: DIE LEBENSPENDENDE SONNE:

Die Sonne fusioniert je vier Wasserstoffatome zu einem Heliumatom. Dabei verbrennt sie pro Sekunde 600 Millionen Tonnen H_2 und erleidet dabei einen Masseverlust von vier Millionen Tonnen durch Freisetzung von Strahlung, vorwiegend in Form von Licht, also von *‘Lichtquanten’*. (Einstein-Beziehung). Ein ganz kleiner Teil von ihnen erreicht dann nach acht Minuten die Erde. Hier werden sie entweder weggespiegelt oder absorbiert. Die Lichtquantenenergie wird dabei auf dem Blechdach in Wärme umgewandelt, an empfindlichen Farbstoffmolekülen löst sie chemische Reaktionen aus, ungeschützte Lebewesen erleiden *‘Sonnenbrand’*, der für Mikroben tödlich ist.

TEIL II: SONNE UND PFLANZENWELT

Die Pflanzenwelt unserer Erde ist gierig nach Sonnenlicht, denn sie lebt davon. Auf dem Pflanzenblatt dringt der Lichtstrahl in die Schicht der stabförmigen *‘Palisadenzellen’* ein, die mit mehr als einhundert *‘Chloroplasten’* angefüllt sein können.

TEIL III: ‘LICHTREAKTION’

Im Chlorophyllkörnchen liegen auf Stapeln dünnster Lamellen (*‘Thylakoide’*) die Moleküle des Blattgrün-Farbstoffs *‘Chlorophyll’*. Dieses Molekül ist *‘ringförmig’*, im Zentrum liegt ein (einziges !) Magnesiumatom. Im Ring, der von vier Teilringen gebildet wird, ist jeweils an den vier Eckpunkten, die zum Mg-Atom schauen, ein Stickstoffatom anstelle eines Kohlenstoffatoms eingebaut. Deshalb erfolgt in diesem Ringsystem eine *ganz besondere Art und Weise der Elektronenanordnung*: Hier sind nicht je zwei Elektronen tätig zur Bindung zweier Atome, sondern abwechselnd zwei und dann vier. So entsteht ein System von *‘konjugierten Doppelbindungen’*: die Elektronen befinden sich in einem exklusiven Sonderstatus. Schlägt nun hier ein Lichtquant ein – wobei komplizierte *‘Antennenmoleküle’* dafür sorgen, daß dies wirklich punktgenau geschieht, so tritt ein wahrscheinlich im ganzen Universum sonst nicht mehr vorkommender Fall ein: Das Lichtquant zerstrahlt sich hier nicht in seine billigste Energievariante, in Wärme: Lichtquant und Chlorophyllelektron bilden wie in einer *‘Personalunion’* ein **‘ENERGIEREICHES ELEKTRON’**.

Gewissermaßen ist hier die in der antiken Mythologie bestaunte Leistung des *Prometheus* gelungen, den Göttern das Feuer zu stehlen und auf die Erde zu bringen. Damit wird jetzt die *‘Herkulesarbeit’* möglich, das Baumaterial für die Photosynthese zu beschaffen. Im ersten Schritt dazu spaltet das Photosynthesesystem das Wassermolekül H_2O , das eigentlich als absolutes Endprodukt der geochemischen Auseinandersetzung zwischen Wasserstoff und Sauerstoff für Milliarden Jahre haltbar ist – wäre das nicht so, könnte es keine Ozeane geben; jedenfalls können nicht einmal die Bürokraten von Brüssel für Wasser ein Verfallsdatum angeben. So wird das Wasserstoffatom bzw. das Proton samt Elektron, ein für chemische Aufgaben höchst leistungsfähiges Objekt verfügbar.

TEIL IV: 'DUNKELREAKTION'

Die zweite Aufgabe zur Materialbeschaffung ist genauso gewaltig: Lebewesen bauen ihren Körper vom Kohlenstoff aus auf. Als Kohlenstoffquelle wird im Pflanzenblatt das Kohlenstoffdioxid der Luft eingeatmet, wieder das absolut stabile Endprodukt der erdgeschichtlichen Auseinandersetzung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff. Mit Wasser H_2O bildet CO_2 Kohlensäure H_2CO_3 . Metallionen aus der Verwitterung von Festlandsgestein verbinden sich damit zu Karbonatgestein, aus Kalziumkarbonat besteht die ganze Zugspitze; das ist das ganze Feld der Chemie des Kohlenstoffdioxids.

Die CO_2 – Chemie zu studieren, konnte überhaupt nicht ins Blickfeld geraten, solange die Lehre von den 'vier Elementen Wasser, Feuer, Luft und Erde' der alten Griechen die Wissenschaft beherrschte. Da fiel im 17. Jahrhundert dem flämischen Belgier Joan.Baptista van Helmont (1580 – 1644) auf, daß im brennenden Holz ebenso wie im vermodernden Baumriesen, den der Sturm nieder geworfen hatte, eigentlich das gleiche geschieht: Nur mit sehr unterschiedlicher Geschwindigkeit verflüchtigt sich die feste Masse des Holzes, sie entweicht und wird zu einem Bestandteil der Luft. Diese kann also gar nicht wie in der Lehre der alten Griechen ein *Element* sein. Sie ist ein Gemisch von (vielleicht vielen) *verschiedenen Luftarten*. Aber *WIE* soll man darüber studieren, wenn sich diese Fragestellung sprachlich überhaupt nicht fassen läßt? Ein geheimnisvoller Bestandteil der Luft wurde in der Sprache der damaligen Zeit als 'SPIRITUS' bezeichnet – gewonnen aus der Beobachtung, daß sich Alkohol, 'spiritus vini' durch Wärme aus Wein austreiben / 'destillieren' läßt. So spricht Helmont vom 'spiritus sylvester'. Aber dann formuliert er den genialen Satz: 'HUNC SPIRITUM, INCOGNITUM HACTENUS, NOVO NOMINE GAS VOCO'!

CO_2 anzugreifen bedeutet chemisch gesehen 'Reduktion'. Dies geschieht hier durch Zufuhr von Wasserstoff. Nach sechs Reaktionsschritten gegenüber CO_2 und gegenüber sechs Wassermolekülen H_2O in der vorgeschalteten 'Lichtreaktion' sind 6 C-Atome, 12 H- und 18 O-Atome bewältigt: ein Molekül Glukose $C_6H_{12}O_6$ kann abgeliefert werden und sechs Moleküle Sauerstoff O_2 werden an die Atmosphäre abgegeben: $6 CO_2 + 6 H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6 O_2$. Der Pferdefuß dabei ist starke Wasseranziehung von Glukose, was den Wasserhaushalt der Photosynthesezelle bedroht (Zuckerkrankheit, Diabetes). Kondensation der Glukosemoleküle zum wasserunlöslichen Stärkemolekül vermeidet das: Das einfachste 'Mauerblümle' beherrscht 'den Zugriff zum Teilchen'!

Nachts ist dann Zeit genug, die Glukoseketten in der Stärke wieder zu spalten und im Säftestrom der Saftleitungen den Traubenzucker dorthin zu bringen, wo Wachstum stattfindet, z.B. im Baumstamm am neuen Jahresring. Es versteht sich, daß dabei die Statik des ganzen Baumkörpers berücksichtigt werden muß.

TEIL V: ÖKOLOGIE DER PHOTOSYNTHESE

Die Pflanzenwelt erstickt keineswegs in wenigen Jahren im 'Altlaub'. Denn in der Natur gilt der große Grundsatz: Es gibt 'nichts Freißbares oder Bewohnbares, das nicht seine Spezialisten hätte'! Die 'Destruenten', eine Armee von Klein- und Kleinstlebewesen und besonders Pilze gehen schon im Herbst an die Arbeit und im nächsten Frühjahr ist der größte Teil des Kohlenstoffs der alten Blätter wieder in der Luft. Weil aber *Vulkane* große Mengen von CO_2 neu in die Atmosphäre bringen, muß eine Ausgleichsmenge von Altlaub und Altholz im 'geologischen Depot' versteckt werden, wo Kohle, Erdgas und Erdöl

entstehen. Industrie verbrennt aber seit 200 Jahren *'fossile Energieträger'*, in der Gegenwart den Gegenwert von *'einer Million von Jahren geologischer Beseitigung'*! So hat sich der CO₂-Gehalt der Luft von seinem Wert von 200 PPM (partes per Million Luftmoleküle) vor 200 Jahren auf 400 PPM im März 2013 verdoppelt, ein Wert der seit 800 000 Jahren noch nie vorgekommen ist (*'Mauna Loa – Kurve'*), (Analyse aus Eisbohrkernen in Grönland und in der Antarktis). So kommt es zum *'Treibhauseffekt'* und als Folge daraus zum *'Klimawandel'*. Dazu hat der international geachtete Klimaforscher Professor Flohn 1972 auf der Tagung der Deutschen Naturforscher und Ärzte (GDNÄ) vor großem Publikum erklärt: *„Wir haben nur noch wenige Jahrzehnte Zeit, dann werden die Verhältnisse schnell bedrohlich“*. Der Klimaforscher, Professor Sailer erklärte neulich (2014) in Landsberg : *„Wir haben 30 Jahre geschlafen“*. Schlimmer noch: Wir haben 40 Jahre die Wortführerschaft in der Klimapolitik denen überlassen die behauptet haben, sie könnten *'in Turnschuhen'* die bessere Politik machen.

3. Säule: **LEBEN HAT SYSTEM**

DAS AUFSTRALENDE GLANZSTÜCK IN DER NATUR - DAS LEBEN

I.) Im Hinblick auf das *Licht* findet sich auf DREI Ausrüstungsbereichen eine Grundlage für das Schauspiel des Lebens:

Im *'Photosynthesesystem'* binden die Pflanzen Energie, bringen sie in Bau- und Betriebsstoffe, werden zur Grundlage für das ganze Ökosystem. Mittels *'Pigment'* welches das Licht bestimmter Wellenlängen wegabsorbiert, (wieder durch *'konjugierte Doppelbindungen'*) wird *'die bunte Welt der Farben'* gewonnen.

Molekulare Feinststrukturen können selektiv einzelne Farbkomponenten des weißen Sonnenlichtes wegspiegeln. So kann der Pfau das wunderbare Schauspiel seiner Balz darbieten. Im *'Auge'* beherrscht die Hochleistungsstruktur konjugierter Doppelbindungen im *'SEHPURPUR'* das Lichtquant in neuer Weise: Jetzt wird es *'vermessen'* nach Herkunft (Bildpunkt, Pixel), Stärke, Einfallswinkel, Farbe und alle Daten bringt der Sehnerv ins zentrale Nervensystem. So erhellt das Auge bzw. der optische Sinn das Leben. Dies führt gar zur *'Weltanschauung'*, mindestens zur *'Einbildung'*, im Glücksfall zur *'Bildung'*. Wer die Augen aufmacht, besitzt in Echtzeit ein Bild seiner Umwelt, wenigstens eine Vorstufe für das *'Licht für die Blinden'*. Die Fähigkeit der Zelle, ordnend mit molekularen Gebilden umzugehen, hat im Hinblick auf Auge und Pigment eine bis zur Sonne reichende Bedeutung: *„Wär nicht das Auge sonnenhaft, die Sonne könnt es nie erblicken“*. (J.W.Goethe). In der Spätantike hat Plotin (205 – 270) diesen Gedanken bereits geäußert: *„Ου γαρ πωποτε ειδεν οφθαλμοσ ηλιον, ηλιοειδησ, μη γεγενομενοσ“*

II.) DAS WESEN DER GESTALTSYSTEME IN NATUR UND LEBEN

Lebewesen haben *'Gestalt und Muster'*. Sie geben Darstellung, Zeichen, Signal. Im Bewegungsbild, in der *'Pantomime'* / *'Körpersprache'*, geben sie darüber hinaus Choreographie für die soziale Kommunikation im weitesten Sinne.

In der Natur zeigt sich gestaltbildende Kraft am Mineral, das unter besonderen Bedingungen *'kristallisiert'*, gar Edelsteine ausbildet. Nikolaus Steno hat um 1660 die *'Winkelkonstanz'* als Baugesetz der Kristalle erkannt. Die Möglichkeiten der Gestaltbildungen sind dabei im Rahmen der geometrischen Kristallsysteme fast unendlich. Es sind wohl noch nie zwei identische Schneeflocken vom Himmel gefallen.

Die Lebewesen gestalten ihren Körper mit allem, was biologisch erzeugt und bearbeitet werden kann, also vom Kohlenhydrat, vom Fett, vom Eiweiß aus und gelangen so – und zwar immer von einer ZELLE aus (d.h. aus der Dimension 1/100 mm) zu allem, was mit *'Haut und Haaren'* anzufangen ist. Mineralien spielen für Skelette und Schalen eine große Rolle, für unsere Knochen das Kalziumkarbonat und besonders auch das Kalziumphosphat. Die Radiolarien im Meeresplankton besorgen sich trotz großer Konzentrationsprobleme das Siliziumdioxid, denn sie bilden ihre kunstvollen Gehäuse aus dem fast unlöslichen Quarz. Die *'Kunstformen der Natur'* (Ernst Haeckel) sind wirklich von den einzelligen Planktonlebewesen über alles, was auf Erden kriecht und flücht bis hin in die Gesamtheit einer Biocoenose so unerschöpflich reichhaltig, daß kein Auge dabei müde wird, sich daran zu erfreuen: „*Pulchra sunt quae videntur, pulchriora quae sciuntur, longe pulcherima quae ignorantur.*“ Nikolaus Steno, 1638 – 1686.

II. DAS WESEN DES LEBENS ALS ZEITSYSTEM

Im *'Wachstumssystem'* gestaltet der Embryo von der befruchteten Eizelle aus strengstens *'zeitorientiert'* seinen Körper:

- a) durch Zellteilungen (*'Teilungen'*? Nein durch *'Verdopplungen'*!) 1 – 2 – 4 – 8....,
- b) durch zeitlich geordnete Differenzierung der entstehenden Zellen für Organbildung.
- c) in der *'Metamorphose'* wandelt sich die *'Zeitgestalt'*, wenn die vorübergehende Rolle etwa einer Larve ausgespielt ist.
- d) Im *'Reifungssystem'* werden die artgemäßen Lebensmöglichkeiten erreicht. Nachkommenschaft ist jetzt biologisches Lebensziel und danach ist der Tod in dieser Sicht durchaus keine Katastrophe.

Für uns Menschen gilt jedoch die Verheißung: „*TUIS ENIM FIDELIBUS DOMINE, VITA MUTATUR NON TOLLITUR: ET DISSOLUTA TERRESTRIS HUIUS INCOLATUS DOMO, AETERNA IN CAELIS HABITATIO COMPARATUR.*“ (Missale Romanum, Requiem, Praefatio). Das großartige Werk der holländischen Naturforscherin und Künstlerin Maria Sibylla Merian (1647-1717) über *'Metamorphosis insectorum surinamensium'* in der

Tropenwelt Surinams (Niederländisch-Guayana) ist ein Hintergrund für diesen Gedanken – gemäß der Aussage Goethes „*Alles Vergängliche ist nur ein Gleichnis*“.

IV. DAS WESEN DES LEBENS ALS BIOCHEMIESYSTEM

Vorbemerkung: In der Umrahmung dieser Tafel ist eine Auswahl von Systemleistungen und Systemaufgaben angegeben, die als Lebensleistungen gefordert sind.

Genau in der Mitte des 20. Jahrhunderts hat der *Professor Walter Gerlach* seine Studenten in der letzten Physikvorlesung vor den Weihnachtsferien so verabschiedet: „*Jetzt haben wir DAS ZEITALTER DER PHYSIK BEENDET. Nach den Ferien werden wir uns in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts wieder treffen IM ZEITALTER DER BIOLOGIE*“.

Dieses Zeitalter der Biologie hat sich fulminant als Einstieg in die ‚*Molekularbiologie*‘ dargestellt. Noch 1952 wurde in der Biologie (und ebenso in der Werbung auch heute noch) für die Energieversorgung des Muskels *Oxydation von Zucker* genannt. Ein Zuckermolekül aber unmittelbar im Moment und am Ort der Energieanforderung zu oxydieren würde ein so hohes Maß an unbeherrschbarer Abfallwärme bedeuten, daß ein Schwergewichtsportler im Augenblick seiner höchsten Anstrengung knusprig gegrillt wäre – wie ein Grillochse auf dem Oktoberfest.

Aber Molekularbiologie ist ganz systematisch ‚*BIOCHEMIE*‘! (Oh weh – ist das Chemie? Ich mag doch Öko und Bio...!) Im Magen und Darm gibt es noch keinen ‚*Stoffwechsel*‘. Hier werden lediglich die Nahrungsmittel, also Kohlehydrat, Fett und Eiweiß zerkleinert und in ihre chemischen Bausteine *aufgespalten*. Erst in den Zellen der Organe findet der eigentliche Stoffwechsel statt, spezifisch für die Bedürfnisse eines jeden Lebewesens. Insgesamt geht es dabei um die Aufgabe, viele (sehr viele!) verschiedene chemische Reaktionen ‚*je nach Art, in der Menge, am richtigen Reaktionsort und im richtigen Bedarfszeitpunkt*‘ durchzuführen. Fazit: In der Zelle geht es zu wie in einem orientalischen Basar, allerdings gesteuert von ‚*Logistik*‘ der höchsten Rangstufe.

BIOCHEMIE DES ENERGIESTOFFWECHSELS:

Diese Stoffwechsellinie ist ein Paradebeispiel für die Arbeitsweise der biologischen Zelle: Traubenzucker ist bekanntlich hygroskopisch und darf deshalb eine Konzentration über 11 Promille in der Zelle nicht auf Dauer übersteigen. Viel gefährlicher ist seine hohe Energiedichte. Daher eignet er sich zwar als ‚*universaler Energiespeicherstoff*‘, für gefahrlosen Energieeinsatz eignet er sich nicht. Otto Warburg (1883 -1970) sagt, die Reaktion, in der die Natur die Energie des Sonnenlichts in chemische Energie verwandelt und auf der die Existenz der organischen Welt beruht ist nicht so unvollkommen, daß der größte Teil der aufgewandten Energie dabei verloren geht, „*sondern die Reaktion ist, so wie die Welt selbst, fast vollkommen.*“ (GDCH-Hauptversammlung 5.X.1957). Im Glukosemolekül steckt der Energie-gehalt in den Bindungen zwischen den C- und C-Atomen und in den Wasserstoffatomen.

DIE ‚GLYKOLYSE‘ :

Wie kann man nun allgemein verständlich erklären, was sich so schwierig anhört? Zunächst liegen viele tausend Glukosemoleküle ganz unauffällig in quervernetzten Ketten im *Stärkekörnchen* (Mehlstäubchen) gebunden vor (in der Pflanze) oder im *Glykogen* in Tier und Mensch (*universale Speicherform für Energie* – lebenslang haltbar). Daraus werden einzelne Glukosemoleküle herausgeschnitten, um sie zu zerlegen was durch Einsatz von Enzymen geschieht: C_6 gibt zweimal C_3 . Daraus läßt sich je ein CO_2 -Molekül abspalten und zwar noch mit relativ wenig Energieumsatz (alkoholische Gärung). Für den Energiebedarf von Hefezellen reicht das. Mit der so erreichten C_2 -Stufe ist schon eine sehr wichtige **Stoffwechselweiche** erreicht. Denn von hier aus läßt sich der Aufbau von Fettsäuremolekülen ansteuern (*Fettsäurespirale*). Ebenso führen von hier aus Wege zum Aufbau von Aminosäuren, also von *Eiweiß und bis zu den hochwirksamen Hormonen*.

Die Reaktionen der Glykolyse unterliegen einer sehr anspruchsvollen Steuerung (*Logistik*): Bei Anstrengung müssen sie mit vollem Einsatz fahren, bei Pausen darf kein Stau entstehen, allenfalls kann umgesteuert werden zum Fettstoffwechsel oder zurück bis zur Stärke. So ergibt sich für diese Reaktionsfolge – ein Paradebeispiel für den *‘Zugriff zum Teilchen’*- das Bild einer **‘SCHAUKELKETTE’**, man sieht gewissermaßen die Zirkusakrobaten am Trapez fliegen und zwar mit sehr viel mehr anspruchsvoller Akrobatik als sie der toll- ste Zirkus der Welt vorführen könnte: *Chemie ist in der Biologie eine Wunderwelt!!*

ZUGRIFF AUF DIE ENERGIE IM ‘ZITRONENSÄUREZYKLUS’

In der Glykolyse hat das Glukosemolekül mit der C_2 -Stufe den Bauplan des Essigsäuremoleküls erreicht (CH_3COOH). Dieses wird durch Bindung an ein Enzymmolekül *‘aktiviert’*. Deshalb spricht man von *‘aktivierter Essigsäure’*. Dieser Molekülkomplex *‘fährt’* nun in den *‘Kreisverkehr des Zitronensäurezyklus’* ein und wird mit einem C_4 -Molekül verbunden. $C_4 + C_2$ gibt C_6 : Dies entspricht dem Molekül im sauren Zitronensaft, daher die Bezeichnung *‘Zitronensäurezyklus’* (Chemie kann mit gleichem Element- und Atombestand je nach Bauplan unterschiedliche Stoffe aufbauen).

Wegen der Brisanz der nun folgenden Übertragung der Energie auf die Moleküle des *‘universalen Energieeinsatzstoffes Adenosintriphosphorsäure ATP’* werden diese Reaktionen streng abgeschirmt im *‘Nano-Kompartiment Mitochondrium’* durchgeführt. Nicht wie in einem Wasserfall, sondern behutsam wie über eine Kaskade wird nun der hohe Energiegehalt der *energiereichen Elektronen* in der *‘Atmungskette’* auf kleine Portionen aufgeteilt, sodaß ans *‘Adenosindiphosphat ADP’* ein dritter *‘Phosphatrest’* mittels einer *‘energiereichen Valenz’* angehängt werden kann: *‘Adenosintriphosphat – ATP’* steht nun zur Verfügung (ohne den verheerenden Effekt der *‘Knallgasreaktion’*). (Man beachte, daß hier das Element *‘Phosphor’* eine Rolle spielt, chemisch gebunden zeigt sich nichts von der Wirkung, die Phosphor im Elementarzustand im 19. Jahrhundert zur *‘Vergiftung der Schwiegermutter’* gespielt hat...). Das *Mitochondrium* wurde schon um 1885 entdeckt, aber erst nach den ersten Darstellungen im Elektronenmikroskop als *‘Kompartiment’* begriffen. Eine energiehungrige Herzmuskelzelle kann bis zu einhundert Mitochondrien besitzen – jedes davon mit der kompletten Werkstattausrüstung für Glykolyse und Zitronensäurezyklus.

Der Energiegehalt eines einzigen Glukosemoleküls ist nun auf 36 ATP-Moleküle aufgeteilt. Jedes davon ist größer als ein Glukosemolekül, aber die nutzbare Energie sitzt nun *in einer Bindung* und ist leicht zu entnehmen. Damit steht Energie für jeden Anwendungsbedarf und für jeden Anwendungsort zur Verfügung und zwar mit einem Wirkungsgrad, von dem Techniker nur träumen können. Aktuell besitzt unser Körper ungefähr soviel Gramm ATP wie wir Kilogramm wiegen, verbraucht aber im Lauf eines Tages eine Menge, die unserem Kilogrammgewicht entspricht. Jedes ATP-Molekül muß täglich tausendfach zum Einsatz kommen und auch wieder aufgeladen werden.

4. Säule: **LEBEN IST KOMMUNIKATION** **LEBEN IST BEHERRSCHEN VON INFORMATION**

Genauso wie Materie und Energie ist auch *Information* eine *Konstituente der Natur*. Lebewesen können daher gar nicht anders existieren, als mit Kompetenz auch auf diesem Gebiet. Der Vogel Strauß kommt also nicht weit, wenn er seinen Kopf in den Sand steckt. Der *Paarbildungsschrei der Silbermöven* (N.Tinbergen) ist ein schönes Beispiel für die Leistung der Informationsverarbeitung im sozialen Bereich und die Werbetänze der *Bienensprache* (K.v.Frisch) erweisen sich als Grundlage für das Gelingen der ganzen Ökonomie im Bienenhaushalt. Im Pflanzenleben ist das Beherrschen von Information die Grundlage dafür, daß die arttypische Gestalt eines Baumes schon aus großer Entfernung erkannt werden kann.

Nervenzellen und Gehirn sind die Werkzeuge für den Umgang mit Information. 1865 gelang es Deiters erstmalig, eine Nervenzelle aus dem Rückenmark eines Ochsen heraus zu präparieren und die Teile zu benennen: *Soma/Leib* der Zelle mit vielen kurzen verzweigten Verbindungsästen (*Dendriten*), eine lange Nervenfasern (*Neurit oder Axon*) und schließlich eine stark verzweigte Endstruktur zur Verbindung mit dem Zielorgan (*Synapsen*).

Schnell bürgerte sich für die Vorgänge in der Nervenfasern der Sprachgebrauch von der *Nervenleitung* ein. In der Nervenfasern werden aber keine Informationen transportiert, allenfalls Versorgungsmaterial für Faserhaushalt und Synapsen. Die Sache ist viel komplizierter: Es gibt **Nervenleistung** und die liegt auf viel höherem Niveau als Nervenleitung! Vom Soma einer arbeitenden Nervenzelle gehen nämlich elektrische Impulse aus: diese polarisieren den ersten, ganz kurzen Abschnitt des Neuriten. Die Nervenzelle hat nämlich die Axonfasern als ganz dünnen Schlauch ausgebildet, der für seine Aufgabe eine hohe Konzentration von Kaliumionen enthält. (Auch Natrium- und Chloridionen spielen hier mit). In der Wand des Axons sind streng bewachte Poren untergebracht, die sich genau bei Ankunft von elektrischem Impuls öffnen. Jetzt diffundieren die Kaliumionen dem Konzentrationsgrad entsprechend einfach hinaus.

Möglichst weg quer zur Zielrichtung der Nervenfaser, einfach weg in Bereiche geringerer Konzentration. Die Wanderung dieser positiv geladenen Ionen baut nun außerhalb der Nervenfaser positiv elektrisches Potential auf, das von außen meßbare *'AKTIONSPOTENTIAL'*.

Da Ionen nicht lebendig sind, ist dieser Vorgang wirklich **kein Lebensvorgang**. Hier bedient sich das Leben einer rein physikalischen *'FREMDDIENSTBARKEIT'* (Gastarbeiter, Leiharbeit...), die auch mit einer Schnelligkeit weit jenseits biologischer Dimensionen erfolgt. Um Aufwand zu sparen, ist die Axonfaser nicht dicht anschließend, sondern *'auf Lücke'* (*'Ranvierscher Schnürring'*) von kleinen, sehr flachen Zellen umwickelt (*'Schwannsche Scheide'*). Erst in der Lücke sind wieder Kaliumporen nötig.

Weil aber Nervenleistung gleich wieder einsatzbereit sein muß, schafft ein (offensichtlich biologisches) Instrument, die *'Ionenpumpe'* die entflohenen Kaliumionen wieder ins Axon zurück. Damit ist das *'Ruhepotential'* wieder hergestellt, durch elektrische Begleiterscheinungen werden die Kaliumporen am nächsten Schnürring geöffnet und eine Salve von Aktionspotentialen kann bis zum Zielorgan der Nervenfaser gelangen. Hier am Zielorgan sind im *'Synaptischen Bläschen'* *'Transmittermoleküle'* angesammelt. Das letzte Aktionspotential bringt die synaptischen Bläschen zum Platzen und wieder wird eine rein physikalisch-chemische Fremddienstbarkeit in Anspruch genommen: Die Transmittermoleküle folgen wieder den Diffusionsgesetzen, gelangen so über den *'synaptischen Spalt'* und werden am Zielorgan von *'Akzeptormolekülen'* eingefangen, was schließlich zur erwarteten Organantwort führt.

Wie jedoch baut unser *'zentrales Nervensystem'*, unser *'Gehirn'* aus den Aktionspotentialen, die es über die *'afferenten'*, also aus dem Körper zum Gehirn führenden Nervenbahnen erhält, alle seine Leistungen auf? Der amerikanische Nobelpreisträger Emmerson M. Pugh sagt dazu nur (1977): „*Wenn unser Gehirn so einfach wäre, daß wir es verstehen könnten, wären wir so primitiv, daß wir daran kein Interesse hätten*“.

Einige knappe Angaben sind doch über das Wunderwerk **Gehirn** zu bringen: Kaum ist im Embryo aus der kugelförmigen *'Eizelle'* die *'Körpergrundgestalt'* mit den Orientierungen *'vorne–hinten'*, *'oben–unten'* und *'rechts–links'* angelegt, faltet sich in der Rücken-Mittellinie die Haut ein und die Falte schließt sich zu einem Rohr, zum zukünftigen *'Rückenmark'*.

Im Kopfbereich bläht sich dieses Rohr gewaltig auf, faltet sich aber so stark und so fein ein, daß es eben nicht mehr Raum beansprucht, als unter der *'Hirnschale'* Platz ist. So entstehen die beiden *'Hirnhemisphären'*. Auf den fein gefalteten Hautflächen der beiden Hirnhälften steht nun genug Platz zur Verfügung, um die unvorstellbare Menge von mehr als 10^{10} , d.h. der mehr als 10 Milliarden Nervenzellen unterzubringen. Diese Nervenzellen sind in Gruppen angeordnet (*'Kerne'*) wie die Buchstaben, die auf einer doppelten Zeitungsseite von der Redaktion in Themenartikeln angeordnet sind: Hier sind das die Gehirnfelder z.B. für das *'Sehzentrum'*, überhaupt für die einzelnen Aufgaben zur Steuerung des ganzen Lebewesens. Eigentlich ist diese Anordnung übersichtlich, aber sie

ist doch schwer durchschaubar. Und die Leistung dieser Zellen ist wirklich gigantisch und zwar lebenslang. Sie können nicht ausgetauscht oder ersetzt werden wie Zellen des Blutes, der Haut oder der Muskeln. Also müssen die **Proteinmoleküle**, die Werkzeuge ihrer Tätigkeit einsatzbereit gehalten werden. Im Falle der 'Abnützung' werden sie repariert oder ausgetauscht: Aus der Stoffwechselbilanz des menschlichen Gehirns ergibt sich eine 'Halbwertszeit' für den Proteinbestand von 14 Tagen. Das bedeutet, daß in jeder Zelle unseres Gehirns pro Sekunde an 15000 Proteinmolekülen gearbeitet werden muß und das bei laufendem Betrieb! (Berechnung Harald Reichert).

Die Rolle von Kali- und Natriumsalz als Mittel zur Nervenleistung läßt uns die historische und kulturgeschichtliche Rolle der 'Salzstraße', die am Rhabanus-Maurus-Gymnasium vorbei aus dem Salzburger Land über Landsberg bis ins Rheinland führt, in tieferem Sinne verstehen. Im Gegensatz zur Pflanze, die keine Nerven hat, brauchen Tier und Mensch für die Nervenphysiologie Salz.

Pflanzen geben in ihrem Körperbau Zeugnis für ihre Fähigkeit, Information zu beherrschen. Sie folgen dabei strengen, aber doch erkennbaren Regeln für den Bauplan: **Ginkgo biloba**, der chinesische Tempelbaum (der in der Eiszeit in Europa ausgestorben ist), gewinnt die charakteristische Gestalt seiner Krone aus der Verfolgung eines einfachen Prinzips: Knospen, die gut im Licht stehen, bilden einen 'Langtrieb', der in einem Sommer Meterlänge erreichen kann. Die Seitenknospen jedoch, die sich in den Blattachsen bilden, beschränken sich darauf, lediglich im Millimeterbereich Sproßholz zu bilden. Aus ihnen geht nur eine kleine Anzahl Blätter hervor und das für Jahrzehnte immer wiederholt. Gibt es aber eine Änderung in der Architektur der Baumkrone, so erhält die 'Scheitelknospe' im 'Kurztrieb' die andere Leistungsqualität und bildet stolz einen 'Langtrieb'. In der großen Mannigfaltigkeit der Laubbäume unseres geologischen Zeitalters gibt es dieses Gliederungsprinzip Langtrieb : Kurztrieb zwar auch. Unsere Bäume gehen aber quasi locker damit um.

Dem Datum der Aufrichtung dieser Tafel entsprechend wurden an einem 'Maibaum' Symbole untergebracht, die im langen Lauf der Geschichte Gedanken über Natur und Leben verschlüsselt haben.

5. TAFEL: DAS WUNDER DER LEBENSVIELFALT: LEBEN IST INNOVATION LEBEN IST ENTFALTUNG DES STAMMBAUMS

Wer nun die *VIER SÄULEN* kennt, die das Wunderwerk des Lebens tragen, der kann es wagen, in den großen *BOTANISCHEN GARTEN* und in den großen *ZOOLOGISCHEN GARTEN* der Natur einzutreten.

Alle Lebewesen 'haben Anteil am gleichen Leben'. Daher müssen an einem 'Stammbaum des Lebens' alle Reiche der Lebewesen untergebracht werden: 'Archaea und Bakterien der Urzeit' sowie auch die 'Eukarioten' also die einzelligen 'Protozoen', wie auch die

Reiche der vielzelligen *'Pilze, Pflanzen und Tiere'*. Mit mehr als zweihundert ausgewählten Beispielen aus der unübersehbaren Mannigfaltigkeit der Natur (alle künstlerisch als Aquarell gemalt durch Karl-Heinz Kappl) und mit mehr als einhundert stark verdichteten Textaussagen wird hier versucht, einen Überblick über die Welt der Lebewesen zu geben.

Ehe Leben als sich selbst reduplizierendes Phänomen existierte, mögen Vorgänge einer rein stofflichen, *'präbiotischen Evolution'* ungestört durch freßgierige Lebewesen Äonen von Zeitspannen zur Verfügung gehabt haben, um unvorstellbar geringe Wahrscheinlichkeiten auszunützen. Ob aber auf der Basis von Zufall und Selektion (Darwin) **'INNOVATION'** überhaupt möglich sei, darüber streiten sogar die Philosophen. Während aber der Nobelpreisträger von 1973 Konrad Lorenz, dogmatisch streng *Zufall* und *Selektion* zu den einzigen Baumeistern der Evolution erklärt, zweifelt Karl von Frisch, ebenso Nobelpreisträger von 1973 dies an: „Ich gehöre nicht zu den Biologen, die heute glauben, daß sie einmal alles verstehen können. Ich bin überzeugt, daß mit Mutation, wie wir sie jetzt kennen und Selektion allein, nicht entfernt die Vorgänge in der lebenden Natur erklärt werden können,“ (BR Interview 1986). Damit ist immer noch aktuell, was Thomas von Aquin im 12. Jahrhundert ausgesprochen hat: „*Nullus philosophus potuit umquam investigare naturam unius muscae*“. Eine detaillierte Beschreibung für Evolutionsereignisse liegt eben immer nur *'a tergo'* vor. An dieser Stelle läßt sich erahnen, wie weit Naturforschung, verstanden als *'Philosophia'*, im Wortsinn *'Liebe zur Weisheit'* vordringen kann. Nikolaus Steno/Nils Stensen (1638 -1686) ist ein leuchtender Zeuge dafür. Lüge, Ideologie und Diktatur führen dagegen in diabolische Perversion.

In den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts haben die Fuhrunternehmer begonnen, auf der Heckfläche ihrer Lastkraftwagen mit großer Schrift ihr volles Betriebsprogramm anzugeben: **'LOGISTIK UND TRANSPORTE'**. Im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrhunderts wird diese Aussage auf zwei Spuren gesteigert: Der Großunternehmer von Memmingen, für den auf Europas Straßen eintausend Lastkraftwagen Geld verdienen sollen, schreibt jetzt (auf die größere Seitenfront) **'INTELLIGENT LOGISTICS'**. Selbst für diese Aussage hat einer neuerdings nochmal eine Steigerung gefunden und schrieb drauf: **'EUROPEAN CULTURAL LOGISTICS'**. Vom **'ZUFALL'** allein scheint man in diesen Kreisen nicht viel zu halten...

Vor mehr als drei Milliarden Jahren haben *'Archaea'* begonnen mit all den Stoffwechsellleistungen, die auch heute noch vorkommen, die Welt zu besiedeln, vorwiegend jedoch im Wasser. Manche davon auch heute noch im extrem heißen und mit Schwefelwasserstoff durchsetzten Wasser am *'Schwarzen Raucher'*, dem vulkanischen Schlot am *'Atlantischen Rücken'* der Tiefsee oder im extrem salzhaltigen Wasser von *'Salinen'*.

'Viren' betreiben keine selbstständigen Lebenstätigkeiten. Immerhin besitzen sie eine Schutzhülle, die ihnen den Infektionsweg in spezifisch angesteuerte Zellen vermittelt. Ihr Genommolekül übernimmt dann im Kern der befallenen Zelle wie ein Pirat das Kommando. Die befallene Zelle produziert bis zu ihrem Zusammenbruch nur noch Viruspartikel und baut diese gar noch zusammen.

'Bakterien' sind zwar in vielen Fällen Krankheitserreger mit enger Bindung an ihren Wirt, haben aber in der freien Natur weite Lebensräume mit bedeutenden ökologischen Aufgaben inne.

Die *'Einzeller'* zeigen nun in nicht überschaubarer Mannigfaltigkeit alle nur denkbaren Variationsmöglichkeiten, wie die Pflanzen zu assimilieren oder wie die Tiere Bio-Nahrung

zu fressen . Diese Mikro- Welt erschließt sich aber nur im Mikroskop (A.v.Leuwenhoek 1632 – 1723) oder in der erstaunlich einfachen `Warburg-Apparatur`, mit der an der einzelligen Alge `Chlorella` entscheidende Erkenntnisse zum Verständnis der Photosynthese gewonnen wurden (Nobelpreis 1931).

Die Süßwasseralge `Scenedesmus` zeigt den Weg zur Mehrzelligkeit. Vier Zellen, in zwei Teilungsschritten entstanden trennen sich nicht, sondern bilden `ein Floß`. Auch erste Differenzierung zeigt sich: Die beiden inneren Zellen liegen genau parallel nebeneinander, die beiden äußeren sind wie ein Halbmond angefügt. Bei `Pandorina` bilden 16 Zellen eine Kugel, eingehüllt in Gallerte. `Volvox` bildet mit weit mehr als 100 Zellen eine Hohlkugel, die sich mit Bewegungsgeißeln durchs Wasser rollt. Jetzt wird Fortpflanzung ein Problem: Zellteilungen führen zu Einstülpungen ins Kugellinnere. Diese Tochterkugeln reifen heran, können aber nur `geboren` werden, wenn sie ihre `Mutterkugel zerreißen`, also dem Tod überliefern. `Acetabularia` bringt den Körper des Einzellers bis in die Zentimeter-Dimension und zeigt sich im Mittelmeer im Flachwasser in überaus zierlichen Gebilden. Nummuliten, die Kalkgehäuse von einzelligen Foraminiferen haben im Tertiär die Maße großer Münzen erreicht.

Bei *zoologischen Einzellern* zeigen sich alle Variationen von `Fressen und Gefressenwerden`. Beweglichkeit, Sinnesleistungen, sogar Jagdmethoden, Fähigkeit sich Beute einzuverleiben (ganz wörtlich) und Verdauung und Ausscheidung sind vielfältig vorzufinden. Und Tendenz zur Vielzelligkeit zeigt sich: Das `Glockentierchen` (*Vorticella*) kann zahlreiche Einzelglocken wie in einem Blumenstrauß vereinigt an einem gemeinsamen Stammstiel ihre Jagd betreiben lassen.

Mit der `Zelle` zeigt uns die biologische Welt schon eine Lebensstufe, die erst aus höchsten Vorgängen von `Synthese` und `Logistik` zu erklären ist. Denn für einige Fähigkeiten sind eigene Entwicklungswege zu erkennen. Photosynthese ist als Ergebnis der eigenständigen Lebensgeschichte von Archaebakterien und schließlich von Flagellaten (einzelligen Grünalgen) anzusehen, die zunächst als Nahrung aufgenommen, dann als `Symbionten` in die Zelle eingeordnet und schließlich als `Kompartiment` integriert wurden. Ebenso können die `Mitochondrien` als ursprünglich im Leistungsbereich `Umgang mit Energie` höchst spezialisierte Lebewesen angesehen werden (bekannt seit dem Ende des 19.Jhts, dann aber durch hundert Jahre in Frage gestellt: (*Echt oder nur ein Produkt von Präparation oder Färbetechnik?*) Ein Rest von eigenen Erbanlagen ist ein starkes Argument für ursprüngliche Selbständigkeit der Mitochondrien als Lebewesen. Überhaupt ist bei den Protozoen neben der Erbgutweitergabe in der Generationenfolge (`vertikal`) eine starke Genübertragung von Lebewesen zu Lebewesen (`horizontaler Gentransfer`) anzunehmen. Dies gilt auch noch weit in den Bereich der vielzelligen Lebewesen hinein. Damit gelangt die Lebensgeschichte der Protozoen, der Eukarioten an das Tor zur echten Vielzelligkeit und zwar auf den unterschiedlichen Entwicklungswegen für `Pflanzenreich` und `Tierreich` und für das Reich der `Pilze`.

In diesen drei Reichen der Pflanzen, Pilze und Tiere wird der vielzellige Körper zunächst aus weitgehend einheitlichen Zellen aufgebaut (ganz besonders eindrucksvoll bei den `Myxomyceten`/ `Schleimpilzen`. So entsteht bei den Pflanzen der `Thallus`, so daß sich im

Flachmeer die wogenden Felder der *'Tange'* (*'Kelp'*) entwickeln können. Im Tierreich bilden die Schwämme den Typus der *'Gewebetiere'*. Mit einer kleinen Anzahl verschiedener Zelltypen bauen sie *'den Badeschwamm'* auf und reinigen durch ihren Filtrierdienst das Meer.

Eine große Konkurrenz bringt die Frage der **'SYMMETRIE'** in die Lebensgeschichte: Bei Korallen, Quallen und Stachelhäutern verwirklicht sich die strahlenförmige *'Radiärsymmetrie'*. Auch viele Blumen bauen ihre Blüten so auf. *'zweiseitige Symmetrie'* beherrscht jedoch bei der überwiegenden Mehrzahl der Lebewesen (*'Bilateria'*) den Bauplan des Körpers.

Je größer ein vielzelliger Körper wird, desto mehr müssen Probleme der Statik und der Ver- und Entsorgung der Teile bewältigt werden. Innovation löst ganze Kaskaden von neuen Aufgaben aus. Wird z.B. das Wachstumsmodell *'Baum'* erfolgreich verwirklicht, so muß es sich bald in der daraus hervorgehenden Realität *'Wald'* bewähren.

Nicht einmal absolutes Unvermögen im Bereich mancher Lebensleistungen muß von der Existenz ausschließen: Das Heer der *'Säftesauger'*- egal ob an Pflanzen oder an Tieren – kann mit seiner sehr einseitigen Mangelnahrung nur durch oft unglaublich hoch komplizierte *'Symbiose'* zurecht kommen: In manchen Fällen sogar mehrstöckig, d.h. nicht einmal der Symbiont kommt mit seinen Stoffwechselproblemen zurecht, er muß selber einen noch höher spezialisierten Symbionten in Anspruch nehmen (für den ihm der *'Hausherr'* ein eigenes Mycetom zur Verfügung stellt), sogar Generationen übergreifend. Parasiten setzen sich zwar im befallenen Lebewesen *'ins gemachte Bett'*, müssen aber vermeiden, den Ast abzusägen, auf dem sie sitzen.

In der Generationenfolge bringt *'Knospung'* am Körper der Mutter *'vegetativ'* erbgleiche *'Klone'* hervor, bei Pflanzen fast allgemein so: Jeder Laubbaumzweig kann als *'Steckling'* zum Anwurzeln gebracht werden, dann ist dieser *'Klon'* ein selbständiges Lebewesen. Im Falle Schwamm, Hohltier und in vielen anderen Fällen ist das Lebewesen ein *'Tierstock'*, eine Einheit zahlreicher geklonter Einzelwesen, die aber zeitlebens verwachsen bleiben. So auch bei jedem Grasbüschel, Gesträuch und jedem verzweigten Baum. Die *'hundertfältige Frucht des Weizenkorns'* erklärt sich daraus.

Wenn aber festsitzende Pflanzen oder Tiere keine Möglichkeit finden, generative Fortpflanzung zu erreichen, können Klone *mit der Fähigkeit der Abwanderung* (aktiv oder passiv) doch dieses Ziel realisieren. Denn erst die zweigeschlechtliche Fortpflanzung über *'Keimzellen'* erschließt den ganzen Reichtum des *'Genpools'*. *Keimzellenbildung* setzt zunächst Existenz von *'Urgeschlechtszellen'*, Fähigkeit für die Reifungsvorgänge in der Keimzellenbildung, dann das Gelingen der Keimzellenverschmelzung zur Bildung einer *'befruchteten Eizelle'* und gar noch bei vielzelligen Lebewesen die überaus vielfältigen Systeme der sexuellen Paarung voraus. All das zeigt sich in der unüberschaubaren Mannigfaltigkeit der Lebensformen, von denen diese Tafel eine knappe Auswahl zeigt. Wer hier die überaus hochrangigen und vielfältigen Gestaltungen überblickt, die sich bis in die extremen Vorgänge und Zustände etwa der Biologie der *Orchideen* zeigen, mag einstufen können, welchen Rang im Vergleich dazu der Pomp hat, wenn die königliche Braut in ihrer

goldenen Kutsche zur Hochzeit gefahren wird, während `die ganze Stadt auf den Beinen ist´. Auch der Gegenentwurf sexueller Perversionen erhält von hier aus **unentrinnbar sein Urteil**.

Aus der Fülle von Lebensformen sind jetzt wenigstens die Hauptlinien von Gestaltungen und Lebensweisen an Beispielen vorzuführen:

A) Die Welt der Pflanzen, in der Zeit Goethes als die *SCIENTIA AMABILIS* bewundert.

Pflanzenwelt hat sich zunächst im Meer entwickelt und entfaltet. Wasser trägt auch einen schweren Körper quasi schwerelos, es enthält auch alle Nährstoffe für eine Pflanze in gelöster Form. Von da aus erforderte der Übergang ins Süßwasser, wo durch osmotischen Angriff Mineralstoffe aus der Zelle verloren gehen könnten, eine Umstellung der physiologischen Strategie. Vom Uferbereich eines Gewässers aus das Festland zu besiedeln, war dann die erste, ganz große Herausforderung für Lebewesen überhaupt, ihre Fähigkeit zur **‘INNOVATION’** zu beweisen: Es galt, eine viel stärkere Einstrahlung der Sonne zu verkraften, zumindest zeitweilige Trockenheit zu überstehen, durch Stabilität im Sproß in die Höhe auszugreifen und schließlich die hauptsächliche Nahrungsquelle, das Kohlenstoffdioxid, nun in seiner gasförmigen Zustandsform aus der Luft zu gewinnen.

Moose, Schachtelhalme und Farne haben diese Schwierigkeiten überwunden und im **Karbonzeitalter** große Festlandsgebiete zum erstenmal in der biologischen Geschichte mit **‘WALD’** überzogen. (Auch ein Moospolster zeigt sich unterm Binokular als `Wald´). Zeugen dafür sind die Lagerstätten der Steinkohle, die damals entstanden sind. Aber in der Fortpflanzung haben diese Großgruppen der Pflanzenwelt immer noch wie die **ALGEN** Bedingungen einzelliger Lebewesen zu erfüllen. Das bedeutet, sie müssen aus einer **‘SPORE’ entstanden**, am Festland wie ein Einzeller an der freien, oft trockenen und sonnendurchstrahlten Luft als mikroskopisch kleiner **‘Vorkeim’, als ‘Prothallium’** eine mindestens wochenlange Jugendentwicklung überstehen! Erst der erfolgreiche Vorkeim kann dann durch Bildung und Verpaarung von **‘Keimzellen’** eine neue Generation des Artlebewesens begründen (**‘Generationswechsel’**).

Die größten Innovationssprünge geschahen ganz heimlich mit kleinsten Ansätzen im **‘Permzeitalter’** (vor 270 – 225 Millionen Jahren), einer Phase der Erdgeschichte mit weiträumiger Vereisung oder genauso lebensfeindlich weiträumiger Trockenheit (mit Bildung von Salzlagerstätten, die ganze Erdteile überziehen). Vulkanische Ereignisse in unvorstellbarer Größenordnung (Spalteneruption, Deckenerguß) kennzeichnen dieses Zeitalter. Im **‘Erdmittelalter’** in der **‘Trias-’, ‘Jura-’** und **‘Kreidezeit’** hat nun eine neue Pflanzenwelt die Erde überzogen: Die **‘Blütenpflanzen’** besorgen die Fortpflanzung in der **‘Blüte’**. Der Generationswechsel läuft jetzt im Verborgenen ab. Im **‘Fruchtknoten’** wird die weibliche **‘Eizelle’** sorgfältig geschützt, während die männliche Keimzelle, im **‘Pollenkorn’** verpackt, durch den Wind oder durch Tiere (vor allem durch die Bienen) zur Blume gebracht wird. In der Blume nimmt die Narbe den Blütenstaub auf und das Pollenkorn treibt wie eine selbständige Pflanze einen **‘Pollenschlauch’** durch den oft zentimeterlangen

‘Griffel’ bis an die Eizelle, sodaß der männliche Pollen-Zellkern zur Befruchtung kommen kann.

Im ‘Samenkorn’ kann ein ‘Embryo’ mit Nährstoffspeicher und Schutzhülle jahrelang in Ruhe verharren und dann auf vielerlei Weise weit transportiert bei günstiger Gelegenheit auskeimen. Viele Pflanzen umhüllen ihre Samenkörner mit einer ‘Fruchthülle’, die es für Tiere attraktiv macht, die Frucht (‘Obst’) aufzunehmen, was die Keimfähigkeit der Samenkörner durch die ‘Darmpassage’ sogar verbessern kann.

Es gibt allerdings noch große Probleme: Einen statisch für Jahrhunderte tragfähigen ‘**Baumstamm**’ aufzubauen, gelingt den ‘**Palmen**’ nicht. Sie können Zellulosefasern nur lose bündeln; aus einem Palmenstamm läßt sich kein Bauholz gewinnen. Viel schlimmer: bei Palmen gibt es vom Keimling im Samenkorn her nur **eine einzige ‘omnipotent’ teilungsfähige Zelle!** Diese liefert durch fortwährende ‘Teilungen’ alle für den Aufbau des Palmenkörpers benötigten Zelltypen, die für ihre Aufgabe streng eingeeengt sind. Daher gibt es bei Palmen keine Fähigkeit zur Wundheilung oder zum Aufbau einer verzweigten Krone. Und wenn die Teilungszelle im ‘Herzen’ der Palmenknospe (‘**embryonale Stammzelle**’) zerstört wird, ist das ein Todesurteil für die Palme. *Um bei den Bäumen der Wälder das statische Wunderwerk eines ‘**Baumstammes**’ aufzubauen, gehen bei fortwährenden ‘Teilungen’ der obersten Sproßzelle jeweils zwei Zellen hervor: die eine bleibt omnipotente, embryonale Stammzelle, die andere wird hauptsächlich zur ‘**Kambiumzelle**’ ausgebildet.* Sie kann sich weiterteilen und dabei neue Kambiumzellen sowie alle Zelltypen hervorbringen, die für den Aufbau des Baumstammes gebraucht werden. Auswärts zu werden neue Zellen für die Baumrinde geliefert, nach innen zu ‘**Holzzellen**’ für den Aufbau des neuen Jahresringes. Diese werden zu Rohrleitungen zusammengefügt, sodaß sie neben ihrer statischen Aufgabe auch die Wasserversorgung des Baumes besorgen können. Ein zweites Leitungssystem bringt die ‘**Assimilate**’ aus dem Laub hinab in den Stamm und bis in die Wurzeln. Die Kambiumzellen insgesamt umhüllen als mikroskopisch hauchfeines Gewebe zwischen Rinde und Holz Stamm, Äste und Zweige und stellen mit Blättern, Blüten und der Stammzelle in der Knospe eigentlich „**DAS LEBEWESEN BAUM**“ dar. Immer wieder ‘teilt’ sich die Stammzelle aber auch so, daß **ZWEI STAMMZELLEN** entstehen.

Dann behält die eine ihre Funktion im Herzen der Knospe, die andere, die erbgleich mit der Knospenzelle, **ALSO EIN KLON** ist, kann nun am voranwachsenden Sproß eine **KNOSPE FÜR EINEN SEITENZWEIG** ausbilden: So entsteht eine verzweigte Baumkrone. Klonzellen werden auch immer wieder im Kambiumbereich als ‘**SCHLAFENDE AUGEN**’ deponiert. So kann ein Baum wieder ‘ausschlagen’, wenn ihm der Blitz die Krone zerstört hat: ‘**SUCCISA VIRESCIT**’. Es hat also einen Hintergrund, wenn schon ein Mensch der Urzeit vor einem Baum ins Sinnieren kam.

Das ‘**Brutblatt**’ *Bryophyllum* lebt im Urwald von Madagascar in der dunklen Strauchschicht am Boden und hat kaum Aussicht auf Blüten- und Samenbildung. Aber es kann in Randkerben seiner Blätter tausende von ‘**Brutknospen**’ bilden, die vorbeistreifende Tiere mitnehmen und dann schon einmal an einem günstigeren Platz abstreifen können.

(Wenn in öffentlicher Diskussion **‘Klonen’** als Teufelswerk verdammt wird, zeigt das die verheerende Wirkung von Häresie, wenn nämlich aus einem überaus positiven Gesamtbereich ein kleiner problematischer Ausschnitt verabsolutiert wird!). Der materielle Aufwand für das Klonen und der fast endlose Zeitbedarf für diesen Umweg zum Ziel der Verpaarung von Keimzellen macht den hohen Stellenwert überdeutlich, der in der Möglichkeit liegt, auf den ganzen Reichtum *des ‘Genpools’* zuzugreifen.

B) DIE ‘HETEROTROPHEN’ TIERE

B.) Die Pflanzenfresser

Im Gegensatz zu den Pflanzen, die **‘autotroph’** aus dem mineralischen Material der Erde und aus der Luft ihren Körper aufbauen, ernähren sich die Tiere allgemein aus den *‘biologischen’* Stoffen anderer Lebewesen, indem sie von deren Körper etwas wegfressen (*‘abweiden’*) oder diese *‘mit Haut und Haaren’* auffressen (*‘Raubtiere’*).

Mit Pflanzenstoffen den Körper eines Tieres aufzubauen ist aber nicht möglich. Denn ein Tier (und ebenso der Mensch) braucht zum Aufbau von Muskulatur und Nervensystem große Mengen von Eiweiß (und damit das schwierige chemische Element Stickstoff. Im Pflanzenkörper jedoch, der weder Muskeln noch Nerven besitzt überwiegt bei weitem die Biochemie der Kohlenstoffhydrate Zucker, Zellulose bzw. Stärke und schließlich der *‘Verbundwerkstoff’* HOLZ. Allenfalls Früchte und Samen mit einem umfangreichen Angebot von *‘sekundären Pflanzenstoffen’* können Pflanzennahrung hinreichend aufwerten.

Weidetiere (ebenso Säftesauger/Blattläuse) müssen daher die geschluckte Pflanzenmasse zunächst in einem **‘BIOREAKTOR’** (**‘PANSEN’**) Mikroorganismen (**‘SYMBIONTEN’**) überlassen, die als Biochemiekünstler atmosphärischen Stickstoff binden und so die eiweißreichen Stoffe ihres eigenen Körpers aufbauen können. So gesehen ist also das *‘sanfte Schaf’* ein wildes Raubtier gegenüber den Milliarden von Panseninfusorien, die in den mit *‘Wiederkäuen’* verbrachten Ruhestunden herangewachsen sind.

Die Lebensform der Pflanzenfresser ist jedenfalls erfolgreich genug, um größte Lebensgemeinschaften hervorzubringen. Die Termiten (und Holzwürmer) könnten ihren ökologischen Dienst, Holz zu recyceln unmöglich ohne Symbionten leisten!

B.) DIE CARNIVOREN LEBEWESEN – DIE FLEISCHFRESSER

In allen Tiergruppen gibt es Beispiele dafür, daß der Körper von Tieren, gelegentlich sogar auch von Artgenossen die Rolle der Nahrungsgrundlage spielt. Damit ist sichergestellt, daß der Katalog aller Körperbaustoffe zur Verfügung steht. Die körperliche Ausrüstung der Jäger für das Gelingen der Jagd und die Programme der Lebensführung zur Erbeutung dieser Nahrung darzustellen – dafür reichen die Bände von **‘BREHMS TIERLEBEN’** nicht aus und auch nicht die von **‘GZIMECKS Tierleben’**.

C) DIE PARASITISCHE LEBENSWEISE

Während die **‘EKTOPARASITEN’** außen am Körper ihres Wirtes fressen., dringen die **‘Endoparasiten’** in den Körper ihres Wirtes ein. Naheliegenderes Ziel sind da die Eingeweide, allgemein alle Bereiche, die durch Körperöffnungen zu erreichen sind. Oft bringen ‘Zwischenwirte’ durch Biß oder durch Stich Parasiten an ihr Ziel, Zwischen den Blutzellen treiben die Erreger der Schlafkrankheit ihr Unwesen und bis in die Blutzellen dringen die Malariaparasiten ein, vermehren sich dort und wenn dann viele Blutzellen synchron bersten, kommt es zum nächsten Fieberanfall. *Wucheria bancrofti* verstopft Lymphgefäße, was zu grotesken Geschwülsten führt. Der Medinawurm *Dracunculus medinensis* schmarotzt bei Reisbauern im Unterhaut-Bindegewebe mit mehr als einem Meter Länge und muß in langwierigem Manöver (in Indien z.B.) vom **‘Wurmdreher’** entfernt werden, während der Patient und viele Leidensgenossen auf ihrer Pritsche wimmern. Gegen die Parasiten der afrikanischen **‘Flußblindheit’** und der ägyptischen **‘Bilharziose’** wollte die WHO schon mehrmals den Erfolg von Ausrottungsprogrammen verkünden, aber das ist ja noch nicht einmal gegen den Masernvirus bei uns in Europa gelungen (und auch noch nicht bei der Kinderlähmung).

Parasiten managen nicht nur ihr eigenes Lebensprogramm, sie müssen sich auch paßgenau in die Physiologie ihres Wirtes einfügen. Hier gelten mit Waffen aus der Klasse der Antikörper die Gesetze für Kampf in der höchsten Liga der Biochemie.!

D) DIE SYMBIONTEN

Die Symbionten gehören insgesamt zu den **Mikroorganismen**. Im Körper ihrer Wirte sind sie oft in organähnlichen **‘Myzetomen’** untergebracht, die äußerlich Ähnlichkeit zu Infektionsgeschwüren oder gar zu Krebswucherungen zeigen. Sie sind aber voll beherrschte Organanlagen, in denen die Symbionten optimal versorgt werden und auch optimal ihren Dienst versehen. Paul Buchner hat im 20.Jahrhundert sein ganzes Forscherleben damit verbracht, die unvorstellbar komplizierten Geheimnisse von Symbiosebeziehungen auszuforschen. Dazu gehören auch die Maßnahmen, um für Nachkommen die Ausrüstung mit den zur Art gehörenden Symbionten sicherzustellen.

Dazu wird in kaum hoch genug einzuschätzender Weise in vielen Fällen geradezu ein eigenes **‘Fortpflanzungssystem’** zur Vermehrung und zur (sterilen!) Übergabe der Symbionten an die nächste Generation eingerichtet.

D) DIE PILZE

Die Pilze sind weder Pflanzen und erst recht nicht Tiere; sie bilden eine eigene Großgruppe von Lebewesen, **DAS REICH DER PILZE**. Der Körperbau der Pilze liegt im mikroskopischen Bereich. Pilze bilden im Milieu ihrer Nahrung, dem Humusboden vorwiegend im Wald, ein dichtes Geflecht feinsten Zellfäden (**‘Mycel’/‘SCHIMMEL’**). Wenn diese hinreichend Nährstoffe angesammelt haben oder diese aufgebraucht sind, bündeln sich die Zellfäden und ein **‘Pilz’** erhebt sich über dem Waldboden.

Der Hut des Pilzkörpers ist das Fortpflanzungsorgan, das nun Milliarden von Sporen hervorbringt. Auch Pilze vermehren sich über einen allerdings sehr komplizierten **‘Generationswechsel’**. Sehr viele Pilze suchen mit Mycel Kontakt zu lebendem

Pflanzengewebe, oft als Parasiten. Die Wurzeln unserer Waldbäume sind jedoch fast allgemein von Pilzmyzel umspinnen: in der **'Mykorrhiza'** stehen die Waldbäume in einer engen Symbiose mit Pilzen.

Bei den Schleimpilzen (Myxomyceten) bilden die Sporen zunächst im Boden frei lebende Amöben. Wenn diese ihre Nahrung, die Bodenbakterien weggefressen haben, wird von einigen Zellen ein biochemisches Signal ausgesandt. Daraufhin aggregieren sich die Millionen von freilebenden Einzelzellen zu einem **'FRUCHTKÖRPER'**, der mit Sporenbildung den Generationswechsel dieser merkwürdigen Lebewesen einleitet.

Damit sei die weitere Beschreibung von Inhalten unserer Tafeln beendet. Vollständigkeit ist hier ohnehin nicht angestrebt ; für eigenes Denken geben die in Textblöcken stark verdichteten Aussagen zu den dargestellten Objekten noch viele Anregungen . Insgesamt ist nach diesem Rundgang durch die Biologie aber zu erkennen: Auch wenn noch so viele und staunenswerte *'Kennzeichen des Lebens'* zusammengetragen werden, **LEBEN BLEIBT DAS GROßE MYSTERIUM AUF UNSERER ERDE!**