

2023-12-22

## III Unser Wissen über die Welt der Dinge und Organismen

Wie erklärt ein Naturwissenschaftler Kindern und Jugendlichen die Welt der Dinge und Organismen mit einfachen Worten, aber im Inhalt nicht zu sehr vereinfacht? Dieser Text ist ein möglicher Leitfaden dazu; für Kollegen möge er Anregung zu Kritik und eigenen Überlegungen sein.

### *1 Die physikalische Welt der Dinge und Erkenntnisse*

Wir vertrauen heute der naturwissenschaftlichen Methode der Erforschung der realen Welt, weil nach ihr jeder momentane Wissensstand nur so lange Bestand hat als er nicht durch eine Beobachtung im Einzelfall widerlegt oder als ergänzungswürdig erkannt wird (*Falsifikations-* Hypothese). Sie ist eine lernende Methode.

#### 1.1 Lernfähigkeit und Autorität

Diese Eigenschaft führt zu einer Besonderheit der Weitergabe und der Verbreitung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse gegenüber geisteswissenschaftlichen.

*Jeder steht auf den Schultern seiner Vorgänger.* Keine noch so geniale Geistes- Erkenntnis kommt aus dem Nichts, sondern sie baut auf den Erkenntnissen einer ganzen Kette historischer Vorgänger auf.

In den Naturwissenschaften verblasst die Autorität von Geistesgrößen aber schnell mit der Präzisierung des Wissens, und so mit der Zeit. Kein Physiker muss *Lukrez*, *Galilei* oder *Newton* im Original studieren haben und deren Texte zitieren, um eine anerkannte Publikation eigener Überlegungen zu verfassen. Auch ein sehr gut geschriebenes Lehrbuch überlebt kaum mehr als eine Generation. Was man kennen und zitieren muss, sind die neuesten Lehren und Erkenntnisse anderer zum eigenen Thema.

In mathematischer Sprache kann man das so ausdrücken: Physik publiziert den Differentialquoten (die Veränderung) des Wissens, das aktuelle Wissen als gegeben voraussetzend. Unser heutiges naturwissenschaftlich- physikalisches Weltbild mag sich zwar in Zukunft in Details verändern, aber es bleibt im Nachhinein unter den heutigen Randbedingungen der Erkenntnis rekonstruierbar (warum haben wir das damals so beurteilt und warum war es unter dem damaligen Wissensstand im umgangssprachlichen Sinn *richtig?*).

Der Geisteswissenschaftler hat es nicht so einfach. Seine Themen sind seit Anbeginn der Kulturentwicklung im Kern gleichgeblieben und es gibt kein durch so etwas wie dem Falsifikations-Vorbehalt abgesichertes Fortschrittskriterium (*die Weltgeschichte wiederholt sich nicht!*). An

seine statt wird eine *Autorität*<sup>1</sup> von zu Ihrer Zeit hoch im Ansehen stehender Denker gesetzt; ein postulierter Fortschritt orientiert sich am Unterschied der Meinungen und erfordert das Zitat beider. Da man nicht behaupten kann, dass durch die Erkenntnis eines späteren Denkers die eines früheren unwichtig geworden sei, muss man die ganze historische Kette kennen und zitieren, bis man anerkannt zu einer eigenen Schlussfolgerung kommen kann.

Es ist also die abgesicherte Lernfähigkeit der Naturwissenschaft, die es erlaubt in ihr schwierigste Themen in kurzen Aufsätzen zu behandeln.

Wie soll man es als Naturwissenschaftler halten, wenn man sich auf ein überwiegend geisteswissenschaftliches Gebiet wagt (was ja mit diesem Text geschieht). Hier öffnet das Internet einen neuen und großartigen Weg: zu jedem Teilthema, zu jedem genannten Namen, zu jedem inhaltsreichen Satz findet man dort nicht nur ein Zitat, sondern eine Fülle von Zitaten und Meinungsäußerungen, die eine Tiefe und Breite der Information eröffnen, wie es das spezielle Zitat nicht kennt.

Die Nennung von Namen in diesem Text ist also eine ausdrückliche Aufforderung, diese moderne Möglichkeit zu nutzen. Bücher nenne ich nur, wenn ich der Meinung bin, dass es für den Leser, unabhängig von diesem Aufsatz, ein Gewinn sein könnte sie selbst zu lesen.

## 1.2 Physik als Modell der Welt

Die Methode der physikalischen Weltbeschreibung besteht darin, für einzelne Vorgänge in der Welt ein in mathematische Zusammenhänge formulierbares *Modell* zu suchen, das den tatsächlichen Vorgang „hinreichend“ genau beschreibt.

Hinreichend heißt dabei, dass im Rahmen einer geforderten Genauigkeit das Modell sich so verhält wie die Wirklichkeit und dass man anhand des Modells berechnen kann, wie sich die Wirklichkeit verändert, wenn sich eine Kennzahl des Modells (ein *Parameter*, wie z. B. Zeit oder Ort) verändert.

Um das an einem einfachen, aber auch nicht zu einfachem Beispiel zu erläutern, betrachten wir eine Schaukel mit einem Kind, die von seinem Bruder immer wieder angestoßen wird. Wenn wir der Vorgang zunächst mit Worten beschreiben, wie im einleitenden Satz, dann zerlegen wir den Vorgang bereits unwillkürlich modellmäßig in Einzelbestandteile

- Schaukel: ein Brett an zwei Stricken herunterhängend, die oben an einem Haken befestigt sind.
- Kind: ein Gegenstand mit Gewicht (*Erdanziehung*) am unteren Ende der Schaukel
- Bruder: Ein Beweger (*Motor*) gibt der Schaukel bei jeder Bewegung einen Stoß.

Das einfachste mathematische Modell dazu ist ein Pendel, bestehend aus einem an einem gewichtslosen Faden aufgehängtem Gewicht, das am tiefsten Punkt seiner Schwingung in horizontaler Richtung mit konstanter Wirkung auf seine Bewegung angestoßen wird.

Bei der Berechnung dieses Modells stellt sich heraus, dass seine Schwingung mit jedem Stoß, also auch mit der Zeit, immer weiter ausschlagen sollte, was mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmt. Es wurde im Modell etwas *Wesentliches* vergessen

- Der Widerstand der Luft, die dem Pendel als *Reibung* bei der Bewegung Energie entzieht. Für das mit Reibung ergänzte Modell können wir berechnen, dass die Schaukel dann eine periodische Pendelbewegung mit konstantem Ausschlag und konstanter Zeit zwischen den Ausschlägen (*Perioden*) durchführt, wenn die im Stoß zugefügte Energie jeweils die während des letzten

---

<sup>1</sup> Wikipedia: *Autorität* ist im weitesten Sinne das Ansehen, das einer Institution oder Person zugeschrieben wird und bewirken kann, dass sich andere Menschen in ihrem Denken und Handeln nach ihr richten.

Pendelausschlags durch Reibung verzehrt kompensiert. Ist die zugeführte Energie größer, wird der Schaukelausschlag größer und in geringem Umfang auch die Periode. Wird die Schaukel nicht mehr angestoßen, wird ihr Ausschlag immer kleiner.

Das beschreibt die Wirklichkeit so hinreichend, dass wir nun *verstehen*, wie eine Schaukel funktioniert.

Tatsächlich ist die wirkliche Schaukel komplizierter:

- Der Aufhängepunkt der Seile bewegt sich mit der Auslenkung (*Nullpunkt*).
- Die Seillänge ändert sich mit dem Ausschlag der Schwingung (*Elastizität*).
- Das Brett biegt sich mit dem Ausschlag durch (*Elastizität*).
- Diese drei Vorgänge erzeugen zusätzliche Reibung.
- Der Anstoß erfolgt nicht immer im gleichen Punkt der Schwingung (seiner *Phase*).
- Der Anstoß ist nicht immer gleich groß (*Energieinhalt*).
- Der Luftwiderstand (*Reibung*) ändert sich mit der Bewegung des Kindes.
- Die beiden Seile verdrillen sich bei der Bewegung.
- etc. etc.

Man kann ein erweitertes Modell untersuchen, das einen oder mehrere dieser Effekte berücksichtigt und berechnen, wie groß ihr Einfluss ist. Es wird zwar der Wirklichkeit näherkommen als das einfache Modell, aber für unser Verständnis der Schaukel als Ganzes wenig an zusätzlicher Erkenntnis bringen.

Physikalischer Erklärungsmodelle sollen in ihrer Grundform das Wesentliche eines Vorgangs in der Natur erkennen und berechnen lassen und sie sollen so erweitert werden können, dass man eine Vielzahl ähnlicher, aber nicht identischer Vorgänge qualitativ und quantitativ vergleichen kann.

Dabei wächst der Anspruch an die mathematische Art der Modellbeschreibung mit der Zahl der berücksichtigten, veränderbaren Größen und ihrer Zusammenhänge (*Freiheitsgrade*). Im Beispiel der Schaukel kann man das Modell ohne Reibung bereits mit Schulmathematik berechnen, mit Reibung immerhin plausibel machen. Darüber hinaus braucht man den Apparat der nichtlinearen Differentialgleichungen zweiten oder höheren Grads.

Zum Verständnis eines Naturvorgangs sollte sein physikalisches Modell möglichst einfach und für die notwendige Genauigkeit hinreichend sein: *Ockhams Razor* (ca. 1300), in einer geläufigen Formulierung "*Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*", deutsch etwa „Gründe für eine Erklärung sollen nicht über das Notwendige hinaus vermehrt werden.“

### 1.3 Die Einfachheit der Physik

Das Erstaunliche des physikalischen Weltbilds ist die überraschende Einfachheit seiner Modelle und ihre universelle Anwendbarkeit.

Das leuchtet ein, wenn man das simple *Hebelgesetz* als Beispiel nimmt: *Arbeit = Kraft mal Weg*. Es umfasst die Funktion einer Unzahl von „Maschinen“: Schraube, Zange, Brechstange, Zahnrad, Schaufel, Seilwinde, Ruder, Paddel, Propeller, ... .

Noch umfassender ist der in seiner logischen Aussage ganz einfache *Energiesatz*: *Der Energieinhalt in einem geschlossenen System ist konstant*. Mit ihm kann man die zeitliche Veränderung aller in ihrem Zusammenwirken bekannten Teile eines abgeschlossenen Systems berechnen (seine *Differentialgleichung*), also etwa Richtung und Geschwindigkeit eines fahrendes Autos, die Bewegungen eines Uhrwerks, einer Rakete, eines Satelliten, ....

Die alle elektromagnetischen Vorgänge beschreibenden *Maxwellschen Gleichungen* füllen sechs halbe Schreibmaschinenzeilen.

Mit einer einzigen, ganz kurzen mathematischen Gleichung (also logischen Verknüpfung) lassen sich hochkomplexe Zusammenhänge in Raum und Zeit beschreiben, wie zum Beispiel die Bewegung aller Teilchen im Weltraum. Dazu genügt die logische Formulierung der Schwerkraft- Anziehung zwischen 2 Teilchen und ihre Verallgemeinerung auf *Viele*.

Dass es eine erhebliche und mühsame erworbene Vorbildung braucht, um diese Zusammenhänge zu durchschauen oder ihre Folgen selbst berechnen zu können, steht auf einem anderen Blatt.

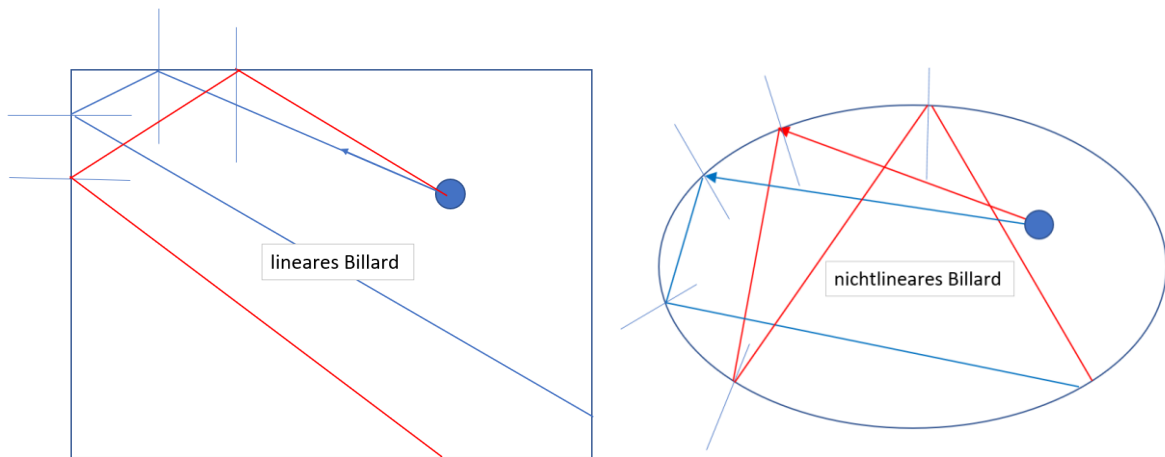
### 1.4 Lineare und nichtlineare Systeme

Wesentlich neu gegenüber der vormodernen Vorstellung einer wie ein Uhrwerk gebauten, voll vorausberechenbaren Modell- Welt, ist dabei die rund 100 Jahre alte, aus der Mathematik stammende Erkenntnis, dass trotz der ursächlichen (determinierten) zeitlichen Verknüpfungen die Vorhersagbarkeit von Ereignissen in der Natur sehr beschränkt sein kann, weil die meisten realen, physikalischen Zusammenhänge *nichtlinear* sind.

Der Unterschied zwischen *linear* und *nichtlinear* soll an einem einfachen Beispiel aus dem Freizeitsport plausibel gemacht werden.

Das linke Spiel zeigt ein normales Billardspiel, bei dem die eine Kugel reflektierenden Wände gerade (*linear*) sind und hier senkrecht aufeinander stehen.

Das Gesetz für die an der Wand reflektiert Kugel heißt ganz allgemein: *Einfallswinkel = Ausfallswinkel*.



Im linearen Billard kann der Spieler damit recht genau berechnen, wo die Kugel zum ersten Mal reflektiert werden muss, in welche Richtung er also zielen muss (rot oder blau), damit er nach 2 Reflektionen einen bestimmten Punkt (eine andere Kugel, ein Loch) trifft. Der Winkelunterschied der beiden blau und rot gezeichneten Stöße bleibt konstant, der Abstand der beiden Auftreffpunkte wächst einfach (linear) mit der Entfernung<sup>2</sup>.

Die Linearität verlangt nicht, dass die Wände senkrecht aufeinander stehen, sondern nur dass sie gerade sind.

Im rechten Bild ist die Wand gekrümmt, also nichtlinear (hier eine Ellipse). Der Richtungsunterschied zwischen den beiden Stößen hängt nun von den Auftreffpunkten ab, und zwar vom Unterschied des örtlichen variablen Sinus der Senkrechten auf die Wand. Damit ist es für den Spieler bereits bei 2 Reflexionen schwierig hinreichend genau vorherzusehen, bei welchem Stoßwinkel welcher Ort getroffen wird. Er hängt viel stärker von der genauen Anfangsrichtung ab wie im linearen Fall.

Die Winkelfunktion *Sinus (des Einfallswinkels)* ist eine typische, häufig in der Physik vorkommende nichtlineare Funktion. In praktischen Fällen müssten beim Billard nicht nur 2, sondern 3 oder 4 nichtlineare Wechselwirkungen berücksichtigt werden und das Endergebnis wird im nichtlinearen Billard immer stärker von der genauen Kenntnis des Anfangswertes (hier der Stoßrichtung) abhängig. Man kommt dann schnell an die Grenze der Messgenauigkeit, mit der ein Anfangswert bestimmt werden kann.

In praktisch wichtigen Vorgängen von Physik und Technik liegt die Messgenauigkeit im Bereich von  $10^{-5}$  bis  $10^{-8}$ , bei genauesten Frequenzmessungen bis  $10^{-20}$ .

Das betrifft Einzelereignisse. Im praktischen Leben muss man mit dem Zusammenwirken zahlreicher nichtlinearer Prozess rechnen und dann ist ihre zeitliche Voraussagemöglichkeit sehr begrenzt.

Allgemein führt die Nichtlinearität von Wechselwirkungen dazu, dass die Bedingtheit der Endzustände von den Ausgangszuständen mit der Zeit immer größer wird und schließlich aus der begrenzten Kenntnis (Messbarkeit) der Anfangszustände der Endzustand nicht mehr berechnet werden kann.<sup>3</sup> Es gibt also einen von Fall zu Fall unterschiedlichen Zukunftshorizont des Detailwissens (im Universum ist er normalerweise sehr lang, im Mikrokosmos sehr kurz).

<sup>2</sup> Man kann dies ohne jede Mathematik anschaulich demonstrieren, wenn man die Strahlenkegel ausschneidet und zusammenfügt. Im linearen Fall ergibt sich ein Kegel konstanter Öffnung. Im nichtlinearen Fall ändert sich die Öffnung mit jeder Reflexion.

<sup>3</sup> Es gibt neben der Messgrenze der Anfangsbedingungen weitere mathematisch-physikalische Grenzen: Komplexität der Relationen, quantenmechanische Unschärfe, etc.

Die Anwendung der physikalischen Erkenntnisse in der (Ingenieur)-Technik beschränken sich daher auf lineare „Maschinen“, die so konstruiert sind, dass ihre Funktion nahezu unbegrenzt vorhersagbar ist und auf eine überzeugende, nicht zu lange Kette von einfachen, linearen Ursache-Wirkungs-Folgen zurückgeführt werden kann.

„Wissenschaftliche“ Vorhersagen komplizierter Zusammenhänge über lange Zeiten unterliegen dagegen in hohem Maß der Unvorhersehbarkeit und ihre Verkünder sollten dies deklarieren, verstehen die damit verbundene Problematik aber möglicherweise oft selbst nicht.

Bei der Simulation von Vorgängen auf dem Computer startet jede „naive“ neue Berechnung mit den exakt gleichen Anfangsbedingungen, führt also auch zu identischen Ergebnissen. Um reale Verhältnisse anzunähern, sollte man viele Durchgänge mit realistisch variierenden Anfangsbedingungen durchrechnen und die Empfindlichkeit des Ergebnisses von den Anfangsbedingungen berücksichtigen.

## ***2 Die Welt der Organismen***

### **2.1 Evolution**

Ganz überwiegend betrachten wir heute den Bereich der *Organismen* als nicht grundsätzlich unterschiedlich von dem Bereich der *Dinge*, allerdings als ungeheuer komplexer in seinen inneren Zusammenhängen.

Es herrscht kein Zweifel, dass die Gesetze der Physik auch im Bereich der Organismen gelten; es wäre aber hoffnungslos deren Zusammenhänge in der Gesamtheit modellmäßig mathematisch oder als Ursache-Wirkungs-Ketten beschreiben zu wollen.

Das nahezu allgemein akzeptierte, umfassende naturwissenschaftliche Weltbild des Belebten ist das der *Evolution*, nach dem sich in einem Milliarden Jahre umfassenden Zeitraum in einem geeigneten Umfeld (Temperatur, Feuchtigkeit, chemische Bausteine) als „lebend“ bezeichnete Organismen aus unbelebter Materie entwickeln und ausdifferenzieren.

Während noch bis in die Neuzeit die meisten Menschen einen krassen, wesentlichen Unterschied zwischen Pflanzen und Tieren sahen, ist dies im evolutionären Weltbild nur noch ein gradueller.

Verschiedene Arten entwickelten sich dabei durch zufällige Änderungen von zwischen Generationen übertragenem Erbgut, Einverleiben von fremdem Erbgut, Auslese im Kampf ums Dasein bei begrenzten Ressourcen, Anpassung an örtlich begrenzte Ressourcen, Auswahl der Geschlechtspartner nach momentanen Präferenzen, etc.

Mit der Erkenntnis, dass jeder der größenordnungsmäßig 10 Milliarden x 10 Milliarden Sterne im uns bekannten Kosmos ein Planetensystem<sup>4</sup> hat, verflüchtigt sich auch die anthropozentrische<sup>5</sup> Vorstellung, dass biologische Evolution ein einmaliges Ereignis auf der Erde war.

Für die biologische Evolution ist ihr „normalerweise“ verschwindend geringes Tempo charakteristisch, das dazu führt, dass Milliarden Jahre notwendig sind, bis sich aus Urbestandteilen belebte Organismen entwickeln, und viele Millionen Jahre, bis z.B. die Gattung der Affenähnlichen - aus den Fossilien erkennbar - sich in Affen und Menschenähnliche verzweigte.

Allerdings gibt es auch einzelne, vergleichsweise sehr schnelle Wechsel in der Zusammensetzung der Lebewesen, wenn Änderungen ihrer Umwelt eine Auslese nach Anpassungsfähigkeit

---

<sup>4</sup> Unser eigenes Planetensystem enthält neben 8 Planeten und ihren rund 200 Monden im *Kuipergürtel* ca 70.000 Objekte mit über 100 km Durchmesser, und in der *Oort'schen Wolke* mutmaßlich 100 - 1000 Milliarden Objekte bisher unbekannter Größenverteilung, die alle die Sonne umkreisen.

<sup>5</sup> *Den Menschen in den Mittelpunkt stellend*

erzwingen. Sie sind dadurch möglich, dass im Erbgut einer Art eine gewisse Breite der Möglichkeit zur Ausentwicklung vorliegt, die unter konstanten Verhältnissen nicht genutzt wird, im „Notfall“ aber die Auslese von an diesen angepassten Erbgutvariationen ermöglicht. Hier kann eine Ausdifferenzierung in wenigen Generationen erfolgen, die nicht auf der Schaffung von neuem Erbgut basiert, sondern auf der Auslese unter bereits vorhandenem.

Damit biologische Evolution möglich ist müssen in einer dafür geeigneten Umwelt einige Regeln gelten

- Es existiert ein Träger der Information über die Eigenschaften der Gattung (z.B. die DNA)
- Dieser Informationsträger ist sehr stabil, aber nicht gänzlich unveränderlich (in *Mutationen*)
- Diese Information wird von Generation zu Generation weitergegeben (z.B. in Samen und Eizelle)
- Es besteht eine Konkurrenz der Lebewesen um begrenzte Ressourcen (z.B. Nahrung, Raum, Geschlechtspartner) in einem *Kampf ums Dasein*.

Die biologische Evolution führt dazu, dass in einem gegebenen Umfeld die dafür im jeweiligen Zeitpunkt geeignetsten (fittesten) Lebewesen überwiegen. Da dafür eine erhebliche Spannbreite der Eigenschaften existiert, können im gleichen Umfeld viele Arten nebeneinander existieren. In der Tat konnten viele einfach organisierte Gattungen seit Milliarden Jahren nahezu unverändert und nebeneinander überleben, während die Menschenähnlichen erst seit ca. 4 Million Jahren von anderen Lebewesen unterschieden werden können und sich verändernd entwickeln.

Die Zahl der überlebenden Lebewesen ist durch das Gleichgewicht zwischen Ressourcenangebot<sup>6</sup> und Ressourcenverbrauch nach oben begrenzt.

Das Produkt aus *Zahl der Lebewesen mal Ressourcenverbrauch des Einzelnen*  
*muss kleiner sein* als das *Ressourcenangebot*<sup>7</sup>.

Solange die Ressourcen größer sind als der Verbrauch einer bestimmten Art, kann deren Individuenzahl wachsen, auch sehr schnell. Im Normalfall steht aber die Gesamtzahl der Lebewesen in einem durch Konkurrenz um die Ressourcen gekennzeichneten Gleichgewicht der verschiedenen Arten, so dass die gesamte „Biomasse“ in etwa konstant ist; eine Art kann sich dann nur unter Unterdrückung anderer Arten zahlenmäßig vermehren.

Den Übergang kann man z. B. auf neuen Schutthalden beobachten, wo sich aus den immer im Überfluss vorhandenen Samen weniger „Unkräuter“ und den frisch eröffneten Mineral- Ressourcen in einigen Jahren ein üppiger, gelber Blütenteppich bildet. Sobald die Unkräuter in Konkurrenz zu weniger häufigen Samen kommen, geht dieser Blütenteppich wieder unter und macht einer stabileren Mischbepflanzung Platz.

Die biologische Evolution hat kein Ziel im Sinn der Unterscheidung von niedrigeren und höheren Lebewesen – das ist eine teleologische<sup>8</sup> Erfindung des Menschen, der sich gerne an der Spitze und als Ziel in einer zeitlich ausgerichteten Evolutionspyramide sieht.

Jedes Lebewesen ist in seinem Umfeld evolutionär perfekt.

---

<sup>6</sup> Ressource hier: was zum Leben gebraucht wird - Details später im Text

<sup>7</sup> Das ist keine Momentaussage; es handelt sich hier um gekoppelte Regelkreise, die bei einer Änderung eine bis viele Generationen zum Ausgleich bedürfen – siehe *Jäger/Beute-Schema* und *Volterra Funktion*

<sup>8</sup> Telos: griechisch Ziel

## 2.2 Evolution in nichtbiologischen und gesellschaftlichen Systemen.

In der Moderne wurde erkannt, dass die Grund- Mechanismen der biologischen Evolution – Informationsträger, Vererbung der Information, Kampf um begrenzte Ressourcen – über den Bereich der Biologie hinaus systemtheoretische Bedeutung für die Entwicklung von komplexen Systemen überhaupt hat, deren Entwicklung wegen der komplizierten Interaktion ihrer Mitglieder nicht aus einfachen Ursache- Wirkung- Analysen hinreichend verstanden werden kann.

Dazu zählen soziale, politische und ethische Systeme in einer menschlichen Gesellschaft, einschließlich ihrer zeitlichen Entwicklung.

Diese Erkenntnis ist z.B. auch ein Kernpunkt in dem Alterswerk des großen Soziologen Niklas Luhmann „*Die Gesellschaft der Gesellschaft*“. Er betont dabei den für die Evolution in der menschlichen Gesellschaft wesentlichen *autopoietischen* Aspekt, dass hier die Regeln der Entwicklung eines bestimmten Systems selbst einer möglicherweise schnellen, evolutionären Veränderung unterliegen, während die biologischen Auswahlregeln sehr stabil sind.

Im Gesamtrahmen der Entwicklung menschlicher Gesellschaften gab es vier große Sprünge, die sie von Gesellschaften anderer Tiere unterscheiden.

1. Die gemeinsame Entwicklung einer mit Sprachfähigkeit verbundenen abstrakten Denkfähigkeit, welche sensorisch erkannten Dingen als Symbol einen Namen zulegt, über den man sich mit anderen austauschen kann, um zu übereinstimmendem oder unterschiedlichem Urteil zu kommen. Im Austausch „bewährte“ *Erkenntnisse* konnten im Gedächtnis gespeichert und unabhängig von der Zeit sprachlich weitergegeben, so also auch vererbt werden
2. Die Erfindung der Schrift erlaubte, einmal Erkanntes, ohne Verlassen auf die Reproduzierbarkeit des aus dem Gedächtnis Übertragenen, dauerhaft festzuhalten und an folgende Generationen zu überliefern. Es erlaubte auch Erkenntnisse eines Einzelnen gleichermaßen allen *Eingeweihten* (Schriftkundigen) zukommen zu lassen. Besonders wichtig war, dass mit der Schrift der Umfang des gesamten überlieferten Wissens über die Gedächtnisleistung eines Einzelnen weit hinausgehen und differenziert festgehalten werden konnte.
3. Die Erfindung des Buchdrucks zusammen mit der Einführung einer mehr oder weniger allgemeinen Schulbildung stellte die vorher nur *Eingeweihten* verfügbaren, schriftlichen Kenntnisse allen Menschen *guten Willens zum Lesen* zur Verfügung. Dem Autor eines Druckwerks eröffneten sie weite wissenschaftliche, politische oder soziale Wirkungsmöglichkeiten; das führte zu einer Explosion des insgesamt schriftlich fixierten Wissens und Meinens.
4. Die Einführung der digitalen Informationsverarbeitung beseitigte mit der schier Unbegrenztheit digitaler Speicher die frühere Begrenztheit der zugänglichen „Daten“, erlaubt mit dem *persönlichen Rechner* und dem Internet den sofortigen individuellen Zugriff auf einen großen Teilbereich aller Daten, und mit dem Web den momentanen, weltweiten Austausch von Daten mit einer theoretisch unbegrenzten Zahl von Personen.

Diese 4 Entwicklungsschübe können analog zu den seltenen, großen Mutationen der biologischen Evolution als *kulturelle Mutationen* der menschlichen Gesellschaft gesehen werden.

Während der erste Schub der Sprachfähigkeit vielleicht eine Evolutionsphase von 1 Million Jahren brauchte, entwickelte sich die Schriftfähigkeit in verschiedenen Orten und Gesellschaften innerhalb weniger tausend Jahre (ca. 6000 bis 1000 a.C.).

Der Buchdruck war spontane Erfindung weniger Menschen (Ostasien 8. Jhdt., Europa 15. Jhdt.) und setzte sich in seiner Massenwirkung jeweils innerhalb eines Jahrhunderts durch.



Die *digitale Revolution* brauchte nur Jahrzehnte und ist in ihrer Umfänglichkeit heute noch gar nicht absehbar.

Die nächste kulturelle Mutation könnte der Durchbruch der *Künstlichen Intelligenz* sein.

Die kulturellen Mutationen schufen ein rapid zunehmendes, von der Elterngeneration übernehmbares *Vorwissen* der nachwachsenden Generation, auf das ihre Mitglieder mit eigener Erfahrung und Erkenntnis aufbauen konnten – wenn sie denn wollen!

In ihm übernahmen sie aber neben sicherem Wissen auch geglaubtes, vermeintliches Wissen und Irrtümer.

Heute, im Alter der *Fake News*, sollt man sich darüber klar sein, dass gespeicherte und darauf rückbezogene Information nicht nur unwillentlich falsch sein kann, sondern auch absichtlich. Sie kann damit, über das schon immer dafür missbrauchte Mittel der Sprache hinaus, zu einem überaus wirksamen Medium der Beeinflussung, von Propaganda, Werbung, Gehirnwäsche und Manipulation werden.

Verstärkt wird diese Möglichkeit seit wenigen Jahrzehnten durch das technisch ermöglichte Ausnutzen der weitaus höheren Beeinflussbarkeit des Menschen durch visuelle Eindrücke als durch gehörte oder gelesene Information (Fernsehen, Smartphon, Video, Film).

FINIS