

Variationen von Zeitmaßen und mögliche Folgen für den Urknall

Vortrag am 16.10.2014

Eine wesentliche Grundlage ist das Buch:

Völz, H.: Maßstäbe für die Zeit. Shaker Verlag, Aachen 2014

Inzwischen sind neue Fakten hinzugekommen

Dies Material wurde herunter geladen von: horstvoelz.de

Für privatem Gebrauch ist es frei nutzbar; bei Publikationen, Vorträgen usw. ist die Quellenangabe notwendig.

Bei kommerzieller Nutzung usw. ist eine Abstimmung mit mir erforderlich.

Bilder sind in höherer Qualität ca. 2000×3000 Pixel oder *.cdr Version 12 und X6 verfügbar.

Prof. Dr. Horst Völz, Koppenstr. 59, 10243 Berlin, Tel./Fax 030 288 617 08

Email: [h.voelz \(at\) online.de](mailto:h.voelz@online.de)

Inhalt

Die objektive Zeitmessung erfolgt heute auf der Basis von Atom-Uhren. Andererseits besitzt jedes System Eigenzeiten. Zeit erleben wir nur, wenn wir uns langweilen. In unserem Gedächtnis erscheint rückwirkend die abgelaufene Zeit stark verändert. Die wahrscheinliche Funktionsdauer von technischen Geräten muss häufig bei stark erhöhten Temperaturen erfolgen. Dafür gilt die 8°-Regel. Zeit ist also von verschiedenen Faktoren abhängig. Im Vortrag werden hieraus Folgerungen abgeleitet. Sie ähneln dann jenen, die wir analog bereits bezüglich Masse und Gewicht kennen.

Gliederung

1. Zeiten, Gewicht und Masse

2. Objektive und subjektive Zeiten

3. Varianten von Zeit

4. Folgerungen

5. Literatur

Was ist Zeit?

Das fragte bereits der Kirchenvater Augustinus (354 – 430 n. Chr.) in seinen Bekenntnissen (Confessiones):

„Was ist also Zeit? Wenn mich niemand danach fragt, weiß ich es; will ich einem Fragenden es erklären, weiß ich es nicht. Aber zuversichtlich behaupte ich zu wissen, dass es vergangene Zeit nicht gäbe, wenn nichts verginge, und nicht künftige Zeit, wenn nichts herankäme, und nicht gegenwärtige Zeit, wenn nichts seiend wäre.“

In seiner christlichen Tradition fügte er an anderer Stelle hinzu, dass der Anfang der Welt mit einem göttlichen Schöpfungsakt begonnen hat und betonte dabei,

„dass Gott die Welt nicht in, sondern mit der Zeit erschaffen hat.“

Dennoch messen wir sie heute mittels **Atomuhren** extrem genau.

Doch was messen wir da eigentlich?

Messung von Stoff, Material

Eine spezielle Eigenschaft bestimmen wir durch wiegen. Hiefür gilt das Bild

mit Waagen wiegen



Federwaage

bestimmt das
Gewicht

ist abhängig von
der Gravitation

Balkenwaage



bestimmt die **Masse**

MasseGewicht.cdr H. Völz 21.8.14.

Die beiden Messmethoden

Bei der **Balkenwaage** vergleichen wir das zu messende Objekt mit genau festgelegten Gewichten, **Normale**.
Bei der **Federwaage** bestimmen wir die Kraft der Erdanziehung über die **Dehnung einer Feder**.

Erst 1687 erklärte Sir ISAAC NEWTON (1643 – 1727) auf Grundlage der **Gravitationskraft**
in: »Philosophiae naturalis principia mathematica« den Unterschied von **Masse und Gewicht**.
Für die Gravitation gilt

$$F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} .$$

F = Anziehungskraft (Gewicht), $\gamma \approx 6,67 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^2/\text{g}^2$ = Gravitationskonstante, m = Massen, d = Schwerpunktabstand.

So wurde klar, dass die beiden Messmethoden nur an bestimmten Stellen der Erde das gleiche Ergebnis erbringen.

An verschiedenen Stellen der Erde existiert aber für das Gewicht ein deutlicher Unterschied.

So sinkt die Erdbeschleunigung in 1000 km Höhe bereits von 9,78 auf 7,32 m/s² und damit das Gewicht auf rund 75 %

Doch bereits an den einzelnen Orten ist sie verschieden, etwa am Äquator $\approx 9,80$ und an den Polen $\approx 9,87 \text{ m/s}^2$.

Dies ist bedingt durch Abplattung der Erde und unterschiedlichen Zentrifugalkraft.

Deshalb wurde die **Masse** mit der Maßeinheit **kg zum Normal** erklärt.

Das **Gewicht** wird dagegen als **abgeleitete Maßeinheit** in **pond** gemessen.

Im Gegensatz zur Masse hängt es von der Gravitationskraft ab.

Unterschiede beim Gewicht

Groß wurden die Gewichtsunterschiede erst durch die *Raumfahrt*.

An der Oberfläche verschiedener Himmelskörper gilt mit abgerundeten Werten die folgende Tabelle.

	Masse in kg	relative Masse	Gravitation m/s^2	relatives Gewicht
Mond	$7,3 \cdot 10^{22}$	1/81	1,8	1/6
Mars	$6,4 \cdot 10^{23}$	1/10	3,7	1/4
Erde	$6,0 \cdot 10^{24}$	1	9,8	1
Jupiter	$1,9 \cdot 10^{27}$	320	24,8	2,5
Sonne	$2,0 \cdot 10^{30}$	330 000	274	28

Auf dem Mond könnten deshalb Astronauten **6mal höhere Sprünge** machen.

Die Internationale Raumstation (*ISS*) hat eine **Masse** von rund **400 000 kg** (= 400 Tonnen).

Sie bewegt sich in einem praktisch gravitationsfreien Gebiet zwischen der Erde und Sonne.

So ist sie und alles was in ihr vorhanden ist nahezu **schwerelos**, also **gewichtslos**.

Schwere und träge Masse

Im Prinzip könnte das Wiegen noch komplizierter als der von Masse und Gewicht sein.

Denn das Gewicht kommt auf zweierlei Art zustande:

Einmal dadurch dass die **Gravitation** g als Schwerkraft auf den Körper mit der schwere Masse m_s einwirkt:

$$G = m_s \cdot g.$$

Dann aber auch, dass die träge Masse m_t durch eine auf sie wirkende Kraft F eine **Beschleunigung** b (z. B. Wurf) erfährt:

$$F = m_t \cdot b.$$

Erst EINSTEIN gelang es, zu beweisen, dass die **schwere Masse** ununterscheidbar gleich der **trägen Masse** ist.

Hierfür steht u. a. sein gedankliches „**Fahrstuhl-**„ Experiment.

Eine analoge Übertragung dieses Faktes auf die Zeit ist jedoch kaum möglich.

Daher ist dieser Fakt hier nur ergänzend erwähnt.

Zurück zur Zeit

Nach diesem Vorspann erhebt sich die Frage: gibt es für die **Zeit** auch mehrere *unterschiedliche Möglichkeiten*? Genau hierauf will ich hier eine Antwort versuchen.

Zunächst ist einmal klar: Eine **Vergleichsmethode** wie bei der Balkenwaage ist für sie unvorstellbar.

Die Zeit hat immer ein **Jetzt**, sowie Vergangenheit und Zukunft und das Jetzt **verändert sich ständig**.

Zeiten aus der Vergangenheit können zum Vergleich nicht ins dahinfließende Jetzt übernommen werden.

Zeit lässt sich eben **nicht speichern**, sie **läuft ständig ab** und ist nur an **Veränderungen** in der Welt wahrzunehmen.

Das steht im extremen **Gegensatz** zu allen anderen **naturwissenschaftlichen Messgrößen**.

Zeit ist daher eigentlich **nicht einmal zu messen**, das ist nur für **Zeitabstände** mittels **Zählen von Takten** möglich.

Dabei müssen wir aber **voraussetzen**, dass die Zeitabstände der Takte immer **gleich bleiben**.

Doch auch dafür gibt es **keine unabhängige Messmethode**.

Nur durch **Vergleich** mit anderen „Taktgebern“ lässt sich indirekt ermitteln, **welcher besser** ist.

So zeigte sich schrittweise, dass die **Erdrotation** variabel ist, dann auch die **Pendeluhr** usw.

Heute wissen wir, dass die **Cs-Atom-Uhr** ihren Takt zwar **nicht ideal** aber immerhin **am besten** einhält.

So gilt die Aussage:

Die Basiseinheit 1 Sekunde (1 s) ist die Dauer von 9 192 631 770 Perioden der Strahlung, die dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes des Atoms Cäsium 133 entspricht.

Probleme im Altertum

Zeit bestimmen wir nur durch Veränderungen in der Welt.

Sie erfolgen immer mit einer Geschwindigkeit.

Doch hierfür gab es bereits im Altertum Probleme.

XENON von Elea ($\approx 490 - \approx 430$ v. Chr.) glaubte, dass es keine Bewegung geben könne.

Hierfür hat er etwa zehn Paradoxien erdacht.

Sein Beispiel für den fliegenden Pfeil demonstriert das Bild.

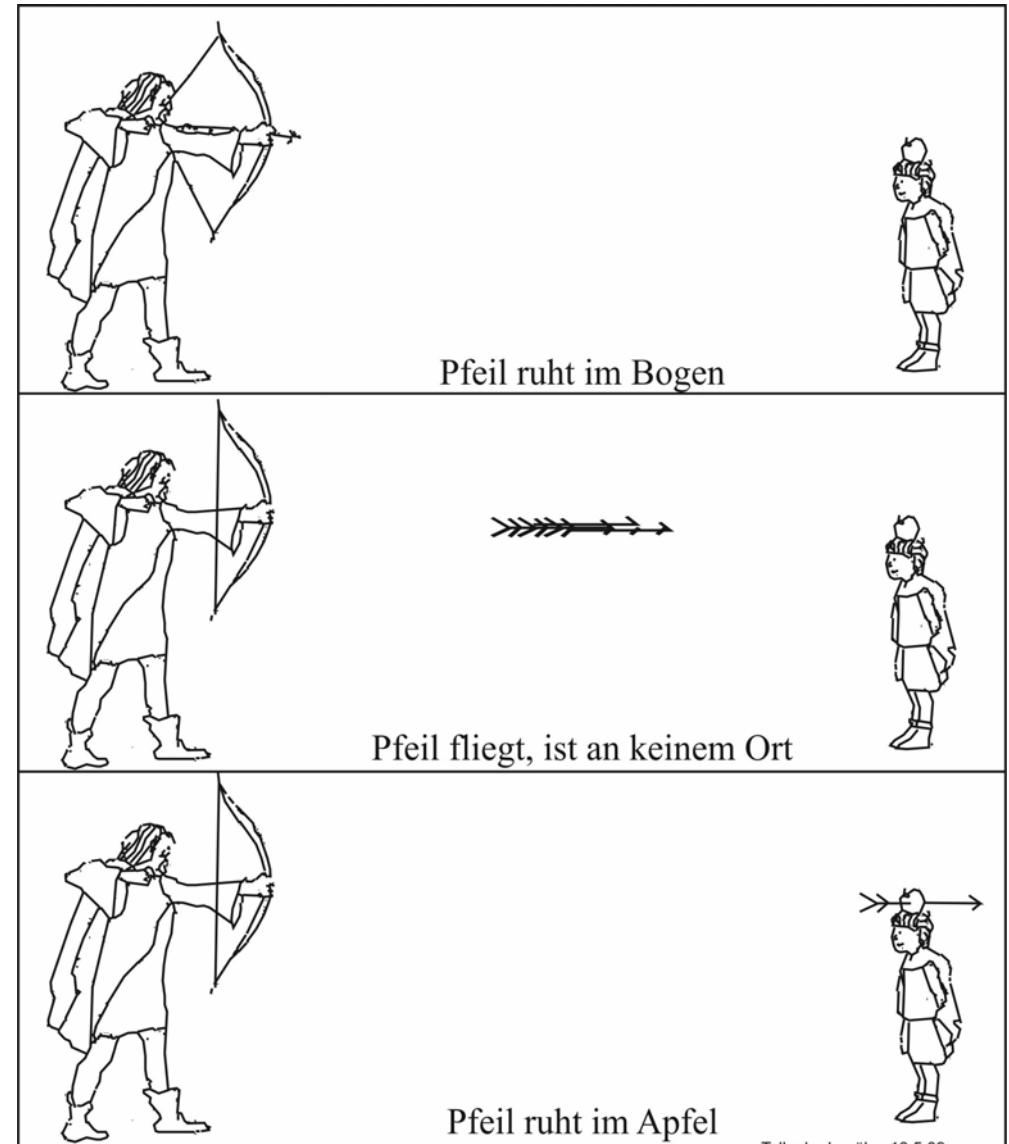
Ist er an einem Ort, dann fliegt er nicht.

Fliegt er, dann ist er an keinem bestimmten Ort.

Dieses sowie weitere Argumente und Einsichten könnten zur Folge haben, dass **auch für Zeit** – ähnlich wie für Wiegen – **unterschiedliche Maße** notwendig sein könnten.

Dies wird im Folgenden genauer untersucht.

Dabei ist auch zu klären, welche **Parameter Einfluss** haben.



Tell.cdr h. vözl 18.5.09

Einige Zitate zur Zeit

Für EMANUEL KANT (1724 – 1804) sind Raum und Zeit apriorische Formen unserer Anschauung.

Mit ihnen wird das Material der Empfindungen über das Bewusstsein geordnet. Ist mit der Evolution entstanden:

„Die Zeit ist nicht etwas Objektives und Reales, weder eine Substanz noch ein Akzidens, noch eine Relation, sondern eine subjektive, durch die Natur des Geistes notwendige Bedingung, beliebige Sinnendinge nach einem bestimmten Gesetze miteinander zusammenzuordnen, und eine reine Anschauung.“

Für ISAAC NEWTON (1643 – 1727) ist sie eine starre universelle Größe, unabhängig vom physikalischen Geschehen:

„Die absolute, wahre und mathematische Zeit fließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand. Sie wird mit dem Namen Dauer belegt.“

Nach GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646 – 1716) ist das Universum eine Uhr.

ALBERT EINSTEIN (1879 – 1955) sagte:

„Die Zeit ist das, was man auf einer Uhr ablesen kann.“

Er hielt aber die Bemühungen bezüglich einer Zeitrichtung für fruchtlos.

Vier Wochen vor seinem Tode (1955) schreibt er:

„Für uns gläubige Physiker hat der Unterschied von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nur den Charakter einer, wenngleich hartnäckigen Illusion“.

Ergänzt sei: wir besitzen **Sinnesorgane** für Sehen, Hören, Fühlen, Riechen und Schmecken, **aber keines für die Zeit.**

Gliederung

1. Zeiten, Gewicht und Masse
2. Objektive und subjektive Zeiten
3. Varianten von Zeit
4. Folgerungen
5. Literatur

Zum Zeitgefühl

Wir haben also zwar keinen eigenständigen **Zeit-Sinn**, aber dennoch haben wir ein **Zeit-Empfinden**.

Es wird durch **Ereignisse** in unserem Leben und deren **Abfolge** und Abstand gewonnen.

Allgemein lassen sich den vielfältigen Ereignissen **zwei Parameter** zuordnen.

- Sie besitzen sie (messbare) **Dauer Δt** .
- Sie betreffen **Hoffnungen, Wünsche, Bedürfnisse, Zukunft** usw. Hierzu gehört ein **Gewicht G** . (Maß $\approx$ Emotion).

Erstaunlich ist es, bei Ereignissen **spüren wie kaum die Zeit**, sie vergeht wie im Fluge!

Bei **einmaligen Ereignissen**, wie Geburt eines Kindes, Hochzeit, bestandene Prüfung, Krankheit usw. ist es **groß**

Mit ihrer Wiederholung wird es kleiner, bei den n -ten gilt etwa $G_n \approx G_0/n$.

Viele Ereignisse bleiben uns im **Gedächtnis**. Dabei wird die **Informationsmenge $I = G \cdot \Delta t$** gespeichert.

Erleben wir **keine Ereignisse** so entstehen auch **keine Erinnerungen**.

Wir **langweilen uns**, aber dann **erleben wir die Zeit** durch ihr **Dahinschleichen** mit $G = 0$ und $I = 0$.

In unserem Gedächtnis sind im **Rückblick** daher **nur die Ereignisse** verfügbar.

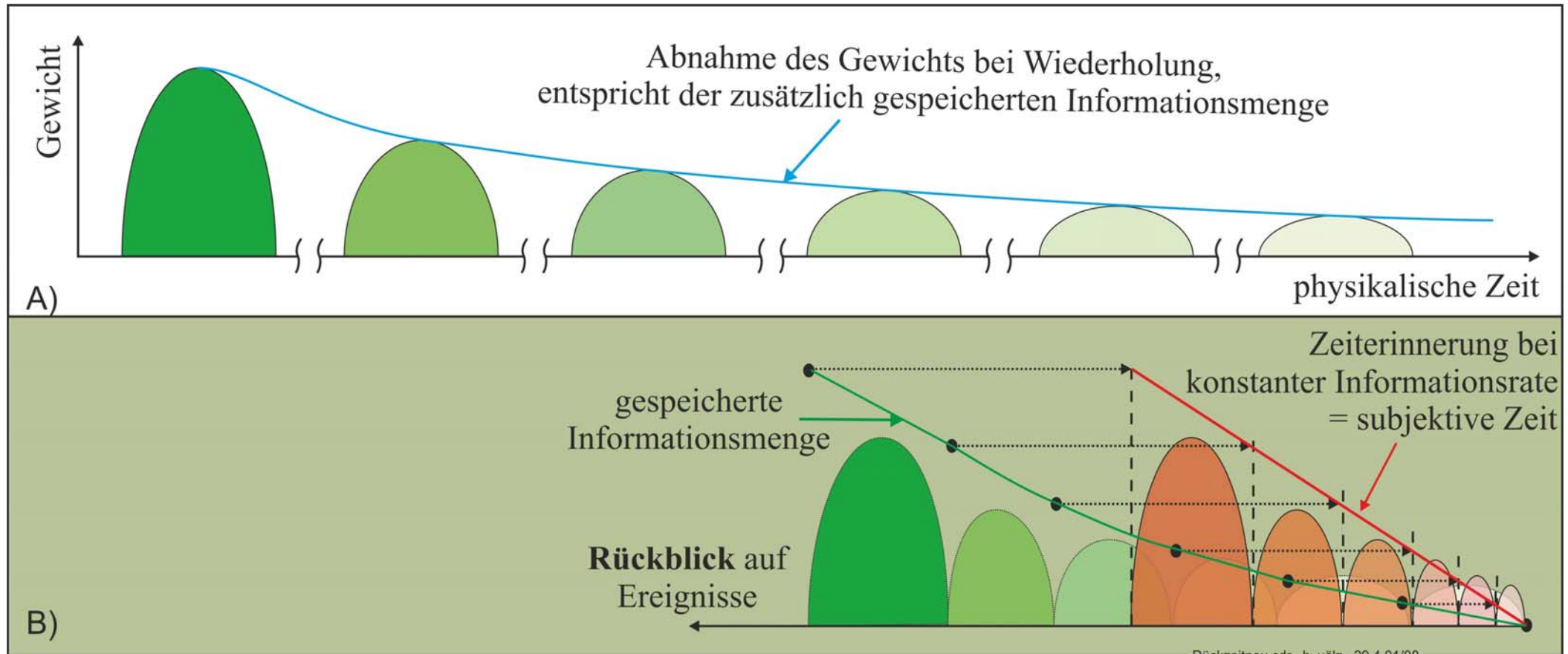
Sie sind dabei praktisch **lückenlos aneinander** gefügt.

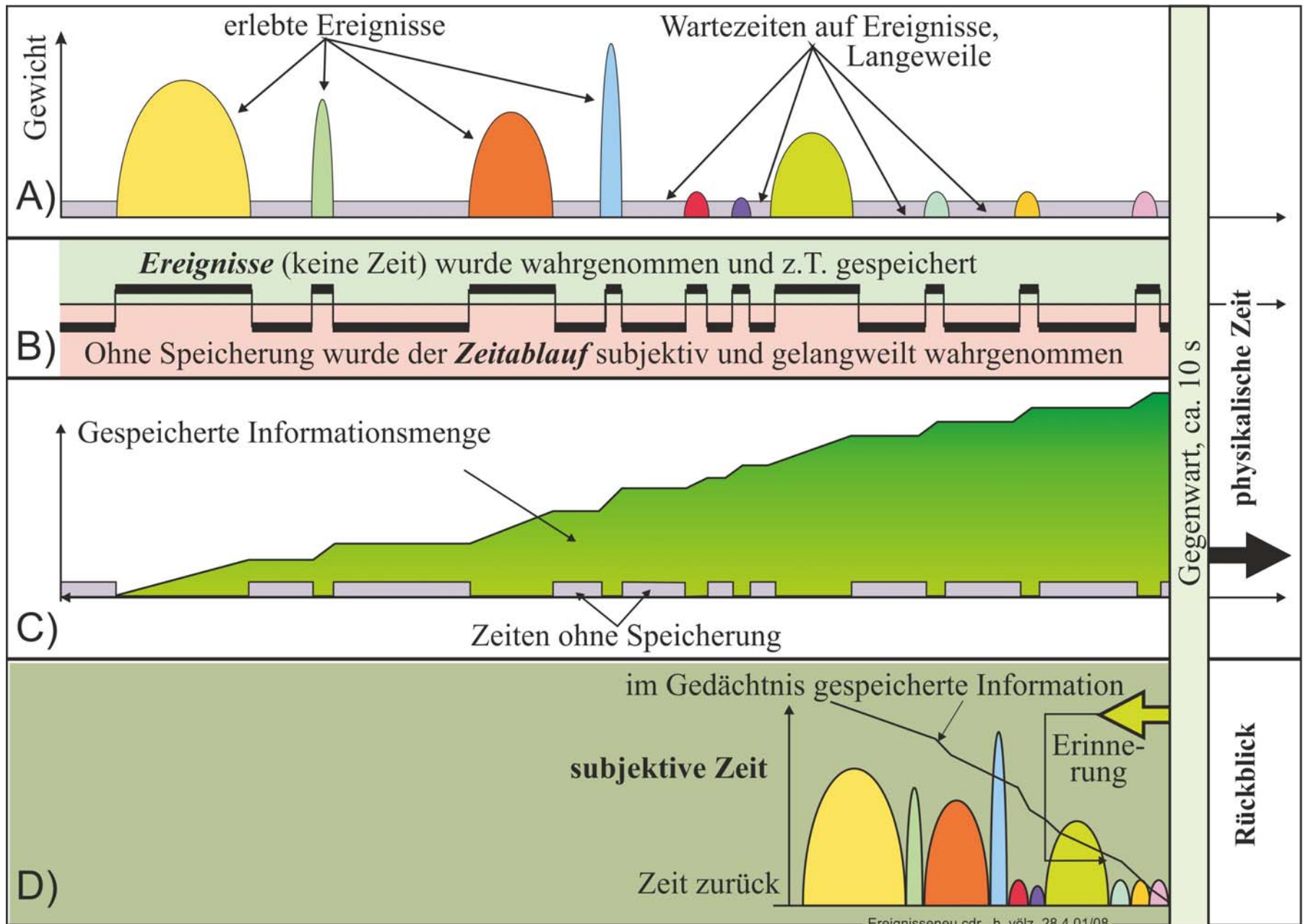
Da wir **Erinnerungen** des Gedächtnisses mit etwa **15 Bit/s** reproduzieren, werden die erlebten Ereignisse verdichtet.

Die (subjektive) Zeit schrumpft daher auf das Erlebte verdichtet zusammen

Trotz der Rückblicks **erleben** wir aber die Zeitabläufe in der ehemaligen Richtung und **nicht rückwärts**.

Beispiel für sich nur wiederholende Ereignisse





Folgerungen

Je älter wir werden, *desto weniger wirklich Neues* erleben wir.

Deshalb scheint mit zunehmendem Alter die Zeit *immer schneller abzulaufen*.

Zum Ausgleich nehmen ältere Menschen, für Kinder selbstverständliche *Ereignisse, besonders detailliert* wahr.

Das *Nachlassen* der körperlichen und geistigen *Kräfte* ist dabei kaum von *Einfluss*.

Nur ältere Menschen sagen, wenn sie sich längere Zeit nicht gesehen haben: *Wie rasch doch die Zeit vergeht*.

Ähnlich verlieren auch *Langzeiterwerbslose* teilweise das *Zeitgefühl*.

Viele Menschen – egal ob 40, 50 oder 70 Jahre – legen die zeitliche Mitte des Lebens häufig auf etwa 20 Jahre.

Zeiten, die wir im Traum, Kinofilm oder Video erleben, können völlig von der physikalischen Zeit abweichen.

Zeitraffer, Zeitlupe, Schnitt, Rückblende, Tricks usw. sind so möglich.

Unser Zeitgedächtnis ist bei *Schlaf und Narkose* sehr unterschiedlich ist.

Beim *Aufwachen* können die meisten Menschen relativ genau die Uhrzeit (± 15 Minuten) angeben.

Einige wachen sogar ohne äußere Reize (Wecker) zur *gewünschten Zeit* auf. Im Schlaf läuft die innere Uhr weiter.

Bei Vollnarkose ist sie dagegen praktisch „abgeschaltet“.

Nach dem Aufwachen aus der Narkose besteht kein Gefühl über die vergangene Zeit.

Einzelne Patienten fragen sogar, wann denn nun die Operation erfolgt.

Alle diese Effekte machten für die *Synchronisation in der Gesellschaft* eine verbindliche Zeitfestlegung notwendig.

Das leisten die *Uhrzeit* und der *Kalender*.

Beide waren daher bereits im sehr frühen Altertum erforderlich, und entsprechend den Möglichkeiten vorhanden.

Grundsätzlich sind also zwei Zeitmaßstäbe zu unterscheiden, der *interne subjektive* und der *externe objektive*.

Gliederung

1. Zeiten, Gewicht und Masse
2. Objektive und subjektive Zeiten
3. Varianten von Zeit
4. Folgerungen
5. Literatur

Objektive Einflüsse

Das **Gewicht** von Körpern hängt entsprechend der **Gravitation** von den einwirkenden Massen ab.

Doch von welchen **objektiven Gegebenheiten hängt die Zeit ab?**

Hierzu gibt es leider nur wenige und zudem stark verstreute Hinweise.

Im Folgenden werden zehn ausgewählte Möglichkeiten behandelt:

- In **naturwissenschaftlichen Theorien** gibt es unterschiedlichen Zeitskalen.
- **Astronomie**: Erdrotation und Bewegung um die Sonne.
- Entsprechend der **Relativitätstheorie** gibt es einen Einfluss der Geschwindigkeit.
- Auch **Masse** bzw. **Gravitation** haben einen gewissen, jedoch kaum untersuchten Einfluss.
- Die jeweilige **Temperatur** hat einen recht großen und praktisch bedeutsamen Einfluss.
- **Stofflich-energetische Komponenten** beschleunigen oder bewirken bremsende Hürden für die Zeitskala.
- **Begrenztes exponentielles Wachstum** wirkt schließlich bremsend für den Zeitablauf
- **Frequenz-** und **Zeitmodulationen** hauptsächlich bei technischen Anwendungen benutzt.
- **Thermodynamische Zeit-Messung** mittels der thermodynamischen Entropie S .
- **3. Hauptsatz** der **Thermodynamik**, Folgerungen aus der Entropie für $S \rightarrow 0$.

Naturwissenschaftliche Zeitskalen

Ähnlich den subjektiven Zeitskalen gibt es auch vielfältige objektive Einflüsse. MAINZER [2] (S. 225) gibt für die Natur folgende Hinweise (Hervorhebungen H. V.):

*Neben der Komplexität ist der Faktor Zeit zu berücksichtigen, mit dem es die verschiedenen Theorien zu tun haben: **Physikalische, chemische, biologische, psychologische und soziologische Theorien operieren auf unterschiedlichen Zeitskalen.** So erklären sich auch die Naturkonstanten in der Physik. Sie sind keine «ewig» gültigen Größen. Die bisher bekannte Naturkonstante mit der längsten Laufzeit ist das Plancksche Wirkungsquantum, das seit Beginn der Quantenwelt angenommen werden muss. Die Gravitationskonstante trat erst auf, als sich die Gravitationskraft nach dem Big Bang von der einheitlichen Urkraft absonderte. Die Feinstrukturkonstante ist noch jüngerem Datums, da sie mit der Entstehung der elektromagnetischen Wechselwirkung verbunden ist. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich Naturkonstanten langfristig mehr oder weniger stark ändern könnten. Biologische Prozesse der Evolution traten erst mit Beginn des Lebens auf. Verhaltensregeln des Menschen gibt es erst seit wenigen Millionen Jahren. Sie korrelieren mit der Entwicklung des Gehirns. Unsere Verhaltensprogramme der Steinzeit sind keineswegs förderlich für das Zusammenleben in Zivilisationen mit Milliarden von Menschen. Daher werden wir uns ändern müssen, wenn wir unter komplexen Zivilisationsbedingungen weiter existieren wollen.*

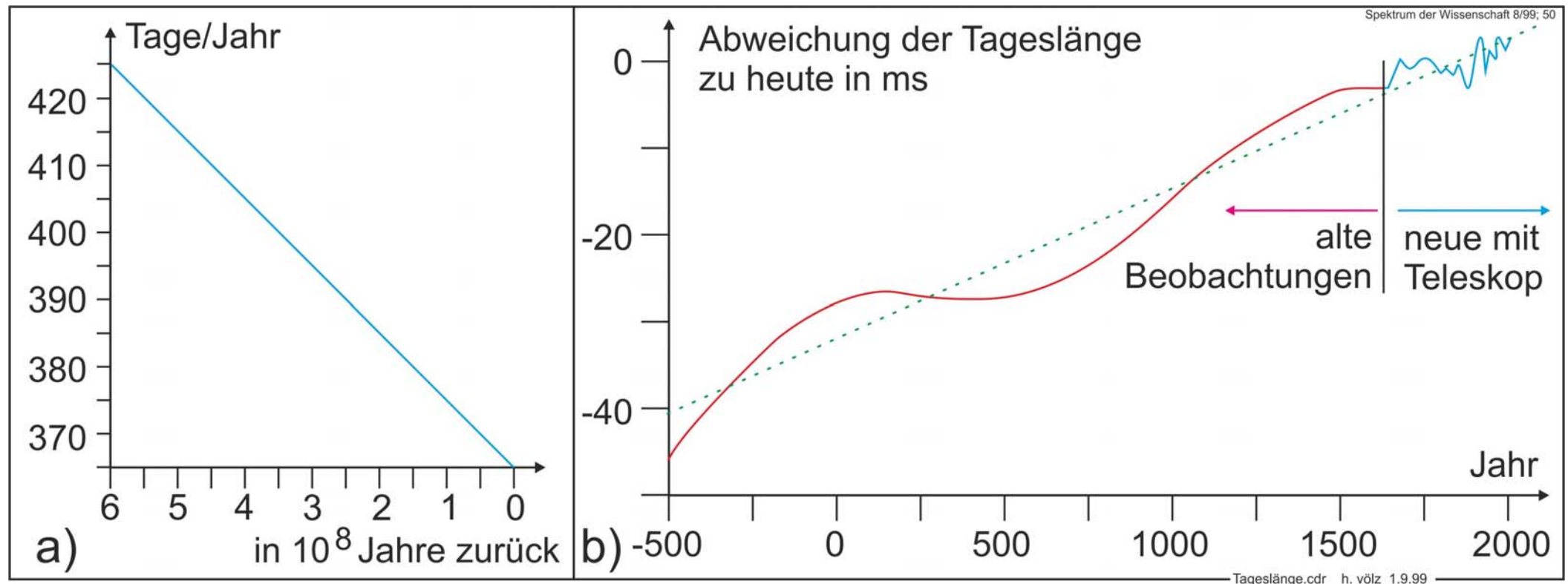
Astronomische Veränderungen

Die ursprünglichen Zeitmaßstäbe waren der Tag und das Jahr.

Doch sehr früh zeigte sich bereits ihre Variabilität durch verschiedene Ursachen

Dazu zählen vor allen „Reibungs-“ Verluste, Einschlag von Meteoriten usw.

Diese Einflüsse zeigen die folgenden beiden Bilder.



Relativ-Geschwindigkeit

Für die **Speziellen Relativitätstheorie** müssen Geschwindigkeiten auf ein Inertial- (=Bezugs-) System bezogen werden. Hierdurch geht sogar der Nachweis bzgl. gleichzeitiger Ereignisse verloren, (fehlende Gleichzeitigkeit). Es bewege sich nun ein System gegenüber dem Bezugssystem mit der Relativgeschwindigkeit v . Dann tritt (theoretisch) eine **Zeit-Dilatation** (lateinisch **dilatatio** Erweiterung) zwischen beiden Systemen auf:

$$\Delta t^* = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Dieses Ergebnis ist inzwischen durch zahlreiche Experimente bestätigt.

Erstmalig 1971 mit zwei gleichen, sehr genauen Cs-Atomuhren.

Eine blieb auf der Erde, die andere flog **15 Stunden im Flugzeug mit 278 m/s**, ($10^{-6} \cdot c$).

Bei der Rückkehr ergab sich die theoretisch erwartete Zeitdifferenz von $\Delta t^* = 47$ ns.

1972 wurde der Einfluss der **Erdrotation** mit einem Düsen-Jet bestimmt.

Flog er nach Osten, gingen 59 ns verloren, nach Westen, so wurden 273 ns gewonnen.

Obwohl der Einfluss extrem gering ist, wird er oft als **Zwillingsparadoxon** zitiert.

Um dadurch nur wenige Jahre gegenüber den Erdenbewohnern zu gewinnen, müsste man viele Jahre mit nahezu Lichtgeschwindigkeit fliegen.

Mikroteilchen der kosmischen Strahlung fliegen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit.

Obwohl z. B. Myonen nur eine extrem kurze Lebenszeit erreichen sie erst hierdurch die Erde.

Die masselosen **Photonen** bewegen sich exakt mit Lichtgeschwindigkeit, daher „**altern**“ **sie nicht**

Masse und Gravitation

Es gibt offensichtlich auch einen Einfluss von benachbarten **Massen** und dem **Gravitationsfeld**.

Leider konnte ich hierzu **keine Formel** finden oder ableiten.

Es gibt dazu auch nur spärliche und **sporadische Hinweise**.

So läuft eine Uhr in der Umgebung größerer **Massen langsamer**.

Auf einem **Berg** läuft daher sie **schneller** als im Tal.

In etwa **5 km Höhe** gehen so **in 50 Jahren 0,7 ms** verloren.

Am Rande eines **Schwarzen Lochs** steht die **Zeit sogar still**.

Zeit und Temperatur

Viele **Prozesse** laufen mit jeweils **eigenen Zeitmaßstäben** ab.

Dabei existieren zusätzlich mehrere **interne** und **externe Einflüsse**, wie Temperatur, Feuchte, Druck, Umgebung usw.

Das gilt für die meisten **Materialeigenschaften** und wurde insbesondere bei den **Uhren** (-Pendeln) deutlich.

Für genauere Uhren mussten selbst **Stimmgabeln** und **Quarze** speziell ausgeführt werden.

Vieles ist sogar – wie unser Leben – **nur in einem eng begrenzten Temperaturbereich** existentfähig (s. o. Naturgesetzte).

Von großem Einfluss ist die Temperatur, dies zeigt sich u. a. bei chemischen Reaktionen, Diffusion, Osmose und Dialyse.

Praktische nutzen wir dies beim **Kühl-Schrank** um die **Alterung von Lebensmitteln** deutlich zu senken.

Umgekehrt beschleunigen wir beim Kochen und Braten entsprechende Änderungsgeschwindigkeiten.

Aufbewahrung zu Hause

★★★ - Fach oder Tiefkühltruhe (bei minus 18° C) mindestens haltbar bis Ende:	siehe Prägung auf der Schmalseite
★★ - Fach	2 Wochen
★ - Fach	1-3 Tage

ARRHENIUS-Gleichung

1896 fand SVANTE AUGUST ARRHENIUS (1859 – 1927) für **chemische Reaktionen** das nach ihm benannte Gesetz. Für die molare Geschwindigkeitskonstante bzgl. der Aktivierungsenergie E_A in J/mol gilt danach

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_A}{k \cdot T}}.$$

A ist eine für die Reaktion charakteristische **Konstante**, die zumindest teilweise auch **temperaturabhängig** ist. Eine oft brauchbare Näherung mit einem Faktor u^* lautet

$$A = u^* \cdot \sqrt{T}.$$

Mit steigender Temperatur wird hierdurch die Reaktionsgeschwindigkeit **zusätzlich etwas erhöht**.

Gemäß der Geschwindigkeitskonstante k (s. o.) erreicht eine chemische Reaktion **50 % des Umsatzes** in der Halbwertszeit

$$t_H = t_0 \cdot e^{\frac{\Delta E}{k \cdot T}}.$$

Darin sind ΔE die Energieschwelle des Materials und t_0 eine Zeitkonstante.

In brauchbarer Näherung beträgt t_0 für Elektronenbahnen $\approx 3 \cdot 10^{-15}$ s und für Gitterschwingungen $\approx 10^{-4}$ s.

Ihr Wert hängt von mehreren Parametern ab, u. a. von der jeweiligen Umweltisolierung.

8°-Regel

Aus der ARRHENIUS-Gleichung ergibt sich auch die temperaturabhängige **Zuverlässigkeit von Bauelementen**.

Erste experimentelle Untersuchungen hierzu unternahm 1930 V. M. MONTSINGER am Beispiel **isolierender Kabelpapiere**:

$$t_L = t_0 \cdot e^{-A \cdot T}.$$

Darin bedeuten t_L = Lebensdauer. t_0 und A = experimentelle, materialabhängige Konstanten.

Für sehr viele, vor allem mechanische und elektronische Bauelemente und Baugruppen **verkürzt sich die Lebensdauer** dann auf die **Hälfte**, wenn die Temperatur **um 8° erhöht** wird.

Diese Regel gilt zwar **nicht exakt, genügt aber** für fast alle Anwendungen.

Sie ist dann besonders wichtig, wenn die Lebensdauer unter Betriebsbedingungen sehr groß ist.

Dann ist sie nämlich nicht in sinnvoller Zeit experimentell zu ermitteln, weil zuvor die **Produktion ausgelaufen** ist.

Durch Erhöhung der Temperatur (= beschleunigter Alterung) sind jedoch **geeignete Mess-Zeiten** erreichbar.

U. a. wird so mit zusätzlicher Umrechnung die mittlere Lebensdauer von **Festplatten** bestimmt.

Anwendung auf elektronische Bauelemente

Bei elektronischen Bauelementen – insbesondere beim FET – existiert eine sehr dünne isolierende Oxidschicht. Durch sie diffundieren die Elektronen mit der Diffusionsrate D gemäß der ARRHENIUS-Gleichung

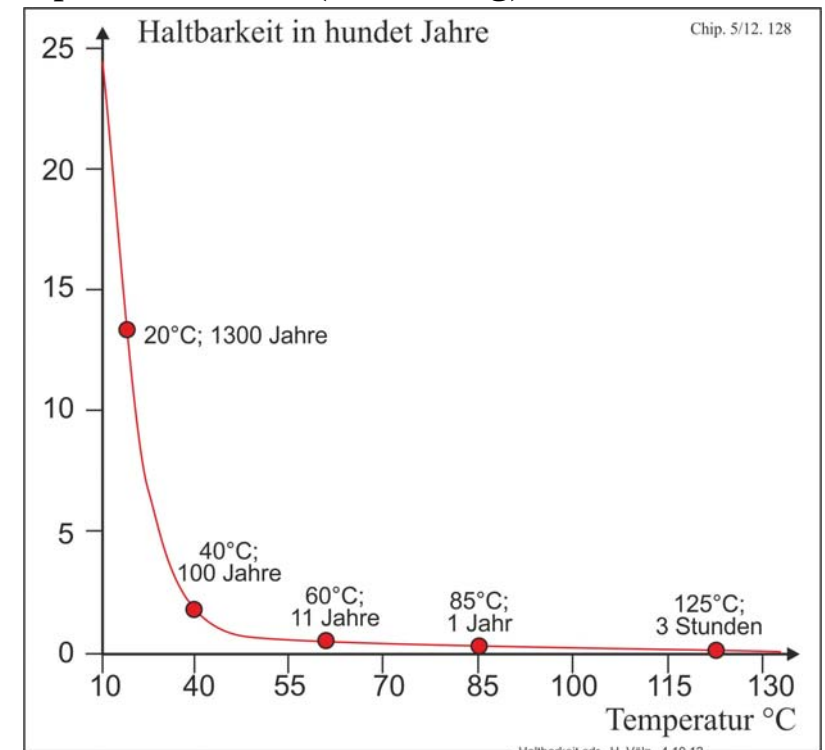
$$D = A(T) \cdot e^{-\frac{E_a}{k \cdot T}}$$

A = Materialfaktor, E_a = Aktivierungsenergie für Diffusion, k = BOLTZMANN-Konstante und T = absolute Temperatur.
Für den Motorola Mikrocontroller MPC 555 wurden die Tabellenwerte bestimmt: Elektronik 23, 2000, S. 138.
Ähnliche Werte ergaben sich für Flash-Speicher bzw. USB-Sticks gemäß Chip 5/12, S. 128. (Abbildung).

Gesicherter Datenerhalt beim Controller MPC 555

Temperatur in °C	Jahre
20	54 430
40	7 243
55	1 768
60	1 137
80	220
100	51
120	14
125	10

Rechts: Erhalt des Speicherinhalts bei Flash-Speichern bzw. USB-Sticks



Weitere Anwendungen

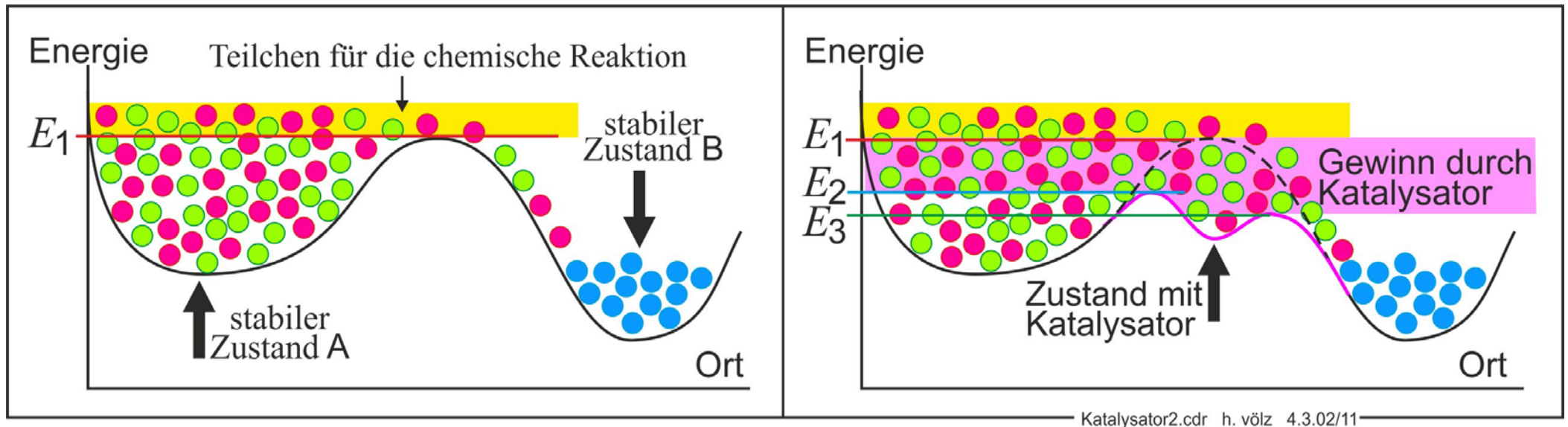
Bei **Quantenrechnern** geht die Kohärenz der **QuBit** meist sehr schnell verloren.
Hier werden daher zur Verlängerung **extrem tiefe Temperaturen** von nK und μ K notwendig.

Weiter sei die **Isotopentrennung** in der Kernphysik genannt, hier ist die Diffusion wichtig.
Auch hier müssen passende Temperaturen benutzt werden

Insgesamt gilt daher: Fast jeder Zeitmaßstab hängt ganz erheblich von der jeweiligen Temperatur ab.
Das gilt offensichtlich für „irdische“ Belange, es dürfte sich aber im Kosmos fortsetzen.

Einflüsse von Stoffen

Chemische Reaktionen können durch **Katalysatoren** und **Enzyme** beschleunigt werden. Dabei wird die Aktivierungsenergie E_1 auf E_2 gesenkt und es können (schneller) mehr Reaktionen ablaufen.



Umgekehrt können **Hemmstoffe** die notwendige Energie erhöhen, sodass die Reaktion langsamer abläuft.

Ähnliche Einflüsse

Bei Strahlungsübergängen gibt es (indirekte) **metastabile Zustände**.

Hier sind Leitungs- und Valenzband so verbogen, dass **kein direkter Übergang** möglich ist.

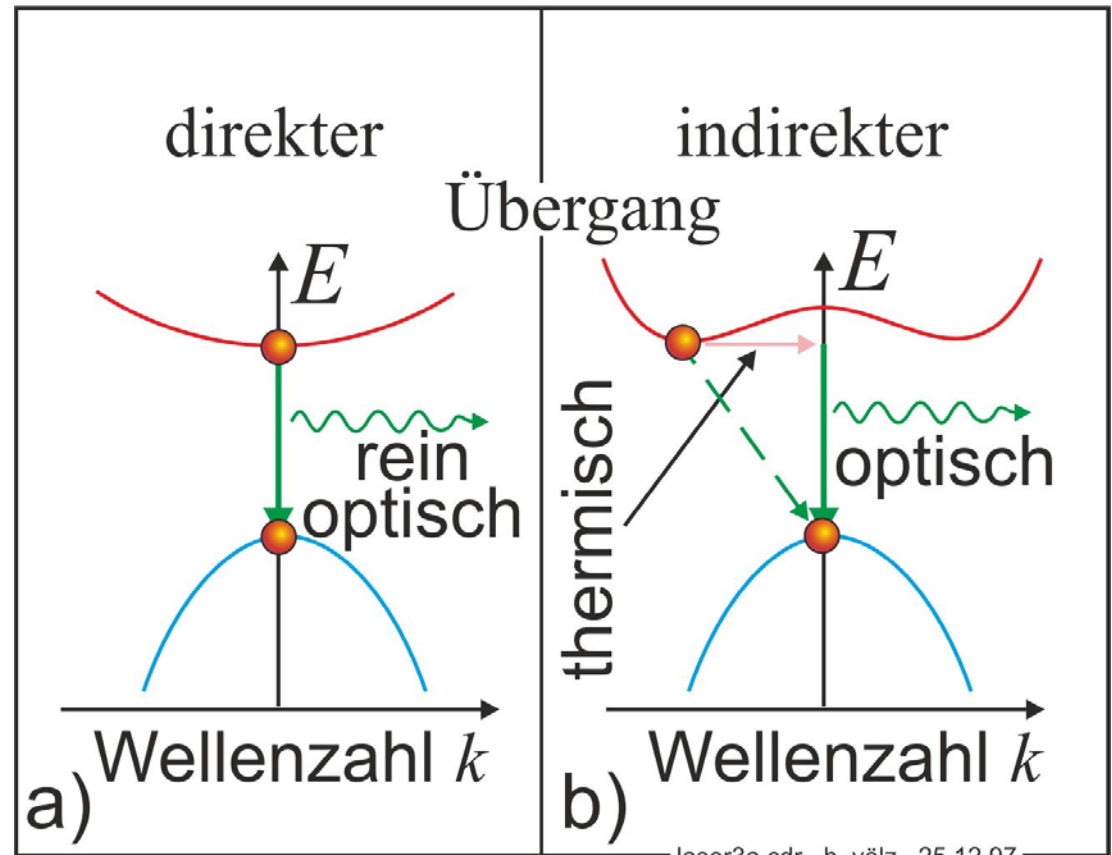
Es muss (zufällig) eine zusätzliche (seitliche) **thermische Energie** auftreten.

Diese Eigenschaft **verzögert die Licht-Abstrahlung**.

Deshalb geben **Leuchtstoffe** stark verzögert und noch lange nach ihrer Beleuchtung (Anregung) Licht ab.

Sie ist außerdem Voraussetzung für den **Laser**.

Weitere stofflich bedingte Effekte sind u. a. die **Hysterese** und der **Tunneleffekt**



Begrenztes Wachstum

Viele Ereignisse – z. B. bei der **Vermehrung** und **Iterationen** – erfolgen schrittweise.

Hier ist die Veränderung mit jedem „Takt“ genauso wichtig wie der Zeitabstand zwischen den Takten.

Dennoch ist es vorteilhaft, mit Differentialen für einen Wachstums-Faktor α , der Zeit t bei $N(t)$ Individuen zu rechnen.

$$\frac{dN}{dt} = \alpha \cdot N(t) .$$

Der **Zuwachs** dN/dt sei also **proportional** zur jeweils **vorhandenen Menge** $N(t)$

Mit den Startwerten t_0 und N_0 ergibt sich dann durch Integration ein **exponentielles Wachstum**

$$N = N_0 \cdot e^{\alpha \cdot (t - t_0)} .$$

Dieser Zusammenhang ist schon lange bekannt und ist z. B. Grundlage für das MOORESche Gesetz der Mikroelektronik.

Da es immer **begrenzte Ressourcen** gibt, kann dieses Wachstum aber nicht unbegrenzt erfolgen.

Sind maximal M Individuen möglich, so ist die Differentialgleichung entsprechend zu ergänzen

$$\frac{dN}{dt} = \alpha \cdot N(t) \cdot \frac{M - N(t)}{M} .$$

Hierdurch strebt das Wachstum schließlich gegen Null, was einer **indirekten Zeit-Verlängerung** entspricht.

Die Integration der Differentialgleichung führt zur S-Kurve der VOLTERRA-Gleichung mit einem Startwert b

$$N(t) = \frac{M}{1 + e^{-(\alpha \cdot t + b)}} .$$

Anwendungen der VOLTERRA-Gleichung

Sie wurde erstmalig um 1926 von VITO VOLTERRA (1860 – 1940) für das **Räuber-Beute**-Verhalten benutzt. Sie hat sich für eine **sehr viele Anwendungen** bewährt, die Abbildung zeigt aber nur drei Beispiele

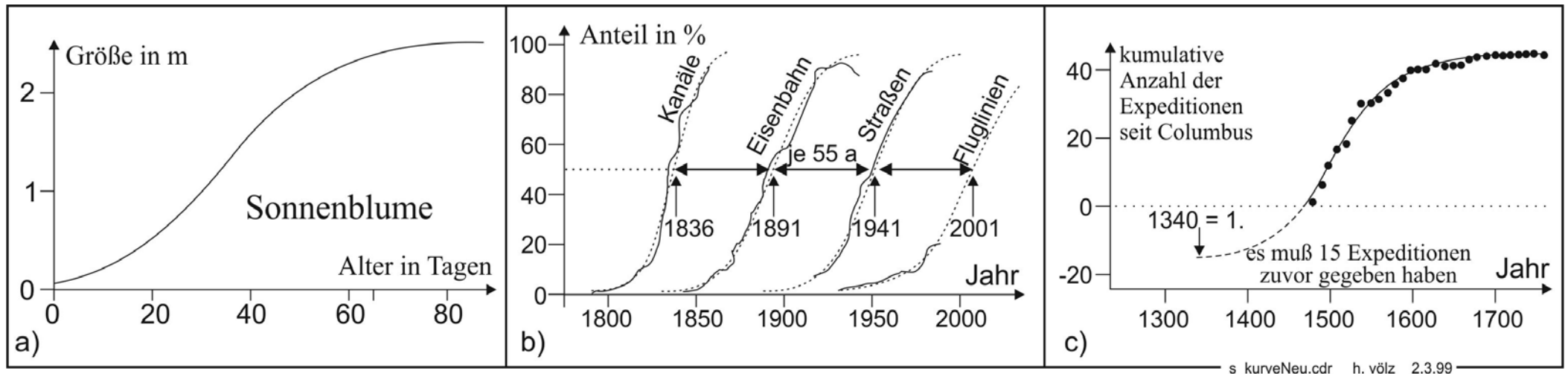
a) Das **typische Wachstum** am Beispiel der Sonnenblume

b) Teilweise sich **ablösende Prozesse** am Beispiel von Verkehrsmitteln

An weit über hundert Beispielen ist gezeigt worden, dass neue Varianten auftreten, bei $\approx 85\%$ der Sättigung auftreten.

c) Die S-Kurve kann auch **rückwärts verfolgt** werden dann ist ein unbekannter Startwert berechenbar.

Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich spezielle veränderbare Zeit-Skalen.



Zeit- und Frequenzmodulationen

Zeit kann eigentlich nur durch ***Zählen von Takten*** gemessen werden.

Diese Takte werden aber zumindest in der Technik durch Zeit- und Frequenzmodulation geändert.

Dies dient dabei vor allem der ***Übertragung von Information***.

Ob so etwas auch in der ***Natur*** vorkommt, muss untersucht werden.

Es ist aber nicht geklärt, ob dadurch auch der ***Zeitmaßstab*** verändert wird.

Hier sind also weitere Untersuchungen notwendig.

Thermodynamik

Die thermodynamisch bewirkte **Bewegung der Atome und Moleküle** hängt von der absoluten Temperatur T ab.
Für die **mittlere Geschwindigkeit** gilt

$$v_{th} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m}}.$$

Darin bedeuten m die Molekülmasse und $k \approx 1,38066 \cdot 10^{-23}$ J/K die BOLTZMANN-Konstante
(LUDWIG BOLTZMANN; 1844 – 1906),

Die Geschwindigkeit der Teilchen hängt beträchtlich von der Temperatur ab.
Das dürfte einen beachtlichen Einfluss auf alle Zeitmessungen besitzen
Es folgen zwei weitere Aspekte auf dieser Grundlage.

Thermodynamische Zeit-Messung

Gemäß dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik **strebt ein abgeschlossenes System zum Wärmeausgleich**. Der Abstand dorthin kann durch die Entropie ausgedrückt werden

$$S = k \cdot \ln(W).$$

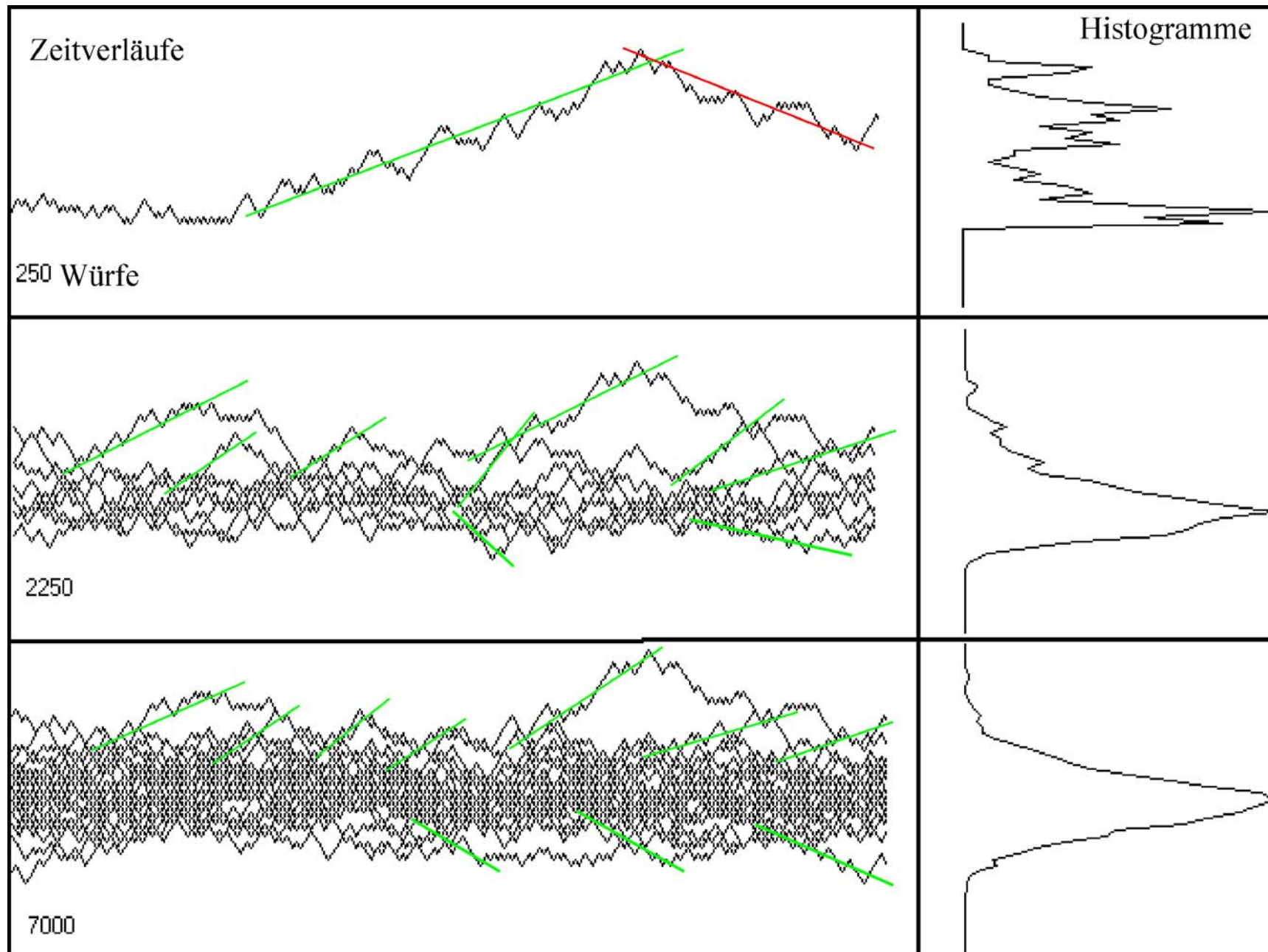
Darin bedeuten k die Boltzmann-Konstante und W die Wahrscheinlichkeit des aktuellen Zustandes ist [4]. Für abgeschlossene Systeme könnte daher die **Entropie bzw. die Wahrscheinlichkeit zur Zeitmessung** benutzt werden. Eine solche Messung wäre **unabhängig von Zeittakten** sein. Daher würde sie eine **absolute Zeit-Messung** für ein abgeschlossenes System erlauben. Leider ist dies aber infolge der ständig vorhandenen **statistischen Schwankungen sehr ungenau**.

Dies lässt sich besonders gut mit dem **EHRENFEST-Phänomen** (Hund-Flöhe-Modell) beschreiben.

- Es verlangt zwei Hunde und z. B. 1000 nummerierte Flöhe.
- Dann wird eine Zufallszahl zwischen 1 und 1000 gewürfelt.
- der zugehörige Floh hat den Hund zu wechseln.

Es treten dann zwei widersprüchliche Erscheinungen auf:

- Gemittelt über einen längeren Zeitraum strebt das System dem **Gleichgewichtszustand** zu, bei dem auf beiden Hunden gleichviel, also je die Hälfte der Flöhe befinden (**wahrscheinlichster Wert**).
- Es treten aber immer wieder Zeiten auf, bei denen sich das System vom Gleichgewichtszustand **entfernt**. (**grüne Hilfslinien**)



Aufhören der Zeit

Gemäß dem **3. Hauptsatz der Thermodynamik** strebt ein abgeschlossenes System zum „**Wärmetod**“.

Hier wird dann der vollständige „Ausgleich“ erfolgt sein.

Dadurch sind (im statistischen Mittel) keine Bewegungsunterschiede mehr vorhanden.

Das System hat so seine gesamte **Vergangenheit vergessen** und **es gibt es keine Zeit mehr**.

Der **Abstand zum Wärmetod** wird durch die aktuelle thermodynamische **Entropie S** und **Wahrscheinlichkeit W** bestimmt

$$S = k \cdot \ln(W).$$

Dadurch läuft die Zeit gemäß dem Zustand des Systems **exponentiell immer langsamer** mit dem Takt $\Delta t \rightarrow \infty$.

Für den jeweils aktuellen Zeitmaßstab Δt gilt wahrscheinlich die Proportionalität

$$\Delta t \sim 1/S \sim 1/\ln(W).$$

Gliederung

1. Zeiten, Gewicht und Masse
2. Objektive und subjektive Zeiten
3. Varianten von Zeit
4. Folgerungen
5. Literatur

Zeitmessung

Uhren dienen zunächst praktischen Zwecken, z. B. der Terminabstimmung und Navigation.

Doch **woher wissen wir, wann eine Uhr richtig** geht?

Es gibt ja keinen materialisierten Maßstab wie das Urmeter oder Urkilogramm.

Wir müssen stattdessen eben **äquidistante** Zeit-Abschnitte oder **Zeittakte voraussetzen** und dann **abzählen**.

Warum ist die Cs-Atom-Uhr genauer als ein einfacher Wecker?

Doch **woher wissen wir**, dass die Takte überall und immer wirklich exakt äquidistant sind?

Schon die Babylonier setzten dazu voraus, dass der **Sternenhimmel** unveränderlich sei.

Doch es zeigte sich bald, dass sich die Tage im Jahr, die Mondperioden und die Tageslänge geändert haben (s. o.).

Heute wissen wir, dass die Cs-Uhr in der Nachbarschaft großer Massen, bei hoher Geschwindigkeit usw. ungenau ist.

Wie sie bei extremen Temperaturen geht oder ob sie dann überhaupt funktioniert, ist ungewiss.

Gehen wir zum **Urknall** zurück, so gab es kein Cs und dessen Spektrum zur Zeitbestimmung.

Wie war dann damals die Zeit definiert?

Wir rechnen einfach so zurück, als ob **unsere heutige Zeitbestimmung** auch **damals gültig** gewesen wäre.

Doch das ist sehr fragwürdig!

Systeme und Zeiten

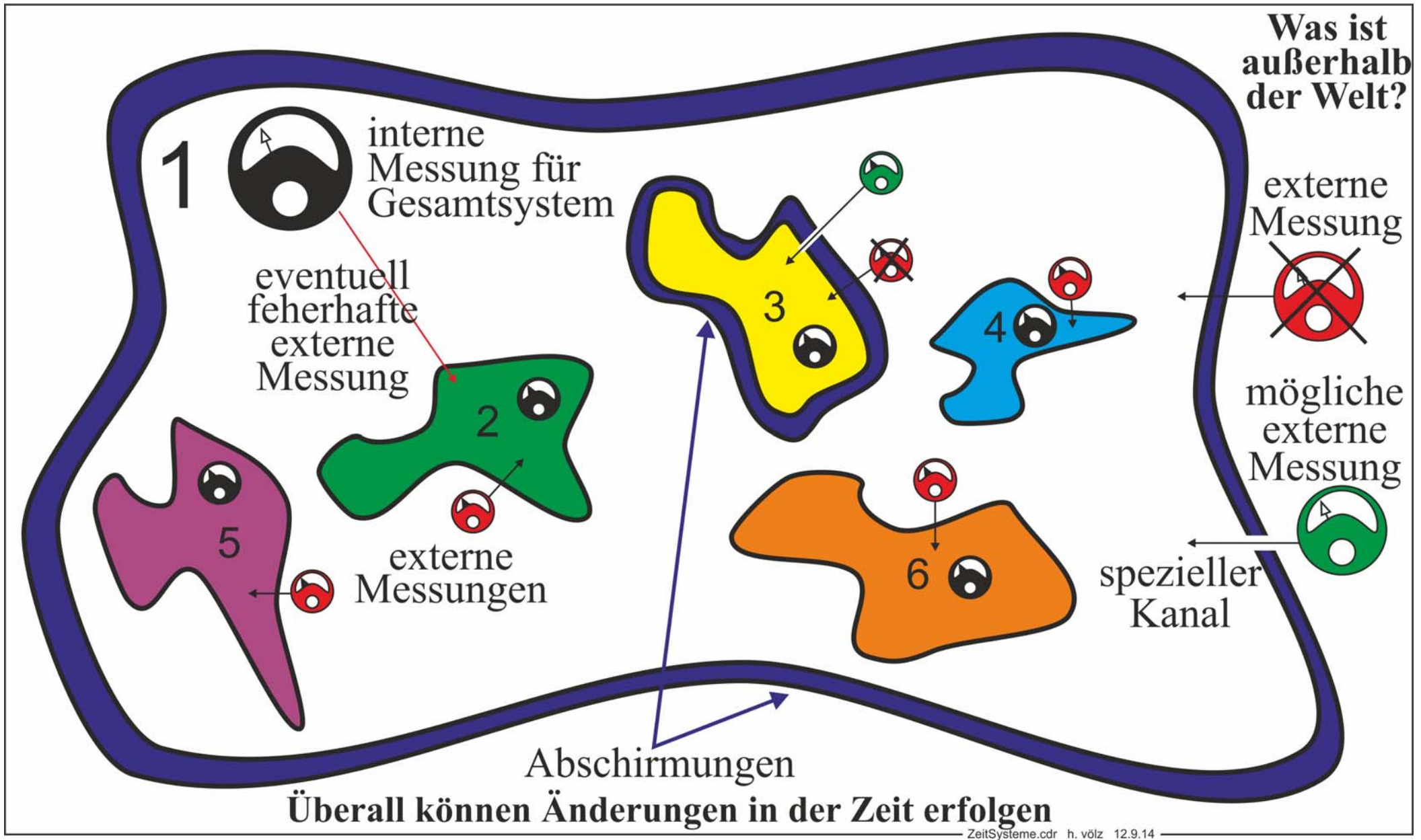
Die **Welt** ist ein System, das aus einer **Vielzahl** von **unterschiedlichen** und **veränderlichen Systemen** besteht. Darunter gibt es **abgeschlossene** und **offene Systeme**. Die gesamte **Welt** ist **wahrscheinlich abgeschlossen**. Für die einzelnen Systeme (2 - 6) und die Welt (1) gibt es **unterschiedliche Zeiten** und **Methoden der Zeitmessung**. Generell müssen dabei **nicht** eine **einzigste Zeit** und ein **einzigster Zeitmassstab** existieren. Zusätzlich kann für jedes System Zeit und Zeitmaßstab **intern** und **extern bestimmt** sein. Entsprechend dem Vergleich von Gewicht und Masse, wird es dabei wahrscheinlich auch **mehrere Arten von Zeit** geben.

Abgeschlossene Systeme haben **keine Wechselwirkungen** mit ihrer Umwelt. Sie streben dadurch dem **Wärmetod entgegen**. Dennoch sind intern **zeitweilig lokale** und **statistische Abweichungen** möglich. Die Zeitmessung kann nur durch **systeminterne Uhren** sowie auch mit der **aktuellen Entropie** des Systems erfolgen. Soll eine Zeitmessung durch **externe Uhren** erfolgen, muss dazu ein **spezieller Messkanal** geschaffen werden.

Offene Systeme wechselwirken mit ihrer Umgebung, wodurch sie nicht zum Wärmetod streben müssen. Ihre Zeit kann relativ übersichtlich mit **internen und externen Uhren** bestimmt werden.

Eine **wichtige Frage** folgt so unmittelbar:

Gibt es eine universelle **Zeit** und einen **universellen Maßstab**, die gegenüber den individuellen Bestand hat? Sie entsprächen dann der **Masse** und die individuellen Zeiten dem **Gewicht**.



Externe, interne und absolute Zeit

Eine system-**interne Zeitmessung** ändert sich mit System-Änderungen.

Dies ist z. B. bei der **subjektiven Zeit**, dem **Wachstum**, der **Temperatur** usw. der Fall.

Durch eine **externe Zeitmessung** kann dieser Einfluss **zumindest teilweise vermieden** werden.

Dazu müssen dann aber die **externen Bedingungen der Uhr konstant gehalten** werden.

Doch bei **abgeschlossenen Systemen**, und insbesondere bei der **Welt** ist keine externe Messung möglich.

Hier müsste dazu eine spezieller nur **für die Messung durchlässiger „Kanal“** zusätzlich erzeugt werden.

Bei der **Welt** gibt es wahrscheinlich nicht einmal diese Möglichkeit, denn **wo ist das Externe?**

Es müsste also eine **neue**, von Raum, Umgebung, Temperatur, Druck usw. **unabhängige Zeit gefunden** werden.

So ergibt sich der folgende zweiteilige Vorschlag mit hypothetischen Wort-Begriffen:

Zeit	
Temporata ($\approx$ Gewicht)	Chronusta ($\approx$ Masse)
relativ (intern, extern).	absolut.
Insbesondere innerhalb des Systems. Einfluss von Parametern, z. B. Temperatur.	Außerhalb und unabhängig vom System.
Menschliche und subjektive Zeit, z. B. ARRHENIUS-Gleichung; Atomuhr.	Noch keine Eigenschaften und Messmethoden bekannt.

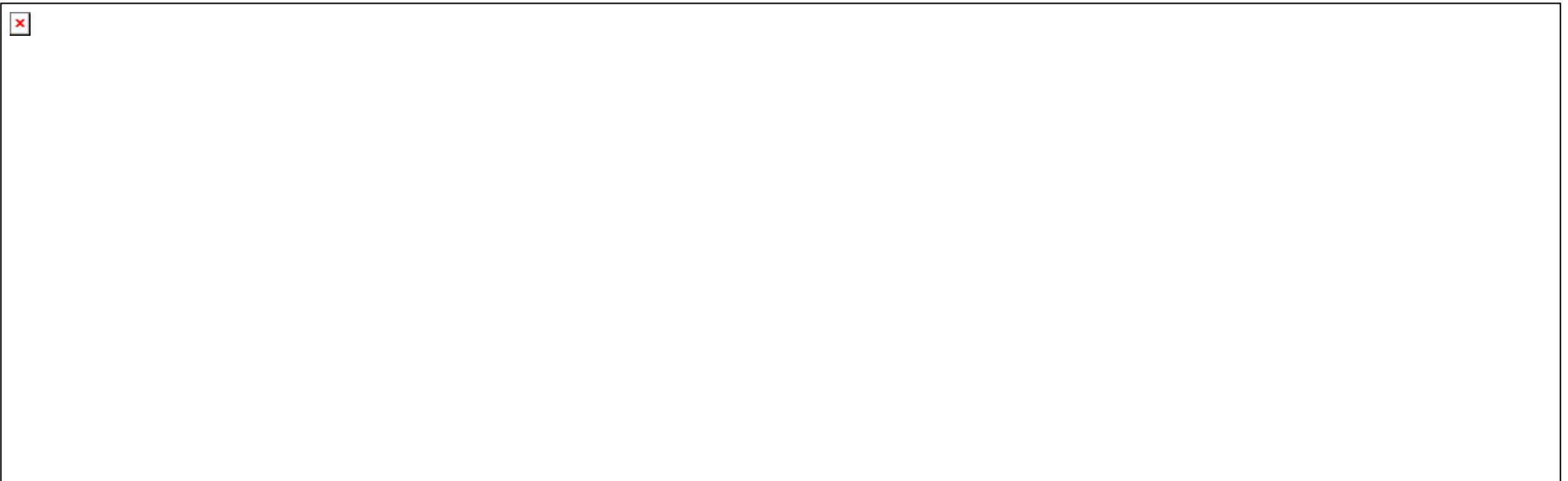
Für die absolute Zeit wäre u. a. zu klären, ob eine **Umrechnung** von unserer Zeitdefinition möglich ist

Besonders ist dabei zu beachten wie die **gewaltigen Änderungen seit dem Urknall** zu berücksichtigen sind.

Schließlich hat sich dabei u. a. **Temperatur um etwa 30 Zehnerpotenzen** geändert.

Skalen und Maßstäbe für Zeit

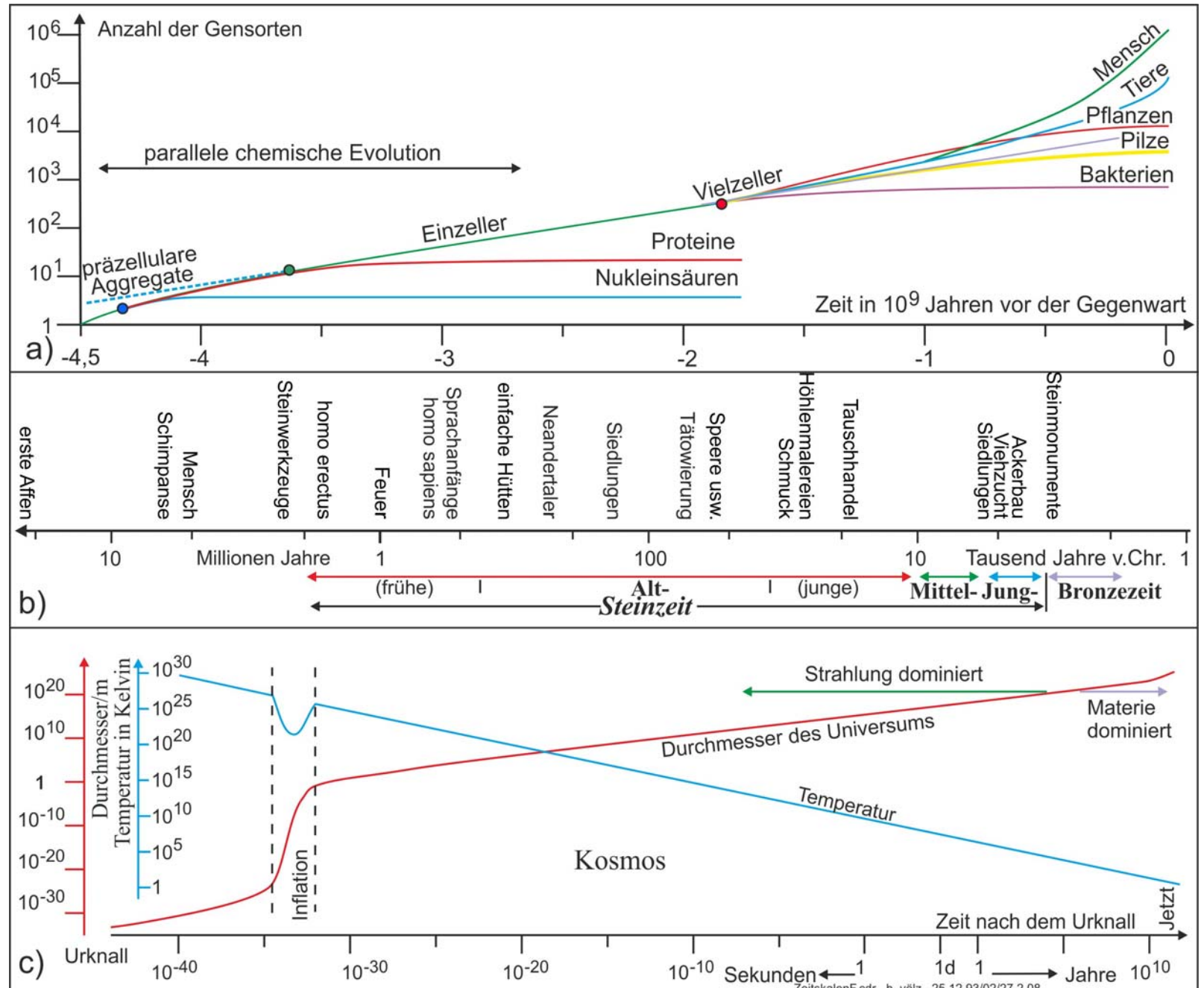
Für die Darstellung zeitlicher Entwicklungen sind **Darstellungen mit Zeitskalen** gebräuchlich. Dabei werden insbesondere für die Abszisse (x-Achse) besonders häufig **lineare** und **logarithmische** Maßstäbe benutzt. In Zusammenhang mit der Zeit ist dabei die Einteilung der Ordinate (y-Achse) weniger wichtig. Jedoch die jeweils gewählte **zeitliche Dauer** hat beachtlichen Einfluss. Wesentlich ist dabei, dass über die gesamte Skala möglichst gleichmäßige die Ereignisse auftreten. Für alle möglichen Zahlen und Zahlenbereiche wurde die Zusammenhänge in [5] S. 219 und [6] S. 310 gezeigt.



Übertragen auf die Zeit zeigt das folgende Bild drei Beispiele.

Drei typischen Beispiele für unterschiedliche Zeit-Skalen von Entwicklungsabläufen.

- Für die **biologische Evolution** ist eine lineare Zeitskala bei logarithmischen verteilten Gensorten optimal.
- Die wichtigsten Neuerungen der **menschlichen Fähigkeiten und Aktivitäten** sind besonders günstig mit einer betont logarithmischen Zeitskala darstellbar.
- Die **kosmische Evolution** verlangt eine sonst völlig unübliche negativ logarithmische Zeitskala.



Folgerungen

Die **lineare** Einteilung bei der **Evolution** und die **logarithmische** bei den menschlichen Leistungen sind einsichtig. Jedoch die **negativ logarithmische** bei der **Entwicklung unser Welt** bleibt unverständlich.

Wie können wir für den **Urknall** vor $\approx 13 \cdot 10^9$ Jahren Zeitintervalle um 10^{-40} s verstehen?!

Hinzu kommen noch größere Änderungen für den Raum, die Energie usw.

Entsprechende **Messgenauigkeiten** sind uns weder **theoretisch noch experimentell** zugänglich.

Diese Betrachtungen und Berechnungen beruhen jedoch auf **Zeitmaßstäbe unserer heutigen Welt**.
einschließlich ihrer Temperatur, Ausdehnung, Energie usw.

Wegen der obigen Betrachtungen ist aber anzunehmen, dass **damals** und **zwischenzeitlich andere Zeitmaßstäbe** galten.

Für das gesamte Geschehen müsste also eine **absolute** oder zumindest „**externe**“ **Zeitbetrachtung** erfolgen.

Wie das zu geschehen hat ist jedoch heute völlig unklar.

Zur **Abschätzung** sei (gewiss stark vereinfacht) angenommen, dass der Zeitmaßstab **proportional der der Temperatur** sei.

Hierauf deuten viele der obigen Betrachtungen wie die **ARRHENIUS-Gleichung** und der 3. Hauptsatz (Entropie) hin.

So ergäben sich **anfangs extrem kurze Zeittakte**, die sich ständig **exponentiell** auf heutige Werte **verkürzen**.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich eventuell ein **linearer Zeitmaßstab**, wie ihn das folgende Bild zeigt.

Damit rückt der **Urknall in unendlich ferne Vergangenheit**: $t_{\text{Urknall}} \rightarrow -\infty$.

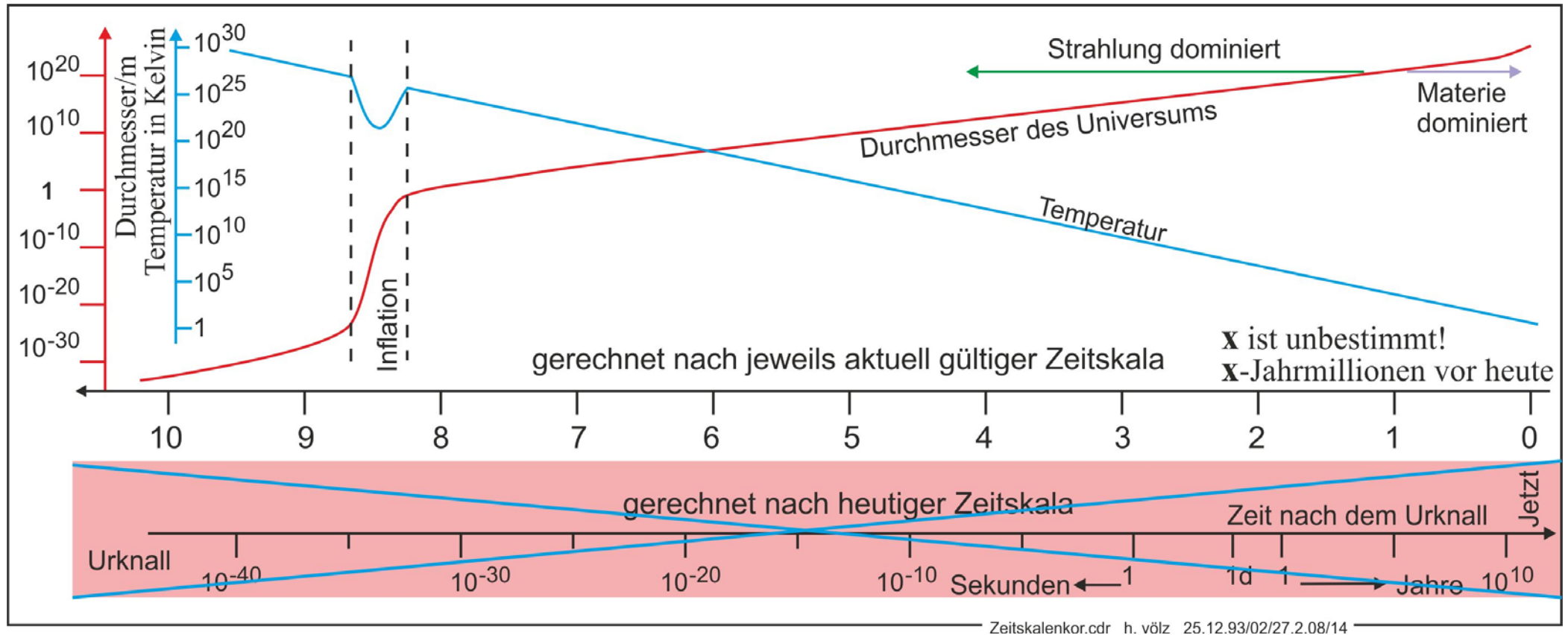
Unsere Welt bestünde dann schon **ewig** mit deutlich **langsameren (geringeren) Änderungen**.

Leider sind derartige **Umrechnungen** mit den Gleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie **sehr schwierig**.

Hinzu käme, dass sie zumindest z. T. auch **iterativ oder gar rekursiv** erfolgen müssten.

Hinzu kommt, dass auch die erheblichen **Änderungen des Raumes** und **der Energie** einbezogen werden müssten.

Vielleicht ist dann nicht einmal mehr die **Lichtgeschwindigkeit** überall konstant.



Die Zeitskala der kosmischen Entwicklung ist hier gemäß dem exponentiellen Gesetz (s. ARRHENIUS) korrigiert. Der neu benutzte Maßstab ist nur ein erster Anhaltspunkt bzgl. der Unsicherheit des üblichen Zeitmaßstabes.

Abschlussfragen

Was *bedeutet Zeit* aus dieser allgemeinen Sicht?

Gibt es eine *absolute Zeit* und wie ist sie zu definieren?

Wie sieht dann z. B. die *Entwicklung der Welt* aus?

ich danke für zuhören und hoffe auf umfangreiche Diskussion

Literatur

- [1] Völz, H.: Maßstäbe für die Zeit. Shaker Verlag, Aachen 2014 ([hier weitere Literatur](#))
- [2] Mainzer, Kl.: Die Berechnung der Welt. - Von der Weltformal bis zu Big Date. C. H. Beck. München 2014
- [3] H. Schrauber: Persönliche Mitteilung eines unpublizierten Manuskripts aus der Hochschule für Ökonomie
- [4] Völz, H.: Grundlagen und Inhalte der vier Varianten von Information. Springer Verlag. Wiesbaden 2014.
- [5] Völz, H.: Die Welt in Zahlen und Skalen, mit Peter Ackermann, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg - Berlin - Oxford, 1996
- [6] Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Shaker Verlag, Aachen 2001

Einige Ergänzende Folien auf: horstvoelz.de/Alle PDF:

19.05.2012 Irrevesibil.PDF, 12.05.2011 Raum_Zeit.PDF, 01.03.2008 Zeitbetrachtungen.PDF, 14.11.2003 RaumZeit.PDF

Ende 27.9.14

Bezüge zum Raum

Mit höherer Temperatur steigt die **Taktfrequenz**.

Das bedeutet, dass in **gleicher Zeit größere Entfernungen** zurückgelegt werden.

Der ursprüngliche Raum war also deutlich größer als der auf die heute berechnete Weise

Auch die aktuelle und künftige **Ausdehnungsgeschwindigkeit** der Welt dürfte damit **geringer** ausfallen.

Im Prinzip nähert sich so die **Welt** auf ein über die Zeit **nahezu konstantes Volumen**.

Die gleiche Folge ergibt sich auch bezüglich der mittleren thermischen **Molekülgeschwindigkeit** v_{th} :

$$v_{th} = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m}}$$

Darin bedeuten m = Masse, k = Boltzmann-Konstante = $1,381 \cdot 10^{-25}$ J/K und T = absolute Temperatur.

Der in einer Zeit **überstrichene Weg nimmt** also mit der Temperatur **zu**.

Weitere Auswirkungen

Es sind alle **Größen und Konstanten** zu überprüfen, die mit der Temperatur zusammenhängen.

Das gilt auch für die neuen Festlegungen zum SI aus Konstanten.

Beispiele sind

Lichtgeschwindigkeit m/s; Planck-Konstante J/s; Frequenz Schwingungen/s.

Aber auch **Messwerte** z. B. Energie, Arbeit in $J = W \cdot s$ müssen überlegt werden.

So ist die Frage zu klären, ob zu Weltbeginn bei $T \rightarrow \infty$ auch die Energie riesengroß war.

Ich kann z. Z. diese Folgen noch nicht abschätzen.

Ende 17.11.14

Ergänzung Dezember 2014

Temperatur des Weltalls fällt monoton mit der Zeit.

Je weiter **vor heute**, desto höher die Temperatur, desto schneller ist der Zeittakt, alles muss so mehr verlängert werden.
Je weiter **in die Zukunft**, desto niedriger die Temperatur, Zeittakt länger, alles muss verkürzt erscheinen.

Hierzu passen u. a. zwei neuere „Fakten“:

1. Beobachtung von **12,6 Milliarden alte Galaxie** zeigt dass dort etwa 1000mal so viele Sterne in der gleichen Zeit entstehen wie in unserer Milchstraße. (kürzerer Zeittakt nötig!)
Vgl. dazu: Spektrum der Wissenschaft 1/2015, S. 8,
2. Die sich **erhöhende Ausdehnungsgeschwindigkeit** der Welt entspricht Aussage zur Zukunft.