

Raum und Zeit

Dieses Material beruht auf die Bücher

Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Shaker Verlag, Aachen 2001
Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 1 - 3. Shaker Verlag Aachen 2003, 2005, 2007

Sie sind vollständig auf der CD enthalten:
Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Datenspeicher von der Steinzeit bis ins 21. Jahrhundert. Digitale Bibliothek Bd. 159, Berlin 2007

Der Inhalt wurde gestrafft, auf den neuesten Stand gebracht und die Bilder farbig umgesetzt
Es ist eine gründlich überarbeitete Fassung der Versionen ab 2010
Noch ältere Versionen: **Raum und Zeit.pdf** von 2002 bzw. **Raum und Zeit.pdf** von 2004: aes.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF

Dieses Material wurde heruntergeladen von: aes.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/
Bei privatem Gebrauch ist es voll nutzbar, bei Publikationen, Vorträgen usw. ist die Angabe der Quelle notwendig
Bei kommerzieller Nutzung usw. ist eine Abstimmung mit mir notwendig
Bilder sind in höherer Qualität ca. 2000x3000 Pixel oder *.cdr Version 12 verfügbar

Email: hvoelz(at)fpk.tu-berlin.de bzw. h.voelz(at)online.de
Prof. Dr. Horst Völz, Koppenstr. 59, 10243 Berlin, Tel./Fax 030 288 617 08

Etymologie

Deutsch
8. Jh. als Adjektiv: **rum(e)** geräumig,
11. Jh. **rum, run, roun** Raum, Platz zu freier Bewegung oder zum Aufenthalt

8. Jh. **zit** Zeit, Zeit-, Lebensalter, Leben, Jahres-, Tageszeit, Stunde;
tide Gezeit(en) Ebbe und Flut; Zusammenhang mit Zeit, Stunde, Gebet

	Raum	Zeit
Griechisch:	xoros	kjeros, xroniko
Latein	spatium, spatii	aetas, tempus, hora
Englisch	room, space, volume	time, times, terms, age
Französisch	espace, place	temps
Italienisch	ambiente, camera, locale	epoca, eta, ora, tempo
Spanisch	buque, cuarto, espacio, margen	dia, hora, temporada, tiempo

Offensichtlich hat jede Sprache ihre eigenen Stämme; Raum und Zeit sind eben unmittelbar vorhanden

Erste Fakten

Begriffe von Raum und Zeit werden meist zusammengehörend, gemeinsam betrachtet
Raum ist fast nur bezüglich Mathematik und Physik präzisiert
Zeit wird auf vielen Gebieten und unter sehr unterschiedlichen Gesichtspunkten behandelt

Raum-Gestalten können wir **jederzeit** neu betrachten. Sie sind mehr oder weniger stabil
Zeit-Gestalten verlangen **Vergangenheit und Zukunft**
werden meist erst im Nachhinein wahrgenommen
wir versuchen sie uns durch Bilder zu veranschaulichen

Im **Raum** können wir uns **bewegen, nicht in der Zeit**, teilweise jedoch gedanklich
Geschehen und **Abläufe** erfolgen immer **aktuell**
die der **Vergangenheit** existieren **nicht mehr**, die der **Zukunft noch nicht**

Symmetrie gibt es im und bezüglich **Raum**, bei der **Zeit** gilt sie **nur** in allen **physikalischen Gesetzen**
Die wirkliche **Zeit** läuft **gerichtet** ab, die meisten Geschehnisse sind **irreversibel, Reversibilität** ist selten

Geschichte von Raum und Zeit

HERAKLIT (ca. 540 - 480 v.Chr.) Zeit ist gezählte Bewegung.
DEMOKRIT aus Abdera (Thrakien, ca. 460 - 370 v. Chr.) Zeit/Raum existieren objektiv-real, Raum unendlich und leer, notwendig für die freie Bewegung der Körper
PLATON (ca. 428 - 347 v. Chr.) Reich der *Ideen* ist zeit- und raumlos
ARISTOTELES (384 - 322 v. Chr.) Raum = Gefäß für materielle Körper, ihre Ordnung bestimmt Raum, Zeit wie HERAKLIT
GALILEO GALILEI, (1564 - 1642), ISAAC NEWTON (1642 - 1727)
Raum und Zeit sind absolut, leer, nicht an die Materie gebunden, erst Wirkung auf die Materie macht sie „sichtbar“, entspricht Fernwirkung
RENÉ DESCARTES (Cartesius) (1596 - 1650), CHRISTIAAN HUYGENS (1629 - 1695)
lehnen absoluten Raum und Zeit ab, beide sind an Materie gebunden
GOTTFRIED WILHELM, FREIHERR VON LEIBNIZ (1646 - 1716) betrachtet Raum und Zeit bezüglich Materie
IMMANUEL KANT (Cant), (1724 - 1804)
Raum und Zeit sind dem Menschen angeborene Formen der sinnlichen Anschauung.
HERMANN MINKOWSKI (1864 – 1909) Vortrag 21.9.1908 erstmalig Begriff »Raumzeit«

ALBERT EINSTEIN (1879 - 1955) mathematische Fassung in allgemeiner Relativitätstheorie:

- Raum, Zeit und Materie bilden eine Einheit**, bestimmen sich gegenseitig
- Sie besitzen **nichts Absolutes** mehr, jedes materielle System hat **eigene Raum-Zeit-Struktur**
- Weltall ist **unbegrenzt, aber endlich**
- Meist werden heute je eine **diskrete** Elementar-Zeit und -Länge angenommen

Raum im Sprachgebrauch

- **Weltraum** außerhalb der Erde (Raumfahrt, Raumanzug usw.)
- **Raumakustik**, Schallverhalten in abgeschlossenen Räumen
- **Raumbild**, Bild welches die Tiefe mit zeigt
- **Räumen** im Sinne von etwas freimachen
- **Raumladung**: frei im Raum angesammelte Ladungen
- **Raumwelle**: elektromagnetische Strahlung in den Raum hinein, nicht auf der Erdoberfläche entlang
- **Raumwinkel**, entspricht einer „ausgeleuchteten“ Fläche, die mit der Entfernung zunimmt, nicht ebener Winkel

Anschauungsraum: betrifft unmittelbares Erleben und Handeln
wesentlich durch unsere Bogengänge bestimmt = 3 Koordinaten und 2 Bewegungen

Mathematischer Raum

Vektor-R. = **linearer** R., muss erklärt sein, z. B.: $p(x,y,z)=a\cdot x+b\cdot y+c\cdot z$ und zwar bzgl.
Elemente = Punkte, Koordinaten = Richtungen, **Operationen**: Addition und Vielfachbildung mit Koeffizienten

Metrischer R. fügt **Abstand** hinzu, verlangt Symmetrie, Nichtnegativität und Abstandsmaß.

Für euklidische Geometrie gilt: $A=\sqrt{\sum_{k=1}^n(x_k-a_k)^2}$

Nichteuklidischer R. u. a. RIEMANN-R. gilt z. B. für Kosmos ≈ gekrümmter R.,
stimmt nur bei geringen Abmessungen mit euklidischen R. überein

Topologischer R.: Kennzeichnung der Umgebung und deren Zusammenhänge;
führt den Begriff der Figur ein, die für alle Dimensionen existiert.
Wenn das HAUSDORFF’sche Trennungsaxiom gilt = HAUSDORFF-R.

Abstrakter R. besitzt mehr als 3 bis zu ∞ vielen Dimensionen (auch HILBERT-R.),
hat keinen Bezug zum Anschauungs-R.

Geometrie

griechisch geo Erde, Land, *geometres* Land-, Feldmesser
Betrifft Mengen von (Raum-) Punkten, Geraden, Ebenen und Ordnungsrelationen

- 1. **Euklidische Geometrie.** EUKLID IN ALEXADRIA (-365 bis -300) in seinen Elementen dargestellt,
betrifft zunächst nicht den Raum sondern die Ebene. Voraussetzung u. a. „ein Punkt ist, was kein Teil hat“.
A. Inzidenz-Axiome
 - 1. Zwei verschiedenen Punkte bestimmen genau eine Gerade, die durch sie hindurchgeht
 - 2. Nicht alle Punkte liegen auf einer Geraden
 - 3. Parallelen-Axiom**B. Anordnungs-Axiome** betreffen Lage und Anordnung von Punkten
C. Bewegungs-, D. Stetigkeits- und E. Spiegelungs-Axiome
- 2. **Sphärische Geometrie**, betrifft die Kugeloberfläche (Erdoberfläche)
- 3. **Analytische Geometrie** RENÉ DESCARTES (Cartesius) (1596 - 1650):
„Discours de la méthode“ (Abhandlung über die Methode) von 1637
führt Mathematik in Geometrie ein, wird dadurch berechenbar, neben Zirkel und Lineal
- 4. **Darstellende (projektive) Geometrie**, (1822) für die Konstruktion wichtig,
macht Projektionen von räumlichen Gebilden auf die Ebene: Mehrtafelprojektion
- 5. **Nichteuklidische Geometrie** unabhängig von JÁNOS BOLYAI (1802 - 1860) 1823, GEORG FRIEDRICH BERNHARD RIEMANN (1826 - 1866) (1854 Beweis) und NIKOLAY IVANOVICH LOBACHEVSKY,
Parallelen-Axiom entfällt, u. a. Winkelsumme im Dreieck ≠ 90°
- 6. **fraktale Geometrie** der Natur (1982) BENOIT B. MANDELBROT (*1924)

Zitate über Zeit

Buch Prediger Salomo, 3.1:
„Ein jegliches hat seine Zeit, und alles Vorhaben unter dem Himmel hat seine Stunde: geboren werden hat seine Zeit, sterben hat seine Zeit; pflanzen hat seine Zeit, ausreißen, was gepflanzt ist, hat seine Zeit; töten hat seine Zeit, heilen hat seine Zeit; abbrechen hat seine Zeit, bauen hat seine Zeit; weinen hat seine Zeit, lachen hat seine Zeit; klagen hat seine Zeit; Tanzen hat seine Zeit; Steine wegwerfen hat seine Zeit, Steine sammeln hat seine Zeit; Herzen seine Zeit; aufhören zu Herzen hat seine Zeit, suchen hat seine Zeit, verlieren hat seine Zeit; behalten hat seine Zeit; Wegwerfen hat seine Zeit; zerreißen hat seine Zeit; zunähen hat seine Zeit; schweigen hat seine Zeit, reden hat seine Zeit, lieben hat seine Zeit, hassen hat seine Zeit; Streit hat seine Zeit, Friede hat seine Zeit. Man mühe sich ab, wie man will, so hat man keinen Gewinn davon.“

AUGUSTINUS (354 – 430, Kirchenvaters) 11. Buch der Confessioness: (*lateinisch confessor* Bekenner):
„Was also ist Zeit? Solang mich niemand fragt, ist mir’s als wüßte ich’s, doch fragt man mich und soll ich es erklären, so weiß ich’s nicht.“

Ferner vertrat er den Standpunkt, dass es nur die Gegenwart gibt. In der Gegenwart ist Vergangenes als Erinnerung (memoria) und die Zukunft als Erwartung (expectio) verfügbar

ALBERT EINSTEIN (1879 - 1955) hielt Bemühungen über die Zeit sogar für sinnlos:
„Der Unterschied zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft ist für uns Wissenschaftler eine Illusion, wenn auch eine hartnäckige“.

Außerdem: Zeit ist nicht ein unabhängiges Seiendes, sondern eine Ordnungsform der Materie

Ist Zeit ein Objekt?

Im Deutschen bezeichnen Substantive fast immer reale, gedachte oder abstrakte Objekte, mit denen etwas gemäß **Verben** geschehen kann: Ein Fluss fließt, Licht leuchtet, Wind weht usw.

Das legt nahe, dass „Zeit“ auch ein Objekt sei: Doch die Zeit „**zeitet**“ **nicht**
So etwas gibt es jedoch im Englischen *to time* (etwa zeitmachen, zeiten) und *timing*

Umgangssprachlich schreitet die Zeit voran, läuft ab, fließt, vergeht usw.

Widerspruch: Wir **gehen durch die Zeit** ⇔ Die **Zeit zieht an uns vorbei**

Es **scheint eher so**, als ob Menschen, vielleicht die ganze Welt **in einem Fluss von Zeit schwimmen**

Zeit ist oft eine **Eigenschaft von Objekten**: z. B. MATER, E.: Rückläufiges Wörterbuch: **165** Begriffe: u.a.:

Abkling-, Blüte-, Bronze-, End-, Ernte-, Frei-, Früh-, Garantie-, Halb-, Halte-, Hoch-, Kaffee-, Kreide-, Lauf-, Mahl-, Nazi-, Normal-, Probe-, Rede-, Rekord-, Schul-, Sprech-, Tisch-, Wartezeit

Dabei fehlen sogar noch einige im MATER, z. B.: Lebens-, Raum-, Sommer-, Stern- und Weltzeit

Sowie **Adjektive** wie: all-, der-, jeder-, seiner-zeit

Auch **mit Zeit beginnende** Wörter gibt es, in typischen Lexika knapp hundert, u. a.:

Zeit-achse, -alter, -angabe, -ansage, -arbeit, -druck, -lauf, -lupe, -punkt, -raffer, -raum, -schrift, -spanne, -vertreib, -wende, -wort, -zeuge, -zone, -zünder;

Hinzu kommen viele Komposita zu **Zeitung**

Und auch **Adjektive**: zeitig, zeit-los, -nah, -raubend, -weilig, -weise

Wir sind der Zeit machtlos ausgeliefert

Wir können die Zeit **nicht** – wie fast alle Objekte – **beeinflussen, verändern** usw.

Daher zunächst einige **Probleme**

Zeit und Bewegung

Zeit und Raum hängen zusammen über die Bewegung

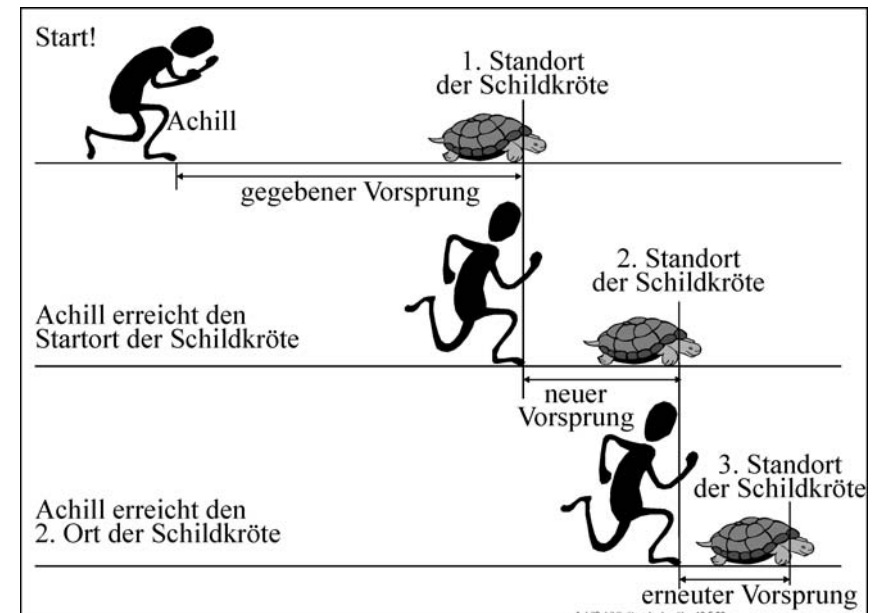
Wenn es **keine Bewegung** gibt, so kann es auch **keine Zeit** geben!

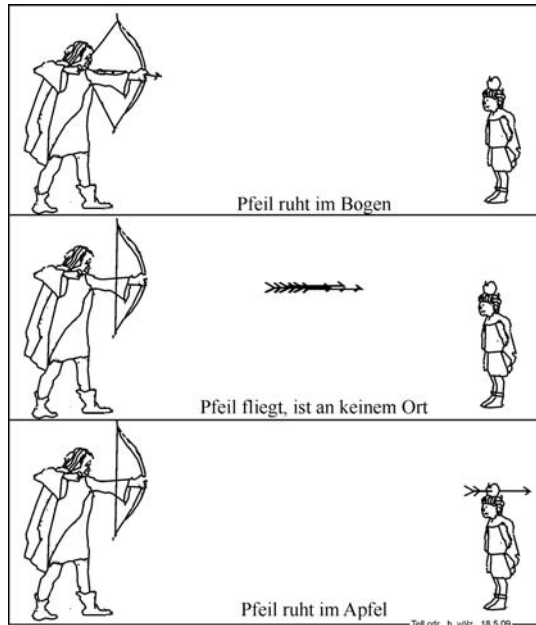
XENON von Elea (≈490 – ≈430 v. Chr.) erdachte mehrere Paradoxien ⇒ Es gibt keine Bewegung!

Z. B. **Wettlauf** zwischen dem schnellsten Läufer Achill (griechisch Achilleus, lateinisch Achilles) und der sehr langsamen Schildkröte, die deshalb beim Start einen Vorsprung erhält
Achill kann sie nicht einmal einholen

⇒ ARISTOTELES aus Stagira (384 - 322 v. Chr.) führt daher Kontinuum ein
≠ diskreter Raum, diskrete Zeit

Gleiches gilt für einen **Pfeil**: Fliegt er, so ist er an keinem Ort, ist er an einem Ort so fliegt er nicht





Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 13 von 133

Zeitrichtung, Zeitpfeil

Unmittelbar erleben wir eine Gerichtetheit der Zeit (**Zeitpfeil**).

Bei einem **Film** können wir schnell feststellen, wenn er **rückwärts abgespielt** wird

Für den Zeitpfeil ist jedoch **keine Begründung** zu finden

Alle **Gleichungen der Physik** besitzen bezüglich Raum und Zeit **keine Vorzugsrichtung**

Lediglich aus der **Thermodynamik** entsteht durch statistische Mittelung eine Zeitrichtung = **Entropie-Wachstum**

1872 leitete BOLTZMANN über die Stöße der Atome das **Streben zum Gleichgewicht** her: $H = k \cdot \ln(W)$

Der **dritte Hauptsatz** behauptet entsprechend dieser Entwicklung zur Gleichverteilung, den Wärmetod

Aussage: Im Gleichgewicht hat das System seinen **Anfangszustand vergessen**

Der **Zeitpfeil nimmt ab**, je näher die Gleichverteilung ist, schließlich gibt es keine physikalische Zeit mehr

Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 14 von 133

Weitere Paradoxien, Antinomien

Mittelalter und später

Wann wird aus einer Anzahl von **Körnern ein Haufen**?

Wann macht ein zusätzlicher **Pfennig** aus einem **armen Mann** einen reichen?

Filmaufnahmen: Entwicklung **Kaulquappe** → **Frosch**. Bei welchem Bild erfolgt der Übergang?

Farbe „**grot**“ = grünes Objekt wird 2020 rot. Ist dieser Smaragd grot?

Das Cs-Atom hört im **Schwarzen Loch** (bekannt seit 1969) auf zu schwingen, gibt es dann keine Zeit mehr

Wann begann die Zeit? Kann sie auch wieder verschwinden?

Nachdenken über die Zeit ist immer ein Denken in der Zeit und mit der Zeit.

Ist also ein **Zirkelschluss**: Zeit der Zeit und setzt Evolution voraus. Zwei Varianten:

- Zeit existiert als absoluter **Hintergrund**; dann denkbar: was vor der Erschaffung der Welt war und was am Ende passieren könnte
Sie hätte weder Anfang noch Ende
- Zeit ist aus **Physik ableitbar**; sie entstand mit der Welt oder später
In diesem Augenblick sind die Konstanten und Gesetze gesetzt und beginnen zu wirken
Zeit wird durch die Art der Messung definiert.

Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 15 von 133

„Hund-Flöhe“-Modell

1907 schufen es TATIANA und PAUL EHRENFEST (1880 – 1933) ein Gedankenexperiment, wurde damals von vielen Physikern rechnerisch untersucht wurde

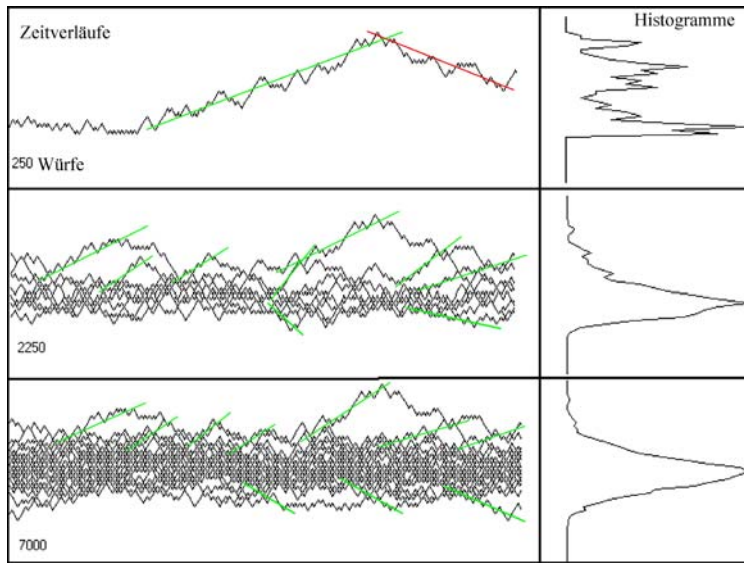
- **Grundlage:** 2 Urnen, n nummerierte Steine und ein Zufallsgenerator mit n Zahlen
- **Regel:** Wird die Zahl $0 < x \leq n$ gewürfelt, so wird der Stein „ x “ die andere Urne gelegt

Zur Veranschaulichung wurde die zwei Urnen $\Rightarrow$ Hunde, und die Steine $\Rightarrow$ Flöhe ersetzt

Es lassen sich 2 grundsätzlich unterschiedliche **Ergebnisse** feststellen:

1. Gemittelt über eine **hinreichend lange Zeit** befindet sich auf jedem Hund ziemlich genau die Hälfte der Flöhe.
Bei einer großen Anzahl n ist die Abweichung sehr klein, bei der LOSCHMIDT'schen Zahl z.B. $\approx 10^{-20}$
2. Es treten jedoch immer wieder **Zeitausschnitte** mit der Tendenz auf, sich vom Gleichverteilung zu entfernen.
Als „**Raum-Zeit-Oasen**“ widersprechen die typischen Entropie-Zunahme.

Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 16 von 133



Es sind nur einige **Raum-zeitliche Oasen grün** herausgestellt
Die meisten sind durch die Vielzahl der Punkte (Zustände) um die Gleichverteilung verdeckt
Die **Streuung** um den Mittelwert wird immer geringer

Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 17 von 133

Evolutionsspiele

Eine Weiterentwicklung zur Demonstration von Evolution, Mutation und Auslese von MANFRED EIGEN (*1927)

1. Spiel (ähnlich EHRENFEST) benötigt:

zwei Kästen (Urnen) $\{U_1, U_2\}$ (U_1 = Beobachtungskasten); n nicht unterscheidbare Kugeln, Zufallsgenerator $\{0, 1\}$

Bei „1“ wandert eine Kugel von Kasten $U_1 \Rightarrow U_2$, sonst umgekehrt

Es entsteht Rechteckverteilung, die durch alle möglichen Zustände driftet

2. Spiel Kugelsorten $\{1, 2, \dots, m\}$ mit der Anzahl n je Sorte

Zu Beginn in U_1 je eine Kugel jeder Sorte; Wiederholt zufällige Kugel aus U_1 ziehen

ungerader Zug: Kugelart wird in U_1 verdoppelt, *gerader Zug*: Kugel ohne Ersatz in U_2

eine Sorte vergrößert ihre Anzahl eine anderer stirbt aus

nur eine Sorte überlebt, welche hängt vom Zufall ab.

3. Spiel zusätzlich Wahrscheinlichkeiten p :

Mit p werden neue Sorten $m+1, m+2$ usw. eingeführt

Jede Sorte stirbt aus, aber immer existiert eine Sorte besonders häufig

4. Spiel Je Sorte werden zusätzlich Verlust- und Gewinnraten W_i benutzt

Je nach W_i in Bezug auf den Mittelwert W_0 : Überleben bzw. Aussterben der Sorte

Es entsteht Mutation und damit Auslese.

Seit etwa 2000 ist erstmalig auch **Evolution experimentell** zu untersuchen

Zuvor war es eine Theorie ohne **überprüfbare Voraussetzungen** und konnte daher bestritten werden $\Rightarrow$ Scientologie

Bakterien-Generation etwa 20 Minuten, mehrere Stämme in Konkurrenz einwirken lassen

S. u. auch bei Rückrechnungen **Life**

Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 18 von 133

Arten von Zeitpfeilen

Heute gelten mindestens fünf verschiedene, jedoch nicht völlig voneinander zu trennende Zeitpfeile:

- 1. Thermodynamischer** Zeitpfeil, bei dem die Entropie (Unordnung) zunimmt
- 2. Kosmologische** Zeitpfeil, mit dem sich das Universum ausdehnt.
- 3. Werden und Vergehen** in der Natur, wodurch neue Strukturen und Organismen entstehen und verschwinden, gilt für Sterne, Planeten, Systeme, Lebewesen, Staaten(?) usw. Nur wenig scheint ewig zu sein
Problem der **Ständigkeit**
- 4. Psychologischer** Zeitpfeil, ergibt sich aus unserem unmittelbaren Erleben
Hierdurch können wir uns an die Vergangenheit, aber nicht an die Zukunft erinnern
Bei einer Zeitumkehr würde viel von unserem Handeln und Erleben den Sinn verlieren
STEPHAN WILLIAM HAWKING (*1942) hierzu: Abläufe im Gehirn vom thermodynamischen Zeitpfeil bestimmt.
Wie ein Computer müssen wir uns an die Dinge in der Reihenfolge erinnern, in der die Entropie anwächst
- Bewusstes **menschliches Ordnen**, Anordnen von Objekten erfolgt in der Zeit
Es wird vor allem durch **zufällige** Erscheinungen (thermodynamisch) oder **bewusst** zerstört
z. B. beim Mischen von Spielkarten

Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 19 von 133

Aussagen, Begründungen zum komischen Pfeil

ALBERT EINSTEIN hatte um die Stabilität der Welt zu erhalten, seine Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie um ein „**kosmologisches Glied**“ erweitert

1922 konnte ALEXANDER ALEXANDROWITSCH FRIEDMANN (1888 – 1925) zeigen, dass es Lösungen **ohne** kosmologisches Glied gibt, die eine **Expansion** bedeuten

1929 entdeckte EDWIN POWELL HUBBLE (1889 – 1953) die **Fluchtbewegung der Galaxien** (kosmischen Evolution)

MURRAY GELL-MANN (*1929): vor Urknall bestand Zeitsingularität, mit Urknall entstand zufällig der Zeitpfeil, der dann vom Universum an die Galaxien, Sterne, Planeten usw. weitergegeben wurde

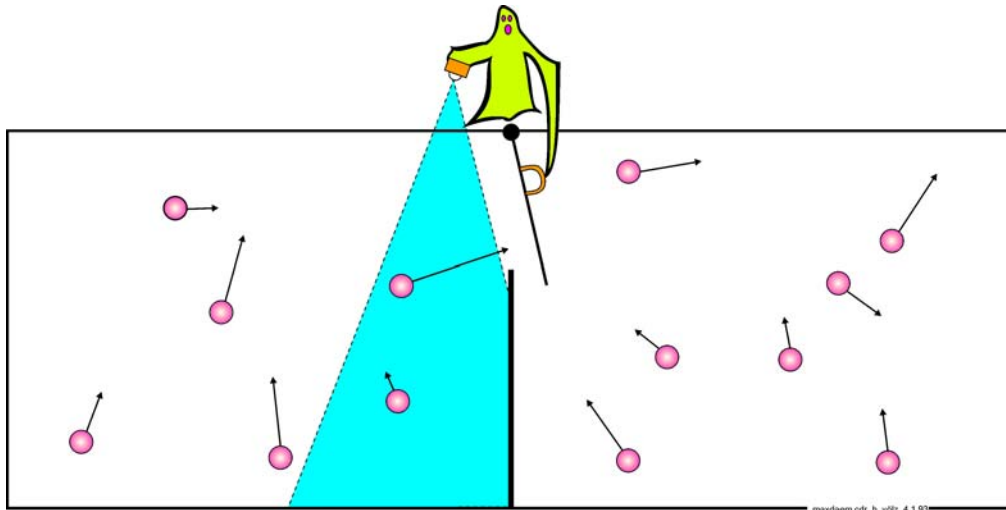
Gegenbeispiele zum Zeitpfeil

JOSIAH WILLARD GIBBS (1839 – 1903) Gedankenexperiment mit Tinte

Sortierdämon von JAMES CLERK MAXWELL, (1831 – 1879)

JOSEPH LOSCHMIDT (1821 – 1895) Gedankenexperiment zur Impulskehr (LAPLACE-scher Dämon)

Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 20 von 133



Nur die **schnellen Teilchen** lässt er **nach rechts** passieren, teilweise wird auch angenommen, die langsamen nach links
Problem: Selbst dann wenn die Tür keine Kraft erfordert! erfordert Beobachten Energie,

Zwei Aspekte der Zeit

Widersprüchlichkeiten von Zeit

Zeitabläufe sind voll reversibel , umkehrbar	Es gibt eine Gerichtetheit der Zeit, einen Zeitpfeil
• Alle Gesetze der Physik – von klassisch bis quantenmechanisch – bleiben bei einer Zeitumkehr unverändert • In der klassischen Physik ist alles reversibel, d. h. zeitlich völlig umkehrbar • LAPLACE'scher Dämon kann Zukunft und Vergangenheit gleichermaßen berechnen • EINSTEIN hält alle Bemühungen um einen Zeitpfeil für sinnlos • Die physikalische Messung der Zeit beruht auf Zählung mittels streng periodischer (wiederholbarer) Abläufe (Pendel, Quarz- und Atomuhr)	• Die praktische Erfahrung lehrt uns, dass es eine Richtung der Zeit gibt. Wir erkennen sofort, wenn ein Film rückwärts abläuft • Es gibt Irreversibilität. Ein Stein, der einem Berg hinabgerollt ist, rollt nicht von selbst wieder hinauf • Die Reihenfolge von Ursachen zu Wirkungen ist nicht umkehrbar. Hierauf beruht unser Empfinden von Kausalität • Es gibt fast überall eine Evolution, u. a. im Weltall, für das Leben, in der Zivilisation • Es gibt Werden von etwas und damit Entstehen von Neuem, was in der Vergangenheit noch nicht da war • Wir können meist besser Voraussagen als Rückrechnungen machen, s. später

Astronomie $\Rightarrow$ Zeiteinteilungen

Es gibt drei leicht erkennbare Zeitabläufe, welche die Menschen immer unmittelbar betreffen

- 1. Tag:** Sonnenauf- und Untergang $\Leftarrow$ Rotation der Erde um die eigene Achse
Wachen und Schlafen

Ägypter hatten Sorge, dass die Sonne am nächsten Morgen nicht wiederkäme
Schufen den ewig lebenden **Sonnengott Re**, der täglich in einer Barke über das Himmelsgewölbe fuhr
Abends tauchte er in die Unterwelt, aus dem er am Morgen unversehrt emporstieg

- 2. Jahr** gemäß den vier Jahreszeiten $\Leftarrow$ Rotation der Erde um die Sonne mit Neigung der Erdachse
Säen und Ernten, weniger ausgeprägt zum **Äquator** hin
In frühen, äquatornahen Kulturen, wie Babylonien, China, Mexiko, Peru $\Rightarrow$ **Mond** oberster Gott + Zeitmacher.

- 3. Monat:** Wechsel Voll- und Neumond $\Leftarrow$ Rotation Mond um die Erde
Nur der Vollmond ermöglichte Jagd bei Nacht, heute nicht mehr wichtig!

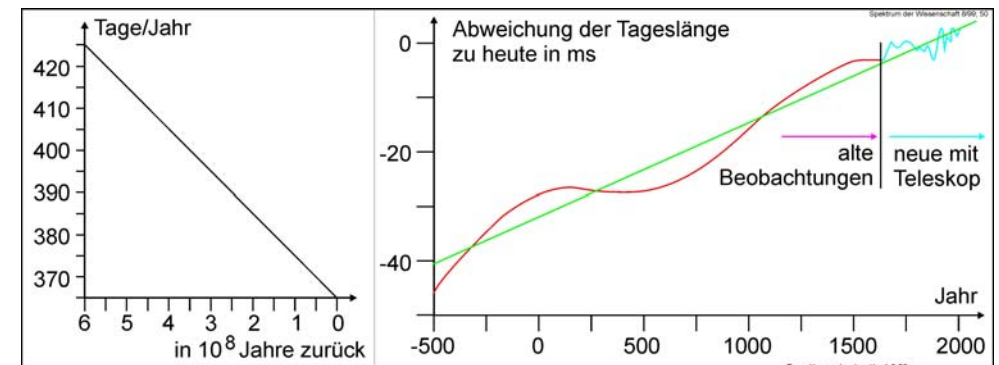
Problem und Folge

Die drei Zeiten stehen in **keinem rationalen Verhältnis**
Tage/Jahr und Tage/Monat werden im Verlauf der Geschichte und bei Völkern
durch zusätzliche Fakten (willkürlich) festgelegt

Bedeutung der Astronomie

Große **prähistorische Bauwerke** sind meist Sternwarten,
z. B. Stonehenge ca. 2000 v.Chr. Pyramiden 2500 - 2300 v.Chr.

Ursprung **Astrologie**: Vorhersagen für die Zukunft, Erfolge vom Kriegen, Heilen von Krankheiten usw.



Die Änderung der Erdrotation hat für die dokumentierte Menschheitsgeschichte kaum Bedeutung
Sie ist jedoch für geologische Zeiten wichtig

Dauer eines Jahres

astronomisch: mittlere Länge von 365,2422454 Solartagen = 365 d, 5 h, 48 min, 45,5 s

tropisch: Sonnen-, Äquinoktialjahr, Erddurchgänge Frühlingspunkt ≈ 365,2422 mittlere Sonnentage

siderisch: Sternjahr, wahre Umlaufperiode der Erde um die Sonne ≈ 365,2564 mittlere Sonnentage

anomalistisch: Periheldurchgänge der Erde ≈ 365,2596 mittlere Sonnentage

Mondjahr: Zusammenfassung von 12 Mondumläufen ≈ 354 Tage (11 Tage kürzer)

bürgerlich = jetziger Kalender = 365 Tage + Schalttag im Schaltjahr.

Zählung der Jahre

für **Geschichte** wichtig ⇒ Ursprung: *Regierungszeiten von Herrschern*

Juden zählen ab biblisch errechneter Erschaffung der Welt am 5.10.3761 v. Chr.

Ägypter zählten ab 2781 v. Chr.

Babylonier zählten ab Geburt Königs NEBUKADNEZER 777 v. Chr.

Römer zählten ab Gründung Rom 753 v. Chr., später nach kaiserlichen Regierungsjahren

Muslime zählen ab 579 n. Chr. seit MOHAMMED (≈570 - 632) von Mekka nach Medina ging

Christen + Heiden! zählen *ab Christi Geburt*, bedeutet zählen von der „Mitte“ der Welt aus JESUS CHRISTUS, geboren zwischen 8 und 4 v.Chr., Tod ≈ 30 n. Chr.

Die Zählung begannen Mönche VICTORIUS von Aquitanien und DIONYSIUS EXIGUUS in Rom im 5. und 6. Jh.

Im frühen Mittelalter häufiger, seit der Aufklärung üblich und konsequent seit dem 18. Jh.

Konzil von Nikaia (325) **Osterfest:** ersten Sonntag nach dem Frühlingsvollmond fest

Paradoxie: Pfarrerssohn FRIEDRICH WILHELM NIETZSCHE (1844 - 1900) wollte „falsche Zeitrechnung“ beenden

Neu: 30.9.1888 sollte „erster Tag des Jahres Eins“ nach dem „Tode Gottes“ sein

Jubel-Jahre und Kalender

Papst BONIFATIUS VIII. (Benedetto Caetani, um 1235 - 1303) erklärt Jahr 1300 zum Jubeljahr (Versöhnungsjahr)

jüdisch ***Jobel*** Horn des Widders. Sein Klang nach 7×7 Jahren kündigt das 50. Jahr an

Jedermann soll zu den Seinen kommen und die Schulden werden erlassen.

Alle, die in Basiliken der Apostel Petrus und Paulus 30 Tage und alle Pilger, die 15 Tage besuchen

vollkommenen Nachlass der Sündenstrafen, zuvor nur bei Teilnahme an Kreuzzügen möglich.

1343 verkürzt Papst KLEMENS VI. (Pierre Roger, um 1292 - 1352) Abstand der Jubeljahre auf 50,

Papst URBAN VI. (Jacques Pantaléon, gestorben 1264) auf 33 = Lebenszeit von Jesus.

1475 wird der Zyklus auf 25 Jahre = heute reduziert.

Gedruckte Kalender seit JOHANNES GUTENBERG (Gensfleisch, 1397 – 1468)

Hundertjähriger Kalender: Abt *Mauritius; Knauer* (1613-1664) führte ein Tagebuch über das Wetter

→ Ratgeber für Landwirtschaft des Klosters, 40 Jahre nach seinem Tod entwickelten daraus Geschäftstüchtige

Tage/Monate im Jahr ⇒ Kalender

Ägypter 12 Monate mit 30 Tage, feierten dann 5 Tage, um das Jahr voll zu machen,

46 v.Chr.: ***Julianisch*** = 365,25 Tage: GAIUS JULIUS CÄSAR (100 – 44 v.Chr.)

Februar 29 Tage, Ungerade Monate 31 Tage, Außerdem Jahr 46 23 Zusatztage = 445 Tage

8. n.Chr.: GAIUS OCTAVIUS AUGUSTUS (63 v.Chr. - 14 n.Chr.): 6. Monat zum August mit 31 → Februar 28 Tage

1582: ***Gregorianisch*** PAPST GREGOR XIII. (Ugo Boncompagni, 1502 -1585) = 365,2425 Tage, übernommen:

Österreich 1584, Polen 1586, Ungarn 1587; protestantische Gebiete Deutschlands, Dänemarks, Schweiz 1700

Graubünden 1811, Niederlande 1710, England 1752, Schweden 1753 bis 1844, Bulgarien 1916, Sowjetunion 1923.

JOSEPH SCALIGER (1540 - 1609) ***Tageszählung: Konvertierung*** zwischen Kalendern: Gültig 1.1.4713 v.Chr. bis 3267

Jahresanfang

Ägypter Juli (Sirius + Flutwelle Nil)

Römer März

Spätmittelalter: Mitteleuropa vorwiegend am 25.12.
Frankreich vorwiegend Ostern
Britischen Inseln, Frankreich, Deutschland, Italiens 25.3.
Republik Venedig 1.3., Osmanische Reich 1.9
wenige Gebiete Deutschlands 1.1

Ab Gregorianischen Kalender 1. Januar

Monat

Synodischer (2mal Neumond) Mond-Zyklus = 29,53 Tagen = 29 d, 12 h, 44 min, 2,9 s

griechisch synodos gemeinsamer Weg; Zusammenkunft, syn zusammen, hodós Weg

Mitte 4. Jahrtausend v.Chr.: Mondjahr von 12 Mondumläufen, rund 12×30 Tage
Rest wir einzeln entschieden
Hierzu gehören noch die heutigen Bilder des Tierkreises

Chaldäer: Jahr 360 Tage = 360°; (Ev. dabei Tag = 12 »Doppelstunden«, Dutzend, Schock (60) usw.)
Probleme: Brief babylonischer Königs HAMURABI (≈1700 v.Chr.)
befahl **Einschub eines Zusatzmonats**, wenn bemerkt werde, „dass dem Jahr ein Mangel anhaftet“
528 v.Chr. regelmäßig alle 19 Jahre in Babylonien eingeführt

Monat ⇒ Woche

Verhältnis Monat zu Tag ≈30 ist für das menschliche Gedächtnis (7 Chunks) viel zu groß
Deshalb entstand **Woche**, bei verschiedensten Völkern und Zeiten mit 3 bis zu 10 Tagen

In Bibel kommen vor: „Tag“ 2352-mal, „Jahr“ 384-mal, „Monat“ 250-mal, „Woche“ 26-mal.

Sumerer 5-Tage-Woche, Babylonier die 7-Tage-Woche (≈¹/₄ Mondumlauf)
Bezug zur 7 „Wandel“-Sterne: Saturn, Sonne, Mond, Mars, Merkur, Jupiter, Venus (= Wochennamen)
≈ 100 n.Chr. erhielt 7-Tage-Woche neue römische Bezeichnungen von Planeten im Kalender
321 n.Chr. Sonntag als gesetzlicher Ruhetag durch FLAVIUS VALERIUS CONSTANTINUS, (≈274 - 337)
Französische Revolution versuchte erfolglos 10-Tage-Woche (Dezimalsystem)

Heilige Tage: Juden Freitag, Christen Sonntag; Islam Samstag

Wochentage

Tag	Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag
englisch	sunday	monday	tuesday	wednesday	thursday	friday	saturday
französisch	diamanche	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi
italienisch	domenica	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì	sabato
Gestim	Sonne	Mond	Mars	Merkur	Jupiter	Venus	Saturn

Erste Tageseinteilung

Zur genaueren Einteilung eines Tages stehen nur wenige natürliche Mittel zur Verfügung

Eine Möglichkeit bietet die schon um 4000 v.Chr. nachgewiesene **Sonnenuhr**

Der ägyptische Pharao THUTMOSES III. (1479 - 1425 v. Chr.) besaß eine **Schattenuhr**
Das T-förmige Holzinstrument besitzt etwas entfernt vom Stabende einen Querbalken
Es wurde vormittags Richtung Osten, nachmittags in Richtung Westen auf den Boden gelegt
Der Schatten erlaubte dann die Ablesung der Tagesstunden auf entsprechend markierten Längsbalken

Im alten Ägypten, Babylonien, Indien und Alt-Amerika gab es auch **Stufen- und Streiflicht-Sonnenuhren**
Hierbei warfen die Kanten von Treppen und Mauern Schatten zur Zeitanzeige
Solche Uhren hatten gestufte Flächen für die Schatten und vereinigten drei Sonnenuhren in sich

Weniger genaue Zeitmessung bot der **Gnomon** mit dem Schatten eines senkrecht in den **Boden gestellten Stabs**

Umstritten ist, ob auch ägyptische **Obelisk**en zur Zeitmessung benutzt wurden

Alle so bestimmten »Stunden« schwankten mit der **Jahreszeit**.

Ägyptische Astronomie verwendet **Sternuhren**, teilen Nacht in 12 Intervalle = Aufgang bestimmter Sterne

Für **kurze Zeiten** gab es ab etwa 1500 v.Chr. leidliche **Wasseruhren**
1094 n.Chr. riesige chinesische Wasseruhr von SU SONG, alle ≈15 Minuten/Tag ungenau

Weitere Versuche

Sumerer teilten den Tag (»Lichttag« + Nacht) gemäß Schema: Jahr = 12 Monate zu 30 Tagen ein:
12 »**danna**« (jeweils $\approx$ 2 Stunden) und dann = 30 »**ges**« (jeweils $\approx$ 4 Minuten)
Wie sie festgelegt und gemessen und wie genau sie waren ist unbekannt

Babylonier und **Ägypter** Zunächst 10 Tages- + 12 Nacht- + 2 Zwielt- = 24 „Stunden“

Bei den **Griechen** ist eine **Tageseinteilung unüblich**

Römer kannten zunächst nur **Mittagsstunde**, die ein Amtsdienstler auszurufen hatte
Ab 3. Jh. v.Chr. **Vierteilung**, wurde vom Bucinator verkündet, der durch die Stadt lief

Bei „**primitiven**“ **Völkern** ist eine Einteilung des Tages generell unüblich

Die Sanduhr = „Winterwasseruhr“

Zuweilen erwähnt: Athener benutzen sie zur Begrenzung der Redezeit (wahrscheinlich aber falsch)

750 erstmalig in der Literatur erwähnt, vermutlich im Frankenreich vorhanden, auch Hinweise zur Herstellung

Bis 1300 Sanduhren kaum verbreitet

1393 Wirtschaftsbuch eines Pariser Bürgers behandelt die Herstellung von Uhrensand:

„Man nehme Sägemehl von schwarzem Marmor, das neunmal gründlich in Wein gekocht, neunmal abgeschäumt und neunmal an der Sonne getrocknet werden soll.“

1395 Coburger Illustration zeigt Anwendung im Schulunterricht für Bestimmung von Teilzeiten

1400 ca. Sanduhr (Stundenglas) erscheint in der Kunst (Lebenszeit, Tod)

z.B. ALBRECHT DÜRER (1471 – 1528) Ritter, Tod und Teufel

CARL LOEWE (1796 – 1869) Ballade „Die Uhr“

1450 ca. jüdische Schulordnung legt ihre Beschaffung zur Befristung des Unterrichtes fest

1450 ca. Glas-Herstellung wird praktikabler (Venedig, Nürnberg)

1536 Abhandlung über die Technik der Einschnürung der Sanduhrgläser.

1550 Sanduhren existieren als transportable Reiseuhren

1812 letzter Sanduhrmacher im Nürnberger Adressbuch



Ausschnitt: Dürer: Ritter, Tod und Teufel, 1513, Kupferstich, 246×190 mm

Vorteile der Sanduhr

Vorteile: Leichte Handhabung, preiswürdig, pflegeleicht und gute Lebensdauer

Kurze Zeitstrecken leicht und relativ präzise messbar, „Minuten-“, Teilung angebracht

Üblich sind Uhren für $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ und ganze Stunden, teilweise auch 2 oder 3 Stunden

Bei der **Schiff-Fahrt** auch für 12-Stunden

Loggläser für 14- oder 28-Sekunden, 1607 erwähnt für Messung der Fahrtgeschwindigkeit

Als **später** öffentliche Uhren die Arbeitszeiten festlegen, **befristen** Sanduhren die **Pausen**

Es gab auch **Eich-Sanduhren**, später Sekundenpendel = beschwerte Darmsaiten von 1 m Länge.

Die Stunde

Althochdeutsch 8. Jh. **stunta** Stunde, Zeit, Zeitpunkt, **stuntlih** zeitlich, augenblicklich **stundeliche** sogleich

germanischer Stamm **stand** stehender Punkt, Haltepunkt im Zeitverlauf

15. Jh. festgesetzter, an der Uhr markierter Zeitraum

In einem Nürnberger Baumeisterbuch das **Stuntgelt**

Bald auch Inhalt: z.B. Andacht, Versammlung,

16. Jh. Etwas stunden = Aufschub gewähren

Stunde im alten Testament

Im **Alten Testament** kommt die Stunde nicht vor, für die **Juden** hatte sie keine Bedeutung
Zeit ist für sie **nicht Addition** kleiner Elemente, wie Minuten, Stunden und Tage

Erst im Buch DANIEL: jedoch als **Zeitpunkt nicht als Zeitdauer**, etwa: „Es ist nicht die Stunde ...“

Prediger SALOMO; 3.1 (nur einmal, sonst Zeit):

„Ein jegliches hat seine Zeit, und alles Vorhaben unter dem Himmel hat seine Stunde geboren werden hat seine Zeit, sterben hat seine Zeit; pflanzen hat seine Zeit, ausreißen, was gepflanzt ist, hat seine Zeit; töten hat seine Zeit, heilen hat seine Zeit; abbrechen hat seine Zeit, bauen hat seine Zeit; weinen hat seine Zeit, lachen hat seine Zeit; klagen hat seine Zeit; tanzen hat seine Zeit; Steine wegwerfen hat seine Zeit, Steine sammeln hat seine Zeit; Herzen hat seine Zeit; aufhören zu Herzen hat seine Zeit, suchen hat seine Zeit, verlieren hat seine Zeit; behalten hat seine Zeit; wegwerfen hat seine Zeit; zerreißen hat seine Zeit; zunähen hat seine Zeit; schweigen hat seine Zeit, reden hat seine Zeit, lieben hat seine Zeit, hassen hat seine Zeit; Streit hat seine Zeit, Friede hat seine Zeit. Man mühe sich ab, wie man will, so hat man keinen Gewinn davon.“

Klöster und Gebetszeit

Um 320 entstand wahrscheinlich das erste Kloster „Cönebitentum“ in Pachomius in der thebatischen Wüste Ägyptens

Im 6. Jh. Gründung BENEDIKTS VON NURSIA bewirkt Ausbreitung des Klosterwesens in Europa

Im Kloster-Wesen war die festgelegte **Gebetszeit** (Stundengebet, **hora**) wichtig, sie unterbrach die „Arbeit“

Hora wird immer den jahreszeitlichen Schwankungen angepasst, = **kanonische** bzw. Temporal-Stunden

Es gilt die Einteilung: profane ⇔ göttliche Zeit

Problem bereitet die Bestimmung des vorgeschriebenen **Gebets um Mitternacht**, vor dem Morgengrauen (Offizien)

Antike Wasseruhren konnten dazu nur mäßigem verbessert werden

Daher genau abgewogene Kerzen, die außen Zeitmarkierungen z. T. Nägel trugen

Sie fielen beim Abbrennen der Kerze mit einem Geräusch zu Boden

MARTIN LUTHER (1483 – 1546) Stunde ist **vernünftiges Maß für die Predigt**. Langes Predigen keine **Kunst**

Witz: Ein Professor kann über alles reden, nur nicht über eine Stunde ⇒ Doppelstunde ein Problem

Stunde ist ein Maß, das an unser **Gedächtnis** gebunden ist.

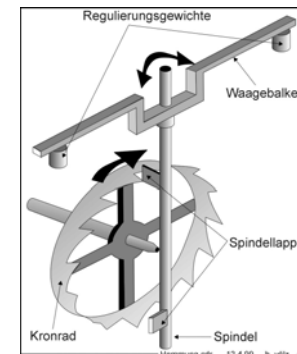
Die Uhr verlangt eine Hemmung

Sie muss bewirken, dass ein **Gewicht sich mit konstanter** (nicht beschleunigter) Geschwindigkeit senkt

1271 Pariser Universität lehrende ROBERTUS ANGLICUS Kommentar zu einem Astronomielehrbuch

„Die Macher von Uhrwerken arbeiten an einem Mechanismus, der sich einmal am Tag dreht, aber sie haben es bisher noch nicht geschafft“

Dagegen bezeugen Berichte von Chronisten um 1300, dass die Hemmung bekannt ist
Könnte mehrfach und an verschiedenen Orten entstanden sein



„Bürgerliche“ Stunde

Mit der genauer gehenden Uhr entsteht die »neue Stundenrechnung«
mit ***konstanter*** Äquinoktial- bzw. „**bürgerlichen**“ **Stunde**
war im Altertum und Mittelalter als horae aequinoctiales nur in der Astronomie „nachts“ durch Sterne vorhanden

⇒ Uhren in den Kirchtürmen

Kirche lässt es zu, ***Bürger*** müssen Einbau bezahlen. ***Stundenschlag*** wichtig
1284 erste mechanische Turmuhr der Kathedrale von Exeter (England) in Betrieb
Uhrwerke in Italien: Orvieto 1308, Modena 1309, Dubrownik 1322, Valenciennes 1325, Parma 1336

Um 1400 besitzen alle europäischen Städte eine öffentliche Uhr

15. Jh. Uhren in den ***Dörfern*** stießen auf wenig Gegenliebe: Stundenschlag nicht notwendig und weit genug hörbar

Viele ***Klöster*** halten lange an der Tradition fest, Zisterzienser bis 1429, italienische Klöster bis Ende des 15. Jh.

Islam verweigert Einführung öffentlicher Uhren
Ansehens des Muezzins gefährdet, nur er kennt rechte Zeit zum Beten

Auch im ***bürgerlichen Leben*** verabredet man sich noch lange:
„bei Sonnenaufgang“, „nach der Frühmesse“, „nach dem Essen“, „zur Vesperglocke“, „auf die Nacht“ usw.

Minute

*Lateinisch **minutus*** sehr klein

gibt es zunächst nur bei astronomischen Angaben
Messen ließen sie sich noch nicht
brachten auch im Alltag keinen Vorteil.

Bei öffentliche Turmuhren gab es ***Minutenzeiger*** vielleicht um 1500, sicher aber seit ca. 1550
Vorhanden auf ***Zeichnung*** LEONARDO DA VINCI (1452 – 1519)

Im ***Mittelalter*** gab es sehr viele ***Vorschläge*** zur Zeiteinteilung

Durch die Räderuhr seit 1345: Stunde = 60 Minuten zu 60 Sekunden

Entspricht Ansatz der Sumerer

Erst Mitte 19. Jh. ins Bewusstsein der Menschen durch ***Eisenbahn***
Mit der Eisenbahn werden auch die ***Ortszeiten*** durch landes-***einheitliche*** Zeiten ersetzt

Sekunde

*Lateinisch **secundus*** der Reihe nach folgend

Eingeführt durch das ***Sekundenpendel*** ⇒ 1 m lang
60 Sekunden = 1 Minute
Zunächst nur für die Astronomie wichtig
1673 Sekundenzeiger in einer Konstruktionszeichnung von HUYGENS vorhanden
1730 erste Uhren erhalten einen Sekundezeiger
1960 dafür ***Ephemeridenzeit (ET)***, engl. Ephemeris Time) betrifft Dynamik des Sonnensystems, ist völlig konstant
1984 umbenannt in ***Dynamische Zeit (DT)***, international abgekürzt, französisch temps dynamique, 2 Versionen

- TDT, Terrestrische (geozentrische) Dynamische Zeit
- TBT, Baryzentrische in Bezug auf das Sonnensystem

Beide im Gegensatz zur ***bürgerlichen Zeit*** (Weltzeit, MEZ); die sich nach der momentanen Erdrotation richtet.

1967 ***SI-*** = ***Atom-Sekunde*** = Internationalen Atomzeitskala ***TAI*** eingeführt gemäß:
= 9 192 631 770 Perioden der Schwingung von ¹³³Cs

Zunächst keine Zeitmessung in der Physik

Griechische Physik und Physik bis ***zum 16. Jh. ist betont statisch***
Es gibt keinen hinreichend genauen Zeitmessungen
so ***fehlen selbst theoretische Betrachtungen zur Dynamik***
Wichtig sind vor allem ***Erhaltungssätze und Invarianzen***, z. B. für Energie.

GALILEO GALILEI (1564 – 1642) fand ***Fallgesetze noch ohne Uhr***, sondern über „regelmäßigen“ ***Pulsschlag***.
Für passende, ***längere Zeitintervalle*** musste er jedoch zusätzlich ***schiefe Ebene erfinden*** (Kugeln laufen langsamer)
Mit der ***Wasseruhr*** (ausfließende Wassermenge) kombinieren:

„Wir beobachteten die Zeit, welche der Ball brauchte, um herunterzulaufen, indem wir dieselbe Beobachtung immer wieder von neuem wiederholten, um uns der Zeit zu vergewissern, in welcher wir niemals die geringste Differenz fanden, auch nicht um den zehnten Teil eines Pulsschlages . . . Und was das Messen der Zeit anbetrifft: Wir hatten einen ansehnlichen Eimer Wasser hoch aufgehängt, aus welchem durch ein kleines Loch im Boden ein dünner Wasserfaden drang, welchen wir in einem kleinen Gefäß auffingen, solange der Ball die Rille hinabließ . . . Von Zeit zu Zeit wogen wir die kleinen Wassermengen, die wir auf diese Weise sammelten, auf sehr genauen Waagschalen; die Unterschiede und Verhältnisse ihrer Gewichte gaben genau die Unterschiede und Verhältnisse der Zeiten, und dies mit solcher Genauigkeit, dass . . . sooft wir die Versuche wiederholten, sie niemals voneinander abwichen.“

Statik ↔ Dynamik

Entscheidend sind die ***Beobachtungszeit*** $T_{\text{Beobachtung}}$ und die ***Stabilitätsdauer*** T_{Dauer} der Struktur/Funktion:
 $T_{\text{Beobachtung}} < T_{\text{Dauer}}$ dann Wahrnehmung statisch ⇔ $T_{\text{Beobachtung}} > T_{\text{Dauer}}$ dann dynamisch

Die Pendelschwingung

1633 hat 70jährig hat GALILEO GALILEI (1564 – 1642) abschwören müssen
1637 veröffentlichten er »Discorsi« = Lehren über die Pendelbewegung, geht auf Beobachtung von 1581 zurück
Ein am Seil aufgehängter Leuchter schwingt unabhängig vom Ausschlag mit gleicher Periode.
Schwingungsdauer steigt nur um 18 %, wenn sich Schwingungsweite von 1 auf 90° vergrößert
Zur Zählung diente dabei wieder sein eigener Pulsschlag: Idee das Pendel für Zeitmessung benutzten
1649 Sohn VICENCIO GALILEI macht ersten Versuch für Uhr, noch wenig erfolgreich
1657 CHRISTIAAN HUYGENS (1629 – 1695) baut die erste funktionierende Pendeluhr
Uhrmacher SALOMON COSTER in Den Haag hat sie nach seinen Anweisungen gebaut
Existiert noch im Museum Leiden. Sie hat auf der gleichen Achse die Zeiger für Stunden und Minuten
1658 In seinem Buch »Horologium oscillatorum« genaue Beschreibung. In einem Brief schreibt er:

„... ich das getan habe, was ihm nicht geglückt ist, und dabei doch weder von ihm noch von sonst jemandem einen Hinweis oder einen Anstoß auf diese Erfindung gehabt habe“.

1664 HUYGENS führt Länge des **Sekundenpendels** ein
1673 **Sekundenzeiger** in Konstruktionszeichnung von HUYGENS, aber erst Industrialisierung im 18. Jh. populär
1674 **Spiralfeder-Unruhe** von HUYGENS eingeführt

Vorher in 300 Jahren tägliche Abweichung der besten Uhren von ca. 45 auf 5 Minuten gesenkt
Jetzt schlagartig auf ≈20, 1720 ≈1, 1820 ≈¹/₁₀ Sekunde

Zeiterstückung führt zum Erschrecken kultivierter und gutsituierter Menschen, für das private Leben **sinnlos**
Marquise MARIE DES SEVIGNE (1626 - 1696):

„Ich möchte keine Uhr haben, deren Zeiger die Sekunden anzeigt; sie hackt uns das Leben zu fein.“

Mechanische Verbesserungen

Uhr gewinnt große Bedeutung für die Seefahrt, ermöglicht u. a. genaue Längenbestimmung
Wolken sind kein Hindernis mehr, für noch höhere Präzision werden mehrfach **Preise** ausgeschrieben

1598 Spaniens König PHILIPP III. 10 000 Taler, später Holland 30 000 Gulden
1714 Britisches Parlament nach Denkschrift von Sir ISAAC NEWTON (1643 – 1727) 10 000/20 000 Pfund
1718 Akademie der Wissenschaften in Paris 2 000 Livres

1704 Mathematiker FATIO englisches Patent **Edelsteine (Rubine)** mit Bohrungen zu versehen, Lagereibung reduziert
Ab 1710 viele **neue Hemmungen** für genauere Schwingungsdauer des Pendels erfunden
„Kompensatoren“ gegen **Temperaturschwankungen** (Pendellänge). Stahl 0,5 s/Grad·Tag = „**Regulatoren**“
1715 GEORGE GRAHAM (1673 – 1751) **Hg-gefüllter Glasbehälter** (Hg hat 17fache Ausdehnung)
1726 JOHN HARRISON (1693 – 1776): Stahlstäbe kompensiert durch Messing, Bronze oder Zink
1755 Le Roy Kompensationsunruhe aus **Bimetall**: Messing, Stahl.

1765 HARRISON erhält nach 40-jährigen Bemühungen den **englischen Preis**
Marine-Uhr Nr. 4 zeigt 1761 auf **61-tägiger Jamaika-Reise nur 9 Sekunden** Verspätung
Greenwich Zeit (=1675 als königliche Sternwarte gegründet) jetzt universeller Zeitbezug = „transpotabel“

1884 Meridian-Konferenz Washington DC, Greenwich Sternwarte = **Null Meridian** (Paris verloren)
1885 Einführung der noch heute gültigen Zeitzonen, **GMT** = Greenwich Mean Time

1920 Präzisionspendeluhr von CLEMENS RIEFLER beste mechanischen Uhr nur wenige ms/d, Sekundenpendel

Spezielle Uhren

Turmuhren

1656 In Rom bauten die Brüder G. und P. CAMPANI ab 1656 **Nachtlicht**-Uhren mit transparentem Zifferblatt.
Nachtuhren ohne Licht an einer Schnur ziehen, löst den nächsten Stundenschlag aus
Auch Möglichkeit durch plastische Zahlen die Uhrzeit zu ertasten
1690 **Gangdauer**n von 3, 6 oder gar 12 Monaten werden in England gebaut
1750 ca. Turmuhren erhalten **Schlagwerk für Viertelstunden**

private Uhren

1380 Erste **häusliche** und **individuelle Uhren** in Italien
1504 Schlosser PETER HENLEIN (1749/50 – 1542) konstruiert Taschenuhr „Nürnberger Ei“
1691 Taschenuhren mit **Minutenzeiger** vom englischen Uhrmacher DANIEL QUARE gebaut
ab 1700 besitzen alle Taschenuhren zwei Zeiger, Genauigkeit ca. 5 Minuten/Tag
1726 erste Schwarzwälder **Kuckucksuhr** entsteht, entwickelt von FRANZ ANTON KETTERER
1760 Erste Taschenuhr mit **Selbstaufzug**
1880 ca. Uhren **industrielles Massenprodukt**, auch einfache Menschen nicht mehr auf öffentliche Uhren angewiesen
1905 **Armbanduhren** erscheinen auf dem Markt
1965 MAX HETZEL entwickelt **Quarzstimmgabel** für Uhren

Stoppuhr

18. Jh. in England wegen des Sports notwendig
20. Jh. **Sekunde** für Berichte von Sportereignissen in Zeitungen

Metronom

1815 JOHANN NEPOMUK MÄLZEL (1772 – 1838) stellt **Metronom** vor (stammt von WINKLER)
LUDWIG VAN BEETHOVEN (1770 – 1827) begeistert,
ROBERT ALEXANDER SCHUMANN (1810 – 1856) *dennoch*: Klaviersonate g-moll, op. 22,
gleich zu Beginn: „So schnell wie möglich“, etliche Takte weiter: „Noch schneller“

Stechuhr

1801 Erste **Stechuhr** gebaut. Maschinenstürmer richteten sich zunächst nicht gegen die Maschinen, sondern gegen die Uhren über dem Fabriktor, galten verhasstes Symbol neuer Unterdrückung

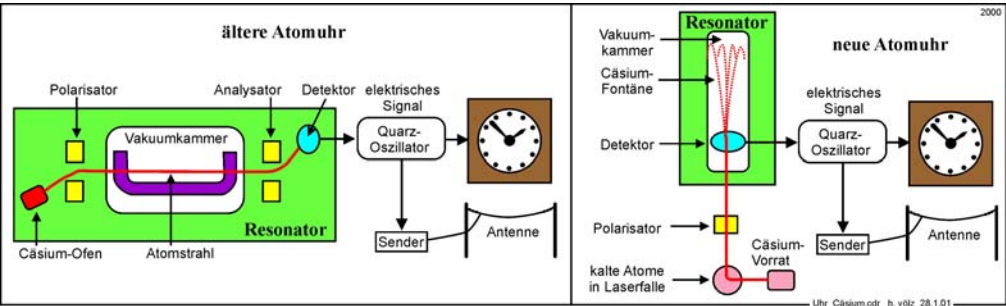
Zur höchsten Genauigkeit

Zwei Takt-Bedingungen

- Sehr hochfrequent um kleinste Zeitabschnitte zu erfassen
- Sehr konstant, wie nachweisen, nur durch komplizierten, lang anhaltenden Vergleich!

Unschärferelation: verbindet Zeit und Energie: Extrem kurze Zeitintervalle → Problem Energieerhaltung

1711 Erfindung der Stimmgabel
1839 Erste elektrische Uhr
1860 Normaluhr in Berlin
1924 Zeitzeichen bei der BBC
1928 erste Quarzuhr von W.A. MARRISON gebaut
1932 ADOLF SCHEIBE, ULRICH ADELSBERGER Physikalisch-Technischen Reichsanstalt: Quarzuhren, Fehler 0,2 s/d.
1935 Nachweis der Schwankungen der Erdrotation, ungleichmäßig auf 10⁻⁸
1935 Deutschen Post führt automatische Zeitansage ein (eiserne Jungfrau)
1940 µs werden beherrscht
1948 Cs-Atomuhr nach amerikanische Physikers Willard Frank Libby gebaut
1949 HAROLD LYONS am NBS, USA erste Atomuhr (Ammoniak-Molekül!), kaum besser als gute Quarzuhr.
1955 LOUIS ESSEN und JOHN PARRY englische National Physical Laboratory (NPL) funktionierende Cs-Atomuhr
1956 Definition der Ephemeriden-Sekunde als ein bestimmter Teil eines Jahres
1959 1.1. Offizieller Beginn der Aussendung von Zeitsignalen über DCF77
1967 Sekunde = 9 192 631 770fache Periodendauer ¹³³Cs, gilt bis heute: Internationalen Atomzeitskala TAI
1968 Atomuhr Caesium-Eins im PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt); 10⁻¹⁴ s/a
1994 Laboratoire Primaire du Temps et des Frequences (LPTF) Paris erste Cs-Fontänenuhr der Welt
1999 CSF1 erste Cäsium-Fontänenuhr der PTB, geht in Betrieb



Messtechnisch: Raum und Zeit

Der Raum wird in der Messtechnik euklidisch und isotrop festgelegt. Daher genügt die Definition einer Längeneinheit.
Die zurzeit gültige Definition erfolgte auf der XVIII. Generalkonferenz der Meterkonvention am 20.10.1983:

Die Basiseinheit 1 Meter (1 m) ist die Länge der Strecke, die das Licht im Vakuum während der Zeit 1/299 792 458 s durchläuft.

Damit ist das Meter auf die Naturkonstante Vakuumlichtgeschwindigkeit von c = 299 792 458 m/s (1983) zurückgeführt

Die Zeit wurde endgültig 1967 durch die XIII. Generalkonferenz für Maß und Gewicht festgelegt

„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.“

Hieraus folgt endgültig:

Zeit wird nicht gemessen, sondern gezählt

Deshalb hängt die Genauigkeit von Zeit von der Periodenlänge, in der gezählt wird, ab
Mit einem Sekundenpendel können nur ganze Sekunden, nicht einmal zehntel Sekunden bestimmt werden.

Strecken sind dagegen halbir-, teilbar usw.

Elementar-Einheiten für Raum, Zeit und Masse

Sir ARTHUR STANLEY EDDINGTON (1882 - 1944) hat wohl als Erster die Basiseinheiten aus Naturkonstanten berechnet
Hierfür hat sich auch MAX KARL ERNST LUDWIG PLANCK (1858 – 1947) eingesetzt
Eine andere Variante stammt von NIELS BOHR (1885 – 1962), ERWIN SCHRÖDINGER (1887 – 1961) und PAUL ADRIAN MAURICE DIRAC (1902 – 1984)

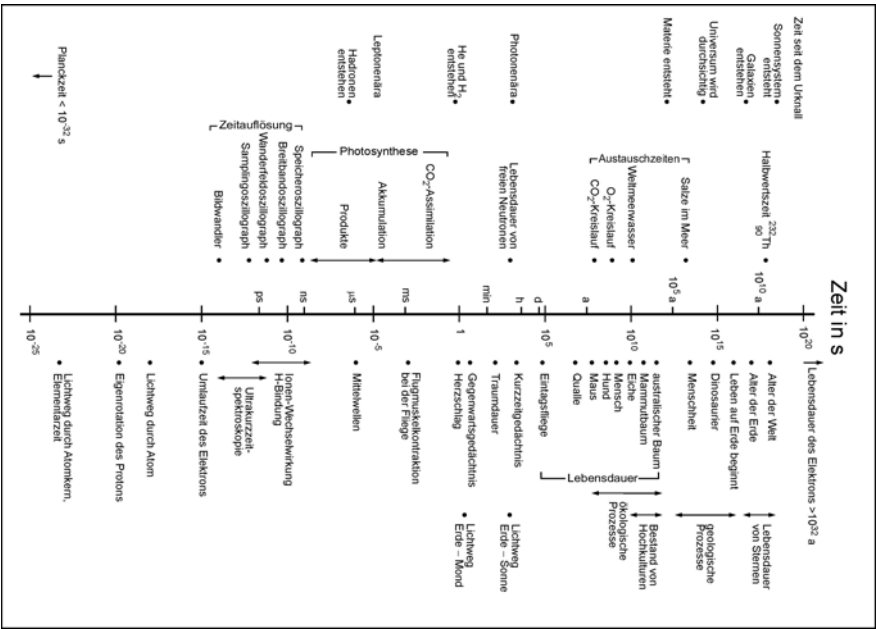
Die gewählten Naturkonstanten sind

PLANCK’sches Wirkungsquantumh 6,62607554 · 10⁻³⁴ J·s
Lichtgeschwindigkeit (im Vakuum)c₀ 2,99792457 · 10⁸ m·s⁻¹
Gravitationskonstantef 6,6725985 · 10⁻⁵ ...N·m²·g⁻²
Ruhmasse des Elektronsm_e 9,10938975 · 10⁻²⁸ g

Größe	PLANCK	BOHR, SCHRÖDINGER, DIRAC
Länge	$\sqrt{h \cdot f \cdot c^3} \approx 4,051 \cdot 10^{-35} \text{ m}$	$\frac{h}{m_e \cdot c} \approx 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
Zeit	$\sqrt{h \cdot f \cdot c^5} \approx 1,35 \cdot 10^{-43} \text{ s}$	$\sqrt{\frac{h}{m_e \cdot c^2}} \approx 8,09 \cdot 10^{-21} \text{ s}$
Masse	$\sqrt{\frac{h \cdot c}{f}} \approx 5,46 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$	$m_e \approx 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Verschiedene Zeiten

- Physikalische Zeit.** Wird außer Astronomie erst sehr spät möglich:
ab 1275 Turmuhren (Hemmung)
1637 GALILEI Pendel als Taktgeber
 $t \in [-\infty \text{ bis } +\infty]$. Messung durch Zählen von Takten;
Geschichte der Messtechnik: Kalender; Stunden, Minuten, Sekunden usw.
Parameter-Änderung: Evolution (Spiele), Entwicklung, Wachstum, Prognose, Rücksagbarkeit
Veränderliche Zeit: Zeitreisen, Relativitätstheorie, Zwillingsparadoxon
- Periodische Zeit:** Tag/Nacht, Mondzyklen, Sommer/Winter, Säen/Ernten, Takt und Rhythmus, Schwingungen, Synchronisation, Wiedergeburt, Experiment
- Endliche Zeit:** Beginn - Ende, Entstehen - Vergehen, u. a. Film, Musik, Gespräch; Geburt bis Tod, Sterne, Lebewesen, Epochen, Regierungen, Staaten
Nutzen der endlichen Zeit, frei von Sünden, Erfolg, viel Schaffen, Freizeit (Sinn des Lebens!) Nach dem **Tod** in *Erinnerung* bleiben: Portrait, Denkmal, Erben, Gute Taten, Leistungen (Werke).
- Einseitige Zeit:** **Nur Beginn:** Schöpfung, Urknall (Ende unbestimmt)
Ewigkeit: Beginn festgelegt, aber Zeit wird nie aufhören (religiös, u. a. Himmel/Hölle)
Mythische Zeiten: unbestimmte (ewige) Vergangenheit (Rituale, Kulturen)
Nur **Ende der Zeit:** Weltuntergang
- Subjektive Zeit:** Langeweile bis Zeit verfliegt, Änderung mit Alter, kürzeste wahrnehmbare Zeit, Gedächtnis



Begriffe für periodische Zeiten

Periode, Resonanz, Rhythmus, Synchronisation, Takt, Zyklus

- Griechisch* **periódos** (περίοδος) Umhergehen, Gang um etwas herum, Kreislauf der Zeit und der Gestirne, regelmäßige Wiederkehr in der Zeit, Zeitabschnitt, abgerundeter Redesatz, Abteilung im Vers.
Lateinische **períodus** Kreislauf, gegliederter Satz und Satzschlusszeichen
- Lateinisch* **resonare** widerschallen, widerhallen, von **re-** wieder, zurück, **sonare** tönen, hallen
- Griechisch* **rhythμός** (ρhythμός), *lateinisch* **rhythmus** gleichmäßige Bewegung, Takt, Gleichmaß, Tonfall der Rede
Zu *griechisch* **rhein** (ρεῖν) fließen, strömen
- Griechisch* **synchronos** gleichzeitig, von gleicher Dauer und Zeit; *griechisch* **chronos** Zeit.
- Lateinische* **tactus** Berührung, Gefühlssinn, Gefühl, **tangere** (**tactum**) berühren, beeindrucken, zurück
- Griechisch* **kyklos** (κύκλος) Kreis, Umkreis, Rad, kreisförmiger Gegenstand, Kreislauf
Lateinische **cyclus** Kreis, astronomischer Zeitkreis, Erd-, Sonnen-, Mondkreis.

Periodische Ereignisse, Rhythmen

- Regelmäßigkeit bedeutet **Sicherheit** und Geborgenheit, Voraussage für die **Zukunft: Hoffnung und Furcht**
Bereits altes **Ägypten:** Erscheinen des **Syrius** → Nilüberschwemmung → Fruchtbarkeit → Aussaat
Faszination des Zyklischen ⇒ Suche nach Perioden ⇒ Astrologie: Sterne sind Gott näher
Bereits im 2. Jahrtausend v.Chr. hatten die **Babylonier:** Sonnenfinsternisse wiederholen sich etwa 18-jährig
THALES VON MILET (≈625 – 547 v.Chr.) hat die Sonnenfinsternis vom 28.5.585 v.Chr. vorausgesagt
Wiederholt sich ein Ereignis **mehrfach, dann** wird es bald **Regel/Gesetz** erwartet
- Offensichtliche**, leicht erkennbare: Sonne, Mond und Sterne, nur **relativ wenig**
 - Willkürliche** (praktische) Festlegungen: Woche, Stunde, Feiertage ...
 - Mit Aufwand** (FOURIER-Analyse, Autokorrelation) finden sie sind oft durch andere Einflüsse – nicht immer Störungen – **verdeckt**
Rechentchnik ab 60er Jahre brachte großen Fortschritt, u. a. 2-Minuten-Rhythmus
Um eine Periode mit T_{Per} zu erkennen, muss **Beobachtungszeit** $T_{Beob} \geq (3 \text{ bis } 20) \cdot T_{Per}$ gelten
Eintagsfliege mit $T_{Beob} \approx 1$ Tag kann keinen Tages- oder gar Jahres-Rhythmus wahrnehmen.
Andererseits muss **Zeitauflösung** der Beobachtung $\Delta t \ll T_{Per}$ sein: 50 Bilder/s erscheinen fortlaufend
 - Physiologische Rhythmen** als interne Eigenschaften des Menschen: Herz, Atmung, Resonanz von Körperteilen
 - Ohne exakte** Begründung, z. B. mythische, psychische:
Hinduismus: Glauben an **Seelenwanderung im Kreislauf** der Zeit, **Reinkarnation**
EMNID-Umfrage von 1979: 26 % der Probanden glauben an Wiedergeburt
Buddhismus: Überwindung des Kreislaufs durch **Verzicht**, dann kann die Seele in den zeitlosen Zustand des Nirwana zur Ruhe kommen.

Wichtige Perioden

Jahresrhythmus

Säen und Ernten, Jahreszeiten, Sonnenwende, Ostern, Weihnacht

Nur wenig am Äquator vorhanden. Daher dann Mondgott (Hauptgott der Sumerer) wichtiger.

Mondphasen

Frühe Menschen: Für nächtliche Jagd war Vollmond wichtig → Monat

Tag-Nacht-Wechsel.

Alte Ägypter hatten Sorge, dass die Sonne am nächsten Morgen nicht wiederkäme

Schufen den ewig lebenden **Sonnengott Re**, der täglich in einer Barke über das Himmelsgewölbe fuhr

Abends tauchte er in die Unterwelt, aus dem er am Morgen unversehrt emporstieg

Mittelbar: **Gezeiten** der Weltmeere

Physiologisch

Schlafen/Wachen, Arbeit/Ruhe, Herz, Atmung, Verdauung, Emotionen

Klöster: Arbeit/Gebet, Anfang 14 Jh. wird der **Stundenschlag** eingeführt.

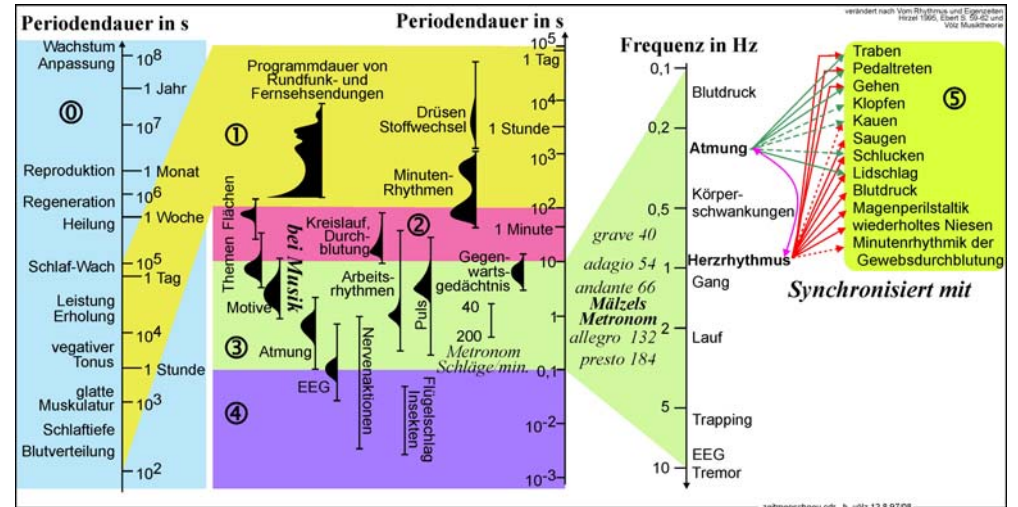
Eigenfrequenzen: Unterarm 1 Hz, Hand 3 Hz, Finger 6 Hz, Gehen von 3 - 4 km/h ca. 1,3 Hz

Tappingtest: Mit Finger oder Hand so schnell wie möglich eine Taste betätigen: 5 bis 8 Hz.

Vibrato der Violine sowie Triller 11 bis 14 Hz.

Bei Insekten Flügel frequenzen bis zu einigen hundert Hz

Musikalischen Tempobezeichnungen ⇒ 1816 Metronom JOHANN NEPOMUK MÄLZEL (1772 – 1838) Schläge/Minute



Resonanz

tritt bei **schwingfähigen Gebilden** auf, LC, Pendel, Saite usw.

Die **pendelnde Energie** ist dabei **groß gegenüber der anregenden** → Verstärkung um Güte G

Geringe Einflussnahme bewirkt sehr große Wirkungen ⇒ **parametrischer Verstärker**

= **Schaukeln** eines Kindes durch sehr kleine Schwerpunktverlagerung

Frequenzselektion beim Rundfunk/Fernsehen/Handy usw.

Resonanzfrequenz wird hoch selektiv aus allen anderen Frequenzen (Störungen) herausgefiltert

Halbwertsbreite Δf ist etwa umgekehrt proportional zur Güte $G \sim 1/\Delta f$.

Synchronisation

Eigenschwingung ω_0 des Systems wird von außen anregende Schwingung ω_a

- **Synchronisation:** In einem Bereich um $\omega \neq \omega_0$ wird $\omega = \omega_a$ erzwungen
- **Fangbereich $\Delta\omega_F$:** Sobald ω_a auftritt erfolgt hier immer Synchronisation
- **Mitnahmebereich $\Delta\omega_M > \Delta\omega_F$,** wenn bereits Synchronität vorliegt bleibt sie auch erhalten

Es ist leichter mit höherer Frequenz $\omega_a > \omega_0$ zu synchronisieren, entspricht Synchronimpuls zu früh

Synchronisation ist auch für ganzzahliges Verhältnis zwischen ω_a und ω_0 möglich

Synchronisation von Gang- : Herzrhythmus = 1:1, Atmung- : Herzfrequenz = 1:4

$\frac{4}{4}$ -Takt der Marschmusik, weiches Schweben $\frac{3}{4}$ -Takt beim Walzer.

Wichtig: **täglicher Hell-Dunkel-Rhythmus** (diurnal, circadian) mit 24 Stunden

Interner Taktgeber (Resonanzfrequenz): Frühaufsteher ≈ 25 Stunden;achteulen ≈ 26 Stunden

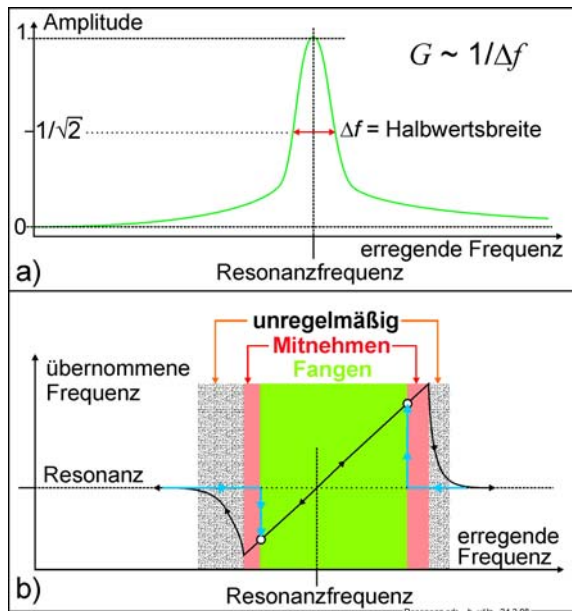
Jetlag beim Flug über mehrere Zeitzeonen, bewirkt „falsche“ Taktung (vegetative Störungen)

Stärke abhängig von Flugrichtung, nach Osten geringer

Bei 14 Tagen im Dunkeln entkoppeln sich sogar Schlaf- und Körpertemperatur-Rhythmus

≈ 33 Stunden für Schlafen/Wachen und ≈ 25 Stunden für die Temperatur

Uhr war wichtiges Instrument zur Synchronisation des gesellschaftlichen Lebens.



Beispiele für ungewöhnliche Synchronisationen

Es gibt Bambusarten, die nur alle 7, 35 oder 45 Jahre blühen.

Im tropischen Pazifischen Ozean kommt der Palolo-Wurm (eunice viridis) vor
Paart sich nur an wenigen Tagen im Jahr zur gleichen Zeit

- Jahresrhythmus: Monate Oktober/November
- Mond: dritte Mondviertel
- Tagszeit z. B. im Meer um Samoa zwischen 24 und 2 Uhr

Immer wieder erleben **Menschen** erstaunliche **Gleichzeitigkeiten (Synchronitäten)**

- Das Telefon klingelt, es ist jemand dran, den man gerade selbst abrufen wollte
- Man überlegt nach dem wenig bekannten „XY“ zu reisen und plötzlich wird überall davon berichtet

Viele Untersuchungen – auch in der Tiefenpsychologie – wurden hierzu durchgeführt.
Doch es gibt (bisher) kein brauchbares Ergebnis
Wirken hier spezielle Zufälle in Raum und Zeit?

Rhythmus und Takt

LUDWIG KLAGES (1872 – 1956) hat als erster den Unterschied deutlich herausgearbeitet.

Bezug	Takt	Rhythmus
Frequenz	so konstant wie möglich bester Wert Cs-Uhr $\Delta f/f \approx 10^{-14}$	stark schwankend um einen Mittelwert, den Takt
Eigenschaften	wiederholt, stur	erneuert, anpassungsfähig, kreativ, ergibt Sinn
Anwendung	Vor allem in der Technik Taktgenerator, Viertaktmotor, Stimmgabel, Uhr Synchronisation	Auf das Leben, den Menschen bezogen Metrum der Musik (aber Taktstrich), Betonung im Gedicht Bewirkt musikalischen, künstlerischen Genuss und Erleben Gefühl für Anstand und Schicklichkeit
Gefahren Probleme	Senkung des thermischen und Quantenrauschen, der Störungen Resonanzkatastrophe, z.B. Kolonne marschiert über eine Brücke Für Menschen ist Takt ermüdend, anstrengend, bei Herzinfarkt schlägt Herz vollständig regelmäßig Klapperverse	

Taktik bei Spielen und beim Militär?!

Endlich begrenzte Zeit

Viel Geschehen hat **ein Anfang und ein Ende**

Etwas fängt an, ändert sich und hört irgendwann auf

Diese **lineare** Abfolge ist nicht umkehrbar $\Rightarrow$ Zeitpfeil

Alle **Lebewesen** und auch der Mensch haben **Geburt – Altern – Tod**

Auf den Zeitpunkt unserer **Geburt** haben wir **keinen Einfluss**, das **Ende** ist **unvermeidbar**

Vor Zeugung und nach Tod gibt es keine **persönliche Zeit**, sie ist plötzlich da und endet genauso abrupt

Ähnliches gilt für: **Blühen – Reifen – Frucht** sowie **Säen – Wachsen – Ernten**

Auch **technische Produkte** haben nur eine endliche Zeit zur Nutzung: **Herstellung - Garantie - unbrauchbar**

Die meisten **Handlungen** sind ebenfalls endlich, u. a. Gespräche, Filme, Musik, Tanz

Längere Handlungen und Zukünftiges fordern **Planung** über z. T. sehr große Zeiträume

Das begann spätestens bei **frühen Hochkulturen**, z. B. Pyramiden, Schiffe, Grenzanlagen und Kriegführung

Große Zeiträume betreffen **Epochen**: Regierungen, Staaten, Steinzeit

So gab bzw. gibt es **8 Hochkulturen**, von der ägyptischen über das griechisch-römische Altertum
bis zur amerikanisch-europäischen der Gegenwart (s. SPENGLER Untergang des Abendlandes)

Ziele in der endlichen Zeit

Frage aller **Philosophen und Theologen** $\Rightarrow$ *Sinn des Lebens*

Wie hat der Mensch seine **Zeit zu nutzen**, Reines *Vergnügen* war (ist?) fast immer verwerflich

Protestantismus: nicht Muße und Genuss, sondern Handeln nach Gottes Willen und Mehrung seines Ruhmes
frei von Sünden, Heil des Einzelnen nach dem Tode

Calvinismus JOHANNES CALVIN (1509 – 1564) Arbeit, Pflichterfüllung im Beruf ist göttliches Gebot, Zinsen zulässig

Einige Orden: Harmonie zwischen Aktivität und Meditation

Individueller, nobler Ehrgeiz

In *Erinnerung* bleiben: Portrait, Denkmal, Erben, Gute Taten, Leistungen (Werke).

Zwischenziele

Abschlüsse, Rituale, Initialisierungen, z. B. Schule, Uni, Lehre, Neujahr, Taufe, Hochzeit usw.

Gegensatz

sich periodische wiederholende Feste, Mythen, wie Weihnachten Ostern usw.

Einseitige Zeiten

Beginn oder Ewigkeit

Griechische Mythologie Kronos (Gott der Zeit) frisst immer von neuem seine Kinder,
um sich durch sie ewig am Leben zu erhalten

Religionen halten es – insbesondere angesichts des Todes – für notwendig,
für die **Seele** die Ewigkeit als Zeit ohne Ende einzuführen. (Himmel/Hölle)

Ewiges moralisches Gesetz in uns bei IMMANUEL KANT (1724 – 1804)

Aktuelle Unendlichkeit (Abzählbarkeit) gemäß GEORG CANTOR (1845 – 1918)

Ewige Gesetze der Naturwissenschaft bzw. des gestirnten Himmels über uns

Urknall; Zeitsingularität vor dem Urknall, Ende der Welt unbestimmt

Zeit der Entropie-Entwicklung (Wärmetod) wird gegen Ende immer langsamer und erreicht es nie
es wird immer mehr von der Vergangenheit „vergessen“

Perpetuum mobile (ca. 17. Jh.) kennt nur die ewige Abfolge von Energie und Struktur
Dadurch kennt es keine Vergangenheit, Gegenwart oder Zukunft

Betontes Ende der Zeit

Es gab immer Szenarien zum **Weltuntergang**

1555 prophezeit NOSTRADAMUS (1503 - 1566) ihn für das Jahr 3797

OSWALD SPRENGLER (1880 - 1936) „Der Untergang des Abendlandes“. 1918 erste Auflage, endgültig 1923
vermutlich 2200, dann neues „Reich“ $\leftrightarrow$ Hitlers 3. Reich

Musik: CARL ORFF (1895 - 1982): „Ende der Zeiten“ („Wir fallen aus der Zeit“)
FRANZ HOHLER (*1943): „Lied vom Weltuntergang“

Singularität der **schwarze Löcher**: Zeithorizont

Subjektive Zeit

RICHARD STRAUSS (1864 – 1949): „Der Rosenkavalier“
Jeweils 1. Akt. Marschallin:

Aber wie kann das wirklich sein,
daß ich die kleine Resi war
und daß ich auch einmal die alte Frau sein werd! ...
Die alte Frau, die alte Marschallin!
»Siehst es, da gehts', die alte Fürstin Resi!«
Wie kann denn das geschehen?
Wie macht denn das der liebe Gott?
Wo ich doch immer die gleiche bin.
Und wenn ers schon so machen muß,
warum laßt er mich denn zuschaun dabei
mit gar so klarem Sinn? Warum versteckt ers nicht vor mir?
Das alles ist geheim, so viel geheim.
Und man ist dazu da, daß mans erträgt.
Und in dem »Wie« da liegt der ganze Unterschied –

Später zu Quin-quin:
Die Zeit, die ist ein sonderbares Ding.
Wenn man so hinlebt, ist sie rein gar nichts.
Aber dann auf einmal,
da spürt man nichts als sie:
sie ist um uns herum, sie ist auch in uns drinnen.
In den Gesichtern rieselt sie, im Spiegel da rieselt sie,
in meinen Schläfen fließt sie.
Und zwischen mir und dir da fließt sie wieder.
Lautlos, wie eine Sanduhr. O Quin-quin!
Manchmal hör ich sie fließen unaufhaltsam.
Manchmal steh ich auf, mitten in der Nacht,
und laß die Uhren alle stehen.

Hans Castorp kommt nach Davos, um seinen kranken Vetter zu besuchen
Ein Schnupfen bewirkt, dass viermal am Tag Fieber gemessen wird
Das führt schließlich zur Depression
Im Bezug auf die subjektive Zeit folgert er dann:
„dass einerseits *Minuten zu Stunden werden und andererseits Tage verfliegen*.“

Hinweis

Jemand ist dann alt, wenn er/sie etwa zehn Jahre älter als man selbst ist
ist jung, wenn er/sie etwa zehn Jahre jünger als man selbst

Umgang mit der Zeit

Die Entwicklung der Uhren und die sehr genaue Zeitkontrolle wirkte sich stark auf das tägliche Leben aus
JEAN-JACQUES ROUSSEAU (1712 – 1778) verkaufte nach der Veröffentlichung „Discours sur les Sciences et les Arts“ seine Uhr: „*Dem Himmel sei Dank, ich brauche nicht mehr zu wissen, wie spät es ist.*“
PAUL LAFARGUE, (1842 – 1911) forderte ein ***Recht auf Faulheit***. Aber zum Faulenzen ist der Mensch nicht gemacht
Erst nach 1800 Wort kam Begriff „*Arbeitszeit*“ in unserer Sprache
Noch neuer ist ***Freizeit***, jene Zeit, die nach (beruflichen) Verpflichtungen übrig bleibt
Ganz neu Begriffe wie ***Logistik*** (Organisation der Zeit), „***just in time***“ = Zulieferung, Arbeit zu genau festgelegter Zeit
Jedoch nur beim ***Schnellkochtopf*** ist es gelungen, gleichzeitig die Zeit zu verkürzen, den Energieaufwand zu verringern und die Lebensmittel schonender zu kochen.
Mitte 19. Jh. betrug in Deutschland ***Anteil der Arbeitszeit*** ca. 30 %, in den 60er Jahre war er auf etwa 14 % gesunken
Obwohl ***Freizeit*** zugenommen hat, wird Zeit zum Träumen, Spielen, Nachdenken, für sich selbst, seine Kinder, Muße, schöpferische Tätigkeit usw. immer weniger
Zeit ist zu „Geld“ geworden: ***Manager***: „Ich arbeite soviel, dass ich dabei mich selbst umbringe und meine Familie kaputt mache. Aber ich verdiene soviel Geld, dass ich es mir leisten kann.“

Zeit ist ***kein Geschenk*** mehr, sondern ein ***Verdienst***. So entstehen u.a. ***Zeitnot, Zeitmangel*** und ***Eile***.
Zeitnot wird dann empfunden, wenn der Mensch nicht mehr wunschgemäß über seine Zeit verfügen kann
Bei ***Arbeitslosen*** kehrt sich der Prozess um. Sie verlieren das Gefühl für Zeit
Wo ***Arbeit*** zum knappen, kostbaren Gut wird, gehört es *zum guten Ton, keine Zeit zu haben*
Wo ***Freizeit*** zum Allerwelts-Konsumgut verkommt, verliert Muße (das Statussymbol der Aristokratie) an Wert und Inhalt. Freizeit müsste künftig vielleicht eine eigenständige und aktive Muße-Kultur werden

Zeit in den Religionen

Alle Menschen haben ***langzeitliche kollektive Erinnerungen***. Sie betreffen ihre Gruppen, Stämme, Völker und Kulturen und wurden in Mythen und Geschichten mündlich weitererzählt. Seit den alten Hochkulturen schriftlich festgehalten

Meist: Zeit verläuft ***zwischen*** der göttlichen ***Schöpfung*** und dem ***Untergang*** der Welt (jüngstes Gericht)
Innerhalb dieser Zeit Heilsgeschichte, Heilserwartung, gelobtes Land

Leugnung des Ende als Illusion bzw. Annahme der ***Unsterblichkeit der Seele*** → ***Ewigkeit***

Insbesondere Mittelalter ***Erwartung der Wiederkunft*** Christi, Erwartung Jahwe

Juden: Gott will die Geschichte auf einen Punkt hinleiten, an dem seine Macht und damit die des jüdischen Volkes aller Welt offenbar wird.

Im ***Islam*** ***kennt nur Gott die Zukunft***. Es ist anmaßend über sie überhaupt zu reden, Der Bezug ist der Koran. Niemand sagt, was er tun wolle, es sei denn, er fügt gleich hinzu, dass er es mit Gottes Hilfe versuchen will

Viele ***Religionen*** der dritten Welt legen ***kaum Wert auf Quantisierung*** der Zeit

Östliche Philosophien sehen die Zeit gelassener, mehr statisch als fließend (s. Indien.)

Naturmenschen empfinden die Zeit mehr ***qualitativ***. Ihre Sprachen sind arm an Ausdrücken für ***Futur*** (s. Afrika)

Für ***Nomaden*** ist es vorteilhaft, möglichst wenig Güter und Geräte zum Überleben zu besitzen. Sie müssen daher mehr mit dem ***Gewicht*** als der ***Zeit sparen***

Zeit in Afrika

Der ***Zeithorizont ist eng***. Der Rückblick reicht ***maximal 100 Jahre***
Es gibt praktisch ***keine Zukunft***, in Ostafrika ist sie z. B. auf etwa 2 - 6 Monate begrenzt
Es werden weltweit die wenigsten chronologischen Datierungen, Kalender und Uhren benutzt
Oft nur ***wenige*** verschieden lange ***Zeitabschnitte***, wie ganz wenig Licht, mehr Licht, Dämmerung, Sonnenaufgang, Sonne neigt sich wieder, direkt nach Sonnenuntergang.
Afrikaner haben ***kaum zu warten gelernt***, sie wollen alles Begehrtenwerte so schnell wie möglich besitzen.
Ein ***Säugling bekommt jederzeit seine Wünsche*** sofort erfüllt.

Zeit in Indien

besitzt die Welt keinen einmaligen Anfang und kein bedeutungsvolles Ende
Für den ***Buddhismus*** ist die Frage nach einem ersten Weltbeginn unlösbar und wird daher abgelehnt
Zeit ist ein ***ewiges Fließen***, was zur Abwertung von Geschichte, Alltag und Arbeit führt
Spiegelt sich in der Musik der ***Raga*** wieder ⇔ europäisches Metrum, Taktstrich
In den klassischen indischen Sprachen gibt es kein Wort für ***Werden***
Verben werden ***wenig*** benutzt, zentral ist das ***Substantiv***
In der modernen ***Hindu***-Sprache bezeichnet das Adverb „***kal***“ gleichzeitig ***gestern und morgen***
Es fehlt ein Verständnis für Zusammenhänge und Geschichtsschreibung
Noch 1953 gab es 30 nebeneinander gültige Kalender

Zeit in Ägypten

Eile gilt als ***Mangel an Benehmen*** und wird daher als teuflischer Ehrgeiz aufgefasst.

Erlebte Ereignisse, Erfahrungen

Es geschieht Etwas, wird von uns (bewusst) **wahrgenommen**, betrifft und beeinflusst uns

So erleben wir geordnete, aufeinander folgende **Erfahrungen. Ereignisse**

Jedes Ereignis ist durch **Dauer Δt** und **Gewicht G** gekennzeichnet

G entspricht unseren Bedürfnissen, Wünschen, Hoffnungen usw., nimmt etwa in der folgenden **Reihenfolge** ab:

- **Weitgehend einmalig**, z.B. Hochzeit, Geburt eines Kindes, schwere Krankheit, bestandene Prüfung ...
- **Emotional betont**, z.B. Urlaub, Kulturelle Ereignisse, Treffen mit Freunden ...
- **Alltäglich**, z.B. Essen, Schlafen, Zähneputzen ...

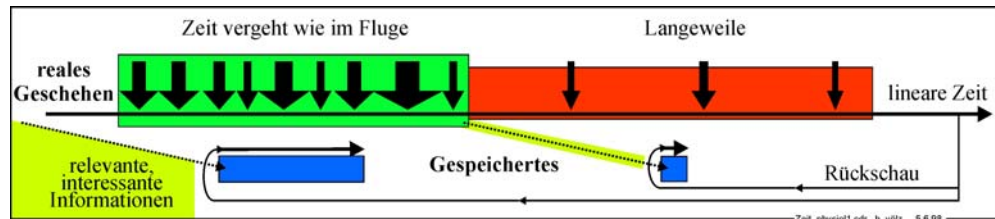
Zusätzlich müsste noch **unser Anteil** an dem Zustandekommen der Ereignisse berücksichtigt werden:

- Wir haben kaum (keinen) Einfluss: Geburt, Tod, Krankheit, **Katastrophen**, Tag-Nacht ...
- Andere(s) sind wesentlich beteiligt: Wirtschaft, Politik, **Verkehrsstau** ...
- Wir haben wesentlichen Einfluss: Geldanlage, Lotterie, **Prüfung** ...
- Wir entscheiden nahezu vollständig: Einkaufen, Brief **schreiben**, Körperpflege, Text lesen, Gedanken über etwas ...
- Andere werden einbezogen, wir beeinflussen Mitmenschen (Verantwortung dafür)

Viele Ereignisse **wiederholen** sich in ähnlicher (gleicher) Weise:

Jahreszeiten, Tag-Nacht, Einschlafen, Erwachen, Essen, Trinken, Zähneputzen ...; vereinfachte Annahmen:

- **Gewicht bei n-ter** Wiederholung beträgt etwa G_0/n
- Ereignisse werden im **Gedächtnis gespeichert**, **Speichermenge/Ereignis $\approx \Delta t \cdot G_{\text{wirksam}}$**



Für die **Erinnerung** – Rückblick auf Gespeichertes – existieren **nur die „wirklichen“ Ereignisse**

Sie nutzt den konstanten Informationsfluss aus dem Gedächtnis mit ≈ 15 Bit/s,

Die **ursprünglich abgelaufene Zeit** und bzw. Zeitdauer der Ereignisse wird so **mehrfach verzerrt**

- Zeiten der **Langeweile** sind **ausgeblendet**, so wird Zeit nicht (nie) gespeichert!
- **Einmalige** und wichtige Ereignisse sind **gut verfügbar** (kaum deren richtiger Zeitpunkt).
- **Wiederholte** Ereignisse sind nur noch wenig deutlich vorhanden
- Trotz der **Rückschau** fließt die Zeit in der Erinnerung aber **vorwärts**

Ereignis $\Leftrightarrow$ Langeweile

Betrachtungen der **subjektiven Zeit** verlangen Bezug zur physikalischen Zeit

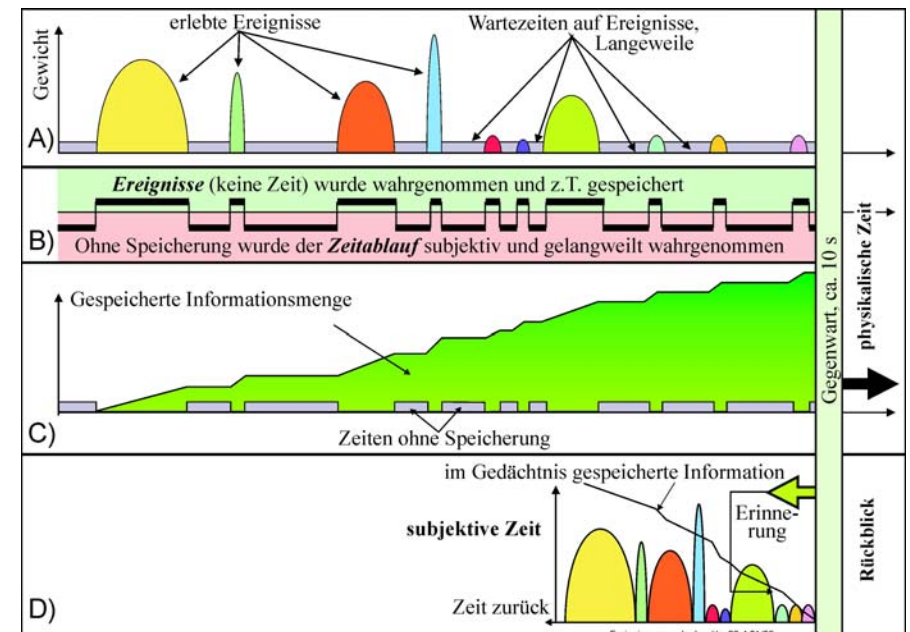
Die **subjektive Zeit** erweist sich dabei irreversibel, inhomogen, unstetig und weicht von der physikalischen Zeit ab

Es gibt zwei wesentlich unterschiedliche Abläufe.

Sie bewirken ein Zeit-Paradox

1. Es gibt Zeiten, in denen wir **nichts Wesentliches erleben**, z. B. beim Warten oder bei eintöniger Arbeit. Hier erleben wir **Langeweile** und spüren, dass die Zeit „dahin schleicht“, nicht vergeht. **Wir erleben, erfahren die Zeit.** In Gedächtnis wird davon aber praktisch **nichts gespeichert**
2. **Abwechslungsreiche**, kurzweilige, angenehme oder unangenehme **Ereignisse**. Sie nehmen uns **so in Anspruch**, dass wir währenddessen **nicht die Zeit wahrnehmen**. Dies geschieht erst nachher. Dann ist die Zeit verfliegen. Aber im Gedächtnis wird **$\Delta t \cdot G_{\text{wirksam}}$** gespeichert

Hinweis: Auch technisches Speichen, besteht darin, den Zeitablauf aufzuheben = beseitigen und verwahren



Änderungen mit dem Älterwerden

Je älter jemand wird, desto **weniger wirklich Neues** erlebt er $\Rightarrow$ Wiederholungen werden immer häufiger

Daher wird mit zunehmendem Alter wird so immer **weniger Information gespeichert**

Das bewirkt eine subjektive **Zeit-Beschleunigung im Alter**

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

Ausgleich

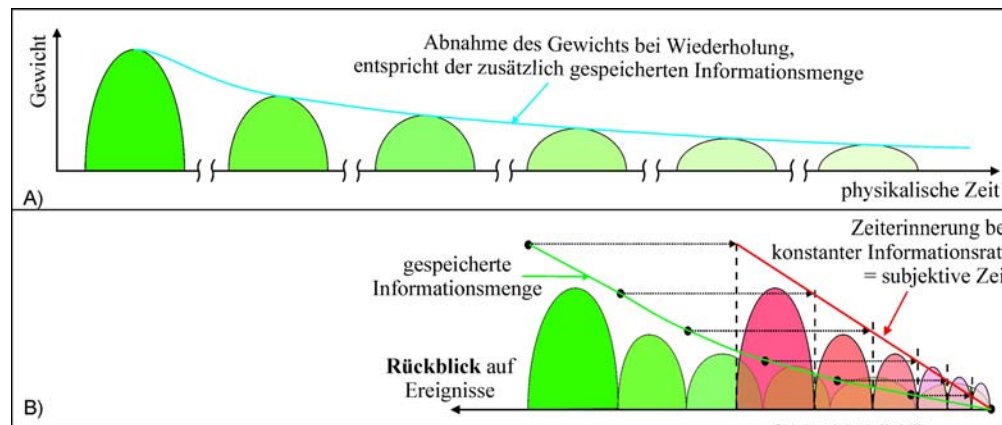
ältere Menschen nehmen Ereignisse wahr, die Kindern selbstverständlich erscheinen

Blühen im Frühling besaß damals kaum Bedeutung

Erlangen so eine Fähigkeit zur differenzierterer Betrachtung (Details) sich wiederholender Ereignisse

Folge: unabhängig vom Alter wird die **zeitliche Mitte des Lebens** auf etwa das 20. Lebensjahr geschätzt

Ähnlich: lange **Erwerbslose** verlieren teilweise das Zeitgefühl.



Bewertungen der subjektiven Zeit

Bewertung	Vergangenheit	Gegenwart	Zukunft
Positiv	Stolz, Zufriedenheit, Würde	Zivil-Courage, Mut, Heiterkeit	Optimismus, Vorfreude, Hoffnung, Zuversicht, Vertrauen
neutral	Aufarbeitung, Vergessen, Erinnern	Gleichmut, Vorsicht, Umsicht, Gelassenheit	Erwartung, Wunsch, Begehren, Ungeduld, Neugier, Ahnung, Glaube
negativ	Verachtung, Unterlassung, Scham, Irrtum, Delikt, Lapsus, Schnitzer, Ärgernis, Leid, Verbrechen	Schüchternheit, Waghalsigkeit, Missstimmung, Trauer	Unruhe, Sorge, Befürchtung, Angst

Zeitschwellen

Kultur-Zeiten

Ausbildung Wochen bis Jahre, **Sozialisierung** und **Organisationen** Jahre bis Jahrzehnte, Kulturen > Jahrhunderte
Wetter betrifft Zeiten von Stunden bis Tage, **Witterung** Tage bis Monate, **Klima** Jahre und länger

Stunden-Bereich

Im **Schlaf läuft innere Uhr** weiter: Viele können beim Aufwachen die Uhrzeit mit auf Viertelstunde genau angeben
 Einige **wachen** sogar ohne äußere Reize (Wecker) **zur gewünschten Zeit auf**
 Nach **Narkose** sind fast keine Zeitangaben möglich

Sekunden-Bereich

Gegenwartsgedächtnis ≤ 10 s, Typische Filmsequenz ≈ 10 s
 Mittelwert der **Motive klassischer Musik** ≈ 5 s
 Reizabstand zum Synchronisieren von Fingerklopfen > 3 s
 Händeschütteln > 3 s wird meist unangenehm empfunden
 (Komplexe) ganzheitliche **Gestalten** werden ab ≈ 3 s wahrgenommen
 Typische Verszeile von Gedichten aller Sprachen ≈ 3 s
 Wechsel bei Kippfiguren ≈ 3 s

Achtung! Schätzungen für **Sekunden** und **Minuten** sind abhängig von Befinden, Verhalten, Erwartung, Aufmerksamkeit, Wachheit und Motivation

kürzeste Zeitschwellen

Dauer von Nervenimpulsen 1 bis 10 ms

Fusionsschwelle = 2 aufeinander folgende Reize werden nur als einer wahrgenommen

Schall < 3 ms, **Sehen** < 20 - 25 ms

verschiedenen Qualitäten

Linkes zu rechtes Ohr 6 ms

Tasten zum Sehen 53 ms

Hören zum Sehen 60 ms

Sehen zum Tasten 70 ms

Sehen zum Hören 160 ms

Beste **Zeit-Schätzungen** beim Hören ≈ 70 ms, z. T. bei ganzzahligen Vielfachen davon erreicht

Ordnungsschwelle ≈ 30 ms

= Reihenfolge angeben, Wert gilt für fast alle Reize

Abstand von Taktsignalen im **Gehirn**

Verzögerung der chemischen Weiterleitung von Signalen der **Rezeptoren**

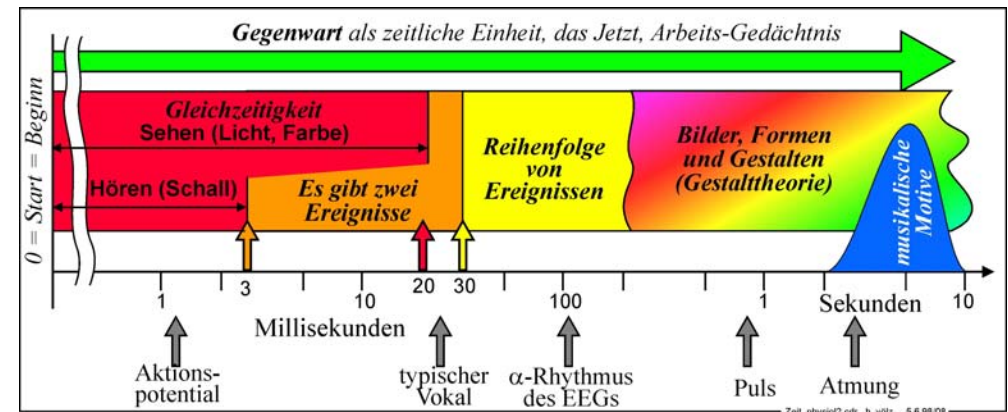
Maximale Dauer der **Reiz-Fortleitung** im ganzen Körper bei ca. 100m/s

Latenzzeiten für **Augenfolgebewegungen**, sequentieller Suchprozess im Kurzzeitgedächtnis

Länge typischer **Konsonanten** (z. B. „d“ oder „t“)

Bei **Aphasie**, **Sprachstörungen** usw. steigt Ordnungsschwellenhäufig auf ≥ 100 ms

Spontan neigen wir dazu, monotonen Geräuschen einen **Rhythmus** zu geben



Blicke in die Zukunft

Betreffen immer **Zukünftiges**, z. B. Wetter, Witterung, Wirtschaft, Wahlergebnis, Gesundheit und Katastrophen

Voraussagen sind meist vorteilhaft fürs **Überleben**, sie bringen Vorteile und **Sicherheit**

Speziell sind u. a. **Orakel**, **Astrologie**, **Prognose**

lateinisch prognosis, im Voraus erkennen und *prognosticare* ahnen, vorhersagen, erheben

Wissenschaftlich folgen aus **Gesetzen/Regeln** und aktuellem **Daten** künftige Ereignisse der Zukunft

Die Zukunft ist offen, daher **können**, aber **müssen sie nicht eintreffen**

Es wird immer Vorhersagen geben, deren Inhalt **unerklärt** bleibt, z. B. Mond- $\leftrightarrow$ Menstruationszyklus

Richtige Vorhersagen haben teilweise theoretische Konsequenzen, z. B. für eine Hypothese

Die **Menge richtiger Voraussagen** bestimmt die **Qualität einer Theorie**

Es gibt jedoch **starke Theorien**, die keine prüfbare Vorhersage ermöglichten, z. B. Strings

Bzgl. des **Vorhergesagten** gibt es **zwei Arten von Vorhersagen**:

- Sie haben darauf **keinen Einfluss**, das gilt vor allem für Naturgesetze
- Sie können sich auf das **Vorhergesagte auswirken**, z.B. in der Soziologie, speziell Wahlprognosen

Selbst **Probieren** ermöglicht brauchbare Vorhersagen, Verstehen ist nicht unbedingt nötig

Bereits Babylonier benutzten so „Zeitreihen“ $\Rightarrow$ Vorhersage THALES DER Sonnenfinsternis 585 v.Chr.

Vorhersagen kann daher auch **Handwerk**, **Technologie** sein

Rezepte sind aber keine Vorhersagen, z. B. Kochrezepte oder etwa

Erz vor dem Schmelzen mit Holzkohle vermischen, um Metall schneller zu schmelzen.

Erklärungen $\neq$ Voraussagen

Sie betreffen **Stattegefundenes**, das bereits **unabänderlich** feststeht und bekannt ist

Kann und braucht nicht mehr vorausgesagt werden

Es werden **Ursache-Wirkungs**-Zusammenhänge gesucht und genutzt

Sie sind geeignet zum Test von **Hypothesen**

Paradoxien

Kausalität kann Unverstandenes auf Bekanntes zurückführen und dabei sogar **Falsches erklären**

Den Physiker und Meteorologen HEINRICH WILHELM DOVE (1803 – 1879) fragte einmal nach seinem öffentlichen Vortrag, woher es komme, dass wir in den Straßen von Berlin im Winter immer fünf Grad Kälte mehr haben wie auf dem Felde. Er wollte sich aber nicht mit ihm streiten. Schließlich wollte der Mann ja auch nur eine Erklärung für seine falsche Beobachtung. Folglich sagte er: „Wegen des Heizens in den Häusern flüchte die Kälte aus denselben auf die Straße und käme dort dichter zusammen. Der Mann war zufrieden und erzählt's auf meinen Namen weiter. Meinetwegen. Ich bin ihn wenigstens los.“

Ähnlich: **Schwarze Schuhe** drücken mehr als weiße, weil sie mehr Strahlung absorbieren und in Strahlungsdruck umwandeln.

Wachstum mit begrenzter Ressource

Anzahl N der Individuen, Produkte oder Marktwert. Zuwachs mit Konstante α proportional zur Anzahl:

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

Durch Integration folgt **exponentielles Wachstum** mit Startwerten t_0 und N_0

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

Endliche Ressourcen begrenzen auf **Maximum M** für $N \Rightarrow$ neue Differentialgleichung

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

Mit **Startwert b** folgt **S-förmige Kurve** für kumulierte Werte N

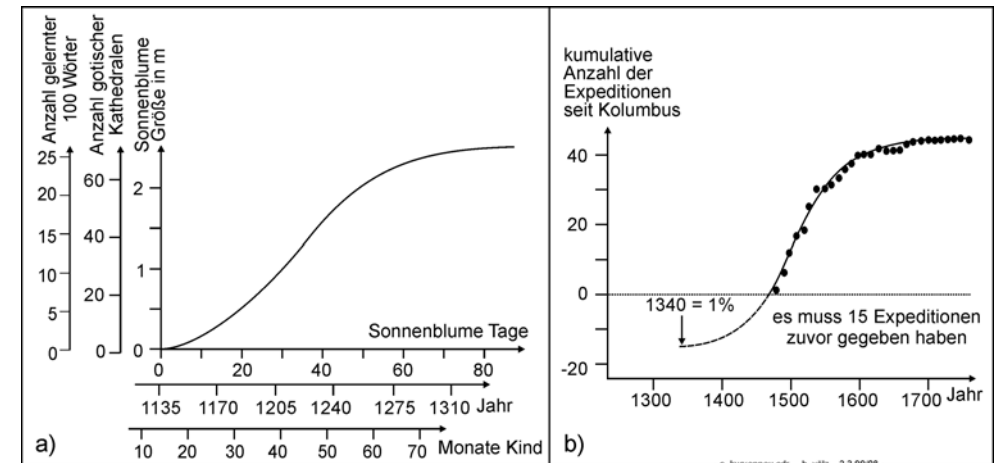
$$N(t) = \frac{M}{1 + e^{-(\alpha \cdot t + b)}}$$

Erstmalig um 1926 von VITO VOLTERRA (1860 - 1940) für **Räuber-Beute-Verhalten** benutzt.

Inzwischen sehr viele Anwendungen, z. B. in [MODIS].

Zusätzliche Möglichkeit: Unbekanntes zu erhalten, z. B. Expeditionen vor CHRISTOPH KOLUMBUS (1451 – 1506)

S-Kurve belegt: **vor KOLUMBUS bereits 15 Expeditionen mit Beginn um 1340.**

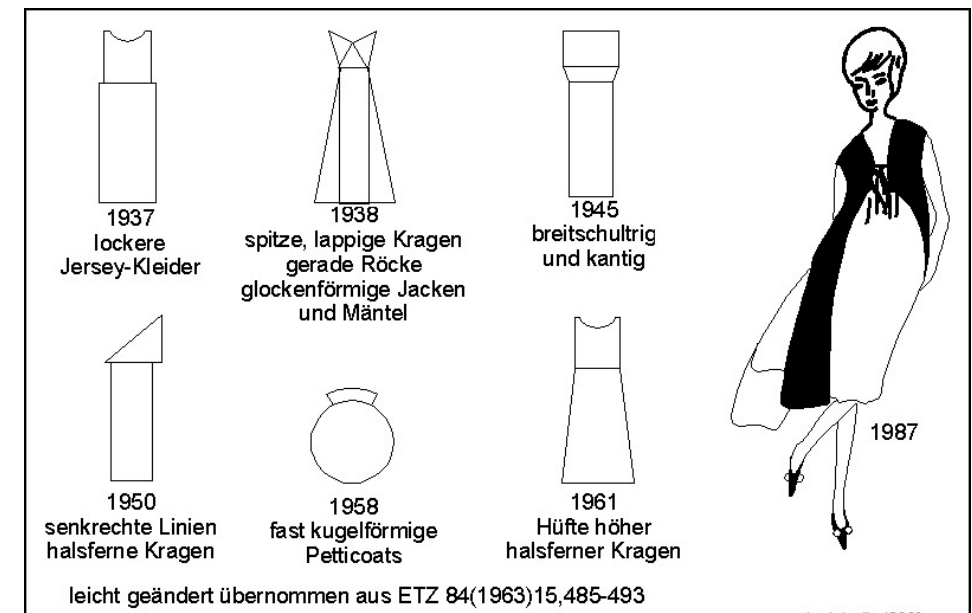


Zur Prognose

Steinbuch, K.: Über die zukünftige Entwicklung der Nachrichtenverarbeitungstechnik. ETZ 84(1963) 15; S. 485 - 493.

Die wissenschaftlich-technische Vorbildung ist meist nicht ausreichend, um die Zusammenhänge zu verstehen. In dieser Situation bildet sich eine seltsame Mischung von Technikfeindschaft und fatalistischem Glauben an die Allwissenheit der „Elektronengehirne“ (eine Bezeichnung, die vermieden werden sollte). Ein Beispiel für diese geistige Einstellung sei mit Bild 11 vorgestellt: Eine bekannte deutsche Illustrierte publizierte im Jahre 1962 unter der Überschrift „Robotor-Mode Anno 1987“ einen Bericht, in dem folgendes behauptet wurde: „...haben Modesachverständige der amerikanischen Zeitschrift Look eine UNIVAC-Rechenanlage im Forschungszentrum von Remington-Rand beauftragt, die Damenmode des Jahres 1987 vorabzurechnen. ... In genau 40 Minuten ... spie UNIVAC das Ergebnis aus - eine genaue Vorhersage über die Damenmode des Jahres 1987. Hier ist sie: Empiere-Linie, im Aussehen zurückgehend auf alte griechische Vorlagen. Die Kleider sind tagsüber länger als am Abend. ...“

Inzwischen sind mehrere Analysen entstanden, z. B. Korrelation zwischen Rocklänge und Börsenkurse



Rücksage $\approx$ Rückrechnung $\neq$ Erklärung

Sie ist keine „eigentliche“ Umkehr der Vorhersage, betreffe Vergangenes, das unabänderlich feststeht
Wissen über Vergangenes erhalten wir über damals **Gespeichertes**, das aber meist erst interpretiert werden muss
z.B. in Archäologie, Geschichte (Dokumente) und Kriminalistik, Problem immer unvollständig gespeichert

Zusätzlich wäre es nützlich, **unbekanntes Geschehenes** der Vergangenheit aus der Gegenwart zu „**berechnen**“
Hierfür hat die Wissenschaft **keine Methoden entwickelt**, es gab (gibt) offensichtlich kein lebenswichtiges Bedürfnis
Auch für **Automaten** und **Algorithmen** ist kein Rückwärts-Schema bekannt

Offensichtlich gibt es keine Rücksagbarkeit

Jedoch Beachten

LAPLACE'scher Dämon benutzt **gespeicherte Daten** und **Gesetze**, die Bedingungen sind aber nicht erfüllt
Bedingten Reflex, Gespeichertes bedingt Verhalten in der Zukunft
Hund, der eine **Spur** (gespeichertes) rückwärts in die Vergangenheit **verfolgt**



Spiele als Beispiele

Viele Spiele sind **endlich**, werden zeit-getaktet gespielt
haben meist Gewinner (oder Remis)
können nicht vom Ende zum Anfang gespielt werden

Weg einer **Billardkugel** kann man gut berechnen, rückwärts nicht, Ort des Stoßes ist nicht zu gewinnen

Schach kann meist wenn nichts gespeichert ist, nicht einmal der letzte Zug bestimmt werden.
Vielfach gibt es vom Ende her mehr Freiheiten als beim Beginn

1970 entwickelt JOHN HORTON CONWAY (*1937) **Life**: Zeittakt = Generationen
Quadratisches Raster der Zellen mit oder ohne Leben (=1) jede Zelle hat 8 Nachbarzellen

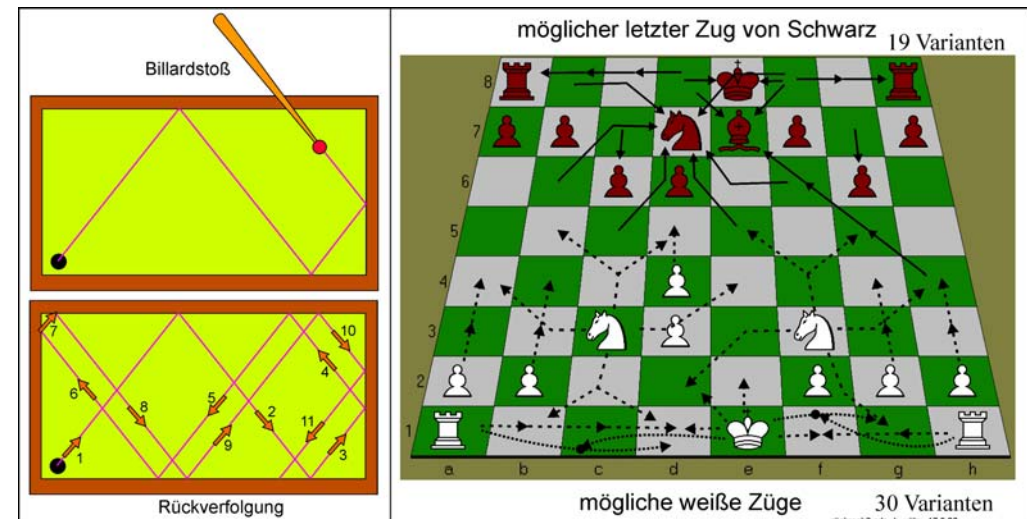
Geburt Leere (tote) Zelle hat genau 3 belebte Nachbarzellen, wird „befruchtet“: Folgegeneration Leben

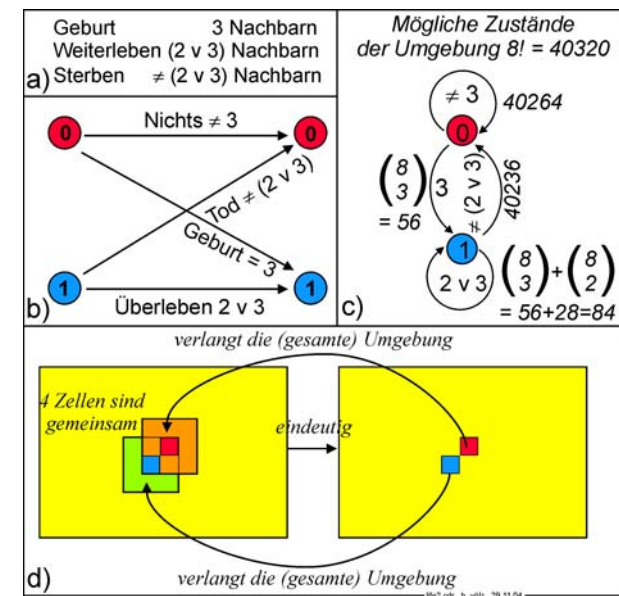
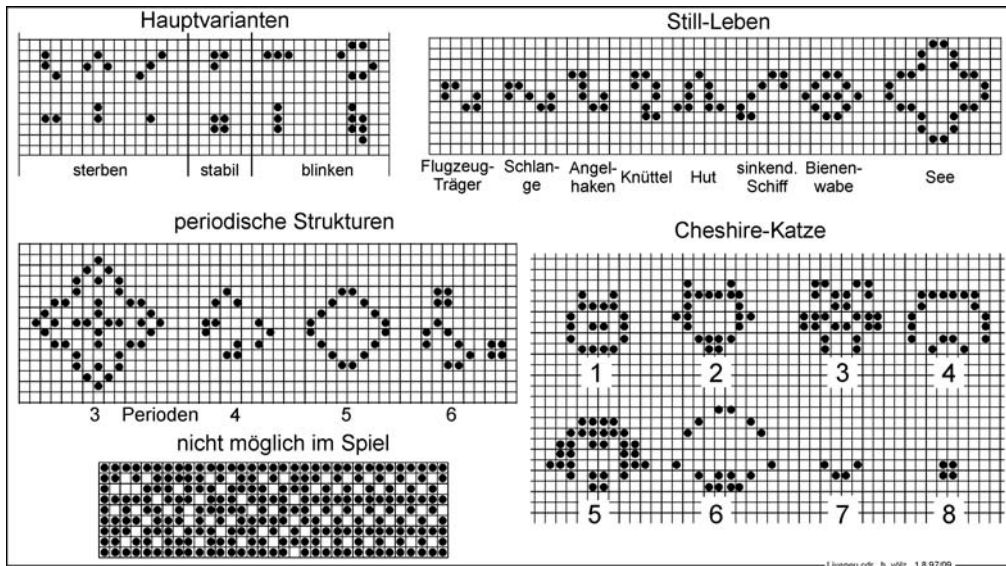
Überleben Belebte Zelle hat 2 oder 3 belebte Nachbarzellen, fühlt sich wohl und lebt weiter

Tod 1 Belebte Zelle hat 0 oder 1 belebte Nachbarzelle, fühlt sich einsam und stirbt

Tod 2 Belebte Zelle hat 4 bis 8 belebte Nachbarzellen, verhungert daher und stirbt

Das Spiel zeigt eine Vielzahl von Struktur-Varianten, darunter
aussterbende, oszillierende, unveränderliche, sich in der Ebene bewegende, ständig neu gebärende und vernichtende





Rückrechnung bei Life ist nicht möglich, verlangt die gesamte Umgebung

Speichern manipuliert Zeit und Raum

Speichern erfolgt zu einer bestimmten Zeit t_0 an einem Ort x_0 und hält dabei aktuelle Ereignisse fest
 Nur bei der technischen Speicherung ist t_0 weitgehend frei wählbar
 Mit den gespeicherten Strukturen (Ereignissen) ist dreifach die gegebene Raum-Zeit zu überwinden

1. Gespeichertes weitgehend unabhängig von der Zeit t , kann zu einer **wählbaren Zeit** $t_w > t_0$ nutzbar gemacht werden
2. Existiert als eigenständiges Objekt, kann auch an **andere Orte** $x_t \neq x_0$ gebracht werden.
 Begrenzung der Transportgeschwindigkeit gemäß $v < c$ (Lichtgeschwindigkeit)
3. Gespeichertes Objekt kann kopiert werden, steht dann **mehrfach an verschiedenen Orten und Zeiten** zur Verfügung

Aus den drei Gegebenheiten leiten sich **zusätzliche Möglichkeiten** ab, die besonders deutlich der Film zeigt

Zeitraffer und **-lupe** entstehen bei Wiedergabe mit abweichendem Zeitmaßstab

Bei **Rückblende** und **Schnitt** werden gespeicherte Zeitausschnitt abweichend zum Aufnahmeablauf zusammengefügt
 so kann neue (fiktive) Bedeutung entstehen, wurde zunächst zufällig entdeckt = Beginn der **Tricktechnik**

Bei einer Filmaufnahme erlitt die Kamera eine Störung. Als sie wieder lief, stand dort, wo vorher ein Bus war, ein Leichenwagen

Speichern kann auch **unerwünscht** sein. Heute allgemein bekannt

Jedoch bereits FRANÇOIS RABELAIS (um 1494 – 1553) benutzt in „Ponocrates und Thélème“ Niezwurz als

Vergessensdroge:

„Damit vertrieb Ponocrates ihm (Gargantua, H.V.) alles aus dem Gedächtnis, was er sich bei seinem ehemaligen Lehrmeistern angeeignet hatte.“

Etwas Relativitätstheorie

Doppler-Effekt

Benannt nach CHRISTIAN DOPPLER (1803 – 1853), machte 1842 Vorhersage zu Sternfarben (Annahme allerdings falsch)
 1845 CHRISTOPH BUYS-BALLOT (1817 – 1890) ein Experiment mit Schallwellen
 Ließ mehrere Trompeter „G“ blasend auf fahrenden Eisenbahnzug gestellt
 1848 entdeckte ARMAND-HIPPOLYTE-LOUIS FIZEAU (1819 – 1896) den Effekt für Licht

Beispiel Schall

Sender mit Frequenz f_S bewegt sich mit v_S gegenüber der ruhenden Luft;
 Empfänger- Geschwindigkeit beträgt v_E bewegt. Dann beträgt wahrgenommene Frequenz:

$$f_E = f_S \cdot \frac{v - v_E}{v - v_S}$$

Vereinfachung für $v_E \ll v$ und $v_S \ll v$, mit $\Delta v = v_S - v_E$ gilt

$$f_E = f_S \cdot \left(1 + \frac{\Delta v}{v}\right)$$

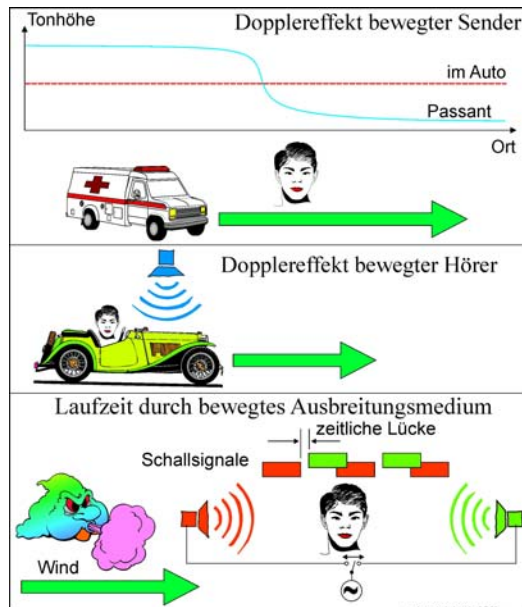
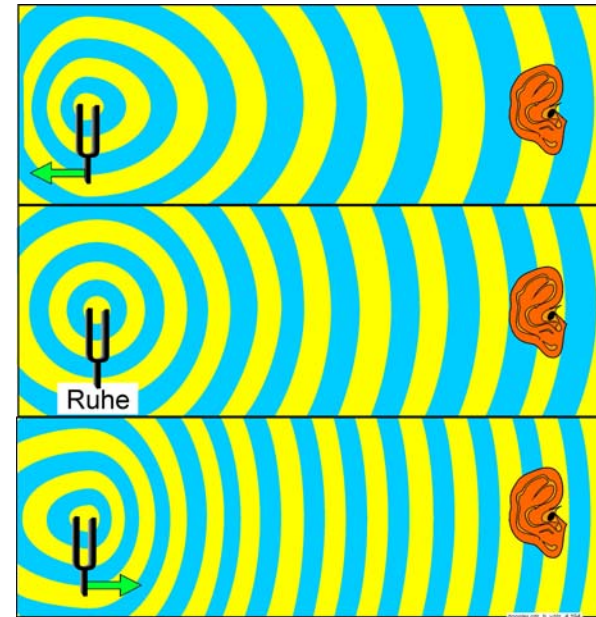
Bei Gasen sind zusätzlich (statischer) Druck p , Volumen V und Temperatur T zu beachten:
 Mit n Molzahl und $R \approx 8,31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ Gaskonstante folgt

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Die Schalldruckänderungen bewirken lokale Temperaturänderungen, sind aber so schnell, dass kein Wärmeausgleich erfolgen kann, daher nicht isothermer sondern adiabatischer Verlauf:

$$p \cdot V^\chi = \text{const.},$$

$\chi = c_p/c_v$ Verhältnis der Wärmekapazitäten bei konstantem Druck (p) bzw. konstantem Volumen (V): Luft $\chi \approx 1,4$.



Zum Äther

Was ist Licht?

Für CHRISTIAAN HUYGENS (1629 – 1695): **Wellen**, kann sich aber nicht durchsetzen

Für ISAAC NEWTON (1643 – 1727): **Korpuskeln**

Um 1800 erreicht THOMAS YOUNG (1773 – 1829) die Anerkennung für **Wellen**

Schall bewegt sich in Medien: Luft, Flüssigkeit oder Festkörper

Elektromagnetische Wellen bewegen sich folglich im fiktiven Äther

Untersuchungen hierzu führen zu widersprüchlichen Eigenschaften

1851 Versuch von ARMAND-HIPPOLYTE-LOUIS FIZEAU (1819 – 1896) in strömender Flüssigkeit

Licht wird abhängig vom Brechungsindex n nur teilweise mitbewegt

$$c' = \frac{c}{n} - \frac{1}{n^2} \cdot v_{\text{Wasser}}$$

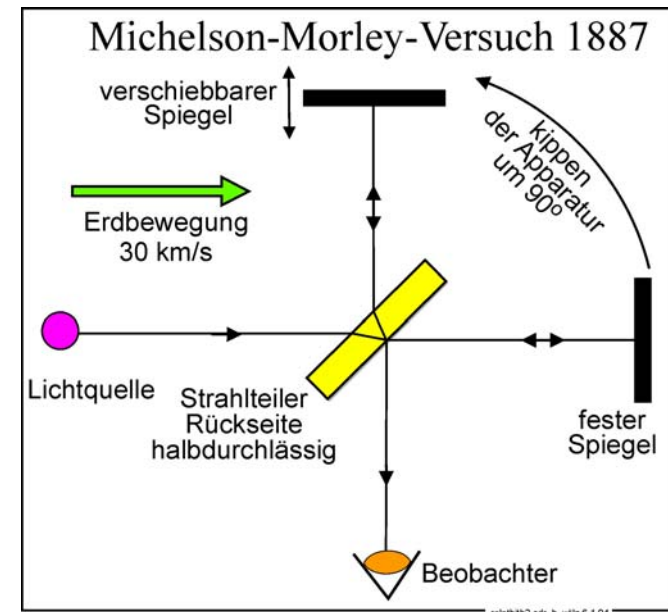
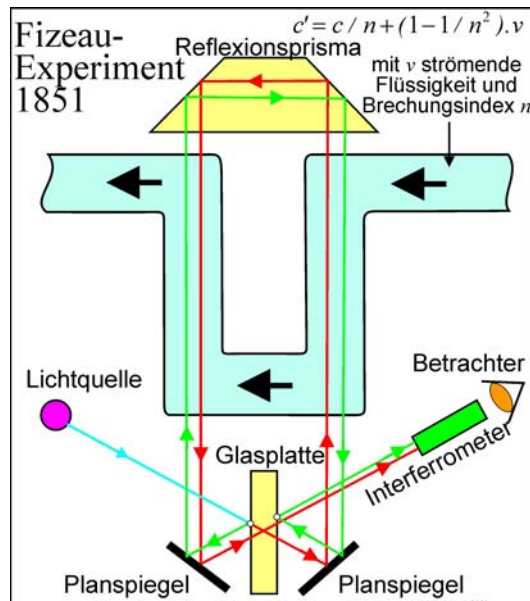
1887 Versuch von ALBERT ABRAHAM MICHELSON (1852 – 1931) und EDWARD WILLIAMS MORLEY (1838 – 1923)

Erdbewegung um die Sonne mit 30 000 Km/s hat keinen Einfluss

Es gibt keinen (ruhenden) Äther. Kritische Frage: worin schwingt die elektromagnetische Welle (ohne „Träger“)

Folgerungen

- Lichtgeschwindigkeit c ist eine absolute *Grenzgeschwindigkeit*.
- Für Licht gibt es viele unterschiedliche (individuelle) *Inertial-Systeme* (lateinisch *inertia* Trägheit)
- Erfordern *Transformation*, die 1904 HENDRIK ANTOON LORENTZ (1853 – 1928) zur Umrechnung aufstellte



Spezielle Relativitätstheorie

1905 von EINSTEIN (1879 - 1955) formuliert: u. a. Jedes System besitzt eigene

- **Weltlinie:** Alles, was hier ist, war und sein wird
- **Jetztlinie:** Alles, was jetzt hier und anderswo ist bzw. geschieht

Ein anderer *Beobachter* (anderes System) hat eine andere Weltlinie

Sie ist parallel zu meiner, nur dann, wenn er sich parallel zu und mit mir bewegt

Bewegt sich mir gegenüber relativ mit v (Bezugswert $\beta = v/c$), dann sind Weltlinien um $\tan(\beta)$ geneigt

Wegen Grenze Lichtgeschwindigkeit $c \geq v$ ($\beta < 1$) ist Sichtbarkeit anderer Systeme auf Kegel mit $\pm 45^\circ$ begrenzt

Als Folgerung entstehen

Zeit-Dilatation (lateinisch *dilatatio* Erweiterung) $\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1-\beta^2}}$

Längen-Kontraktion (lateinisch *contractio* Zusammenziehung) $d' = d \cdot \sqrt{1-\beta^2}$

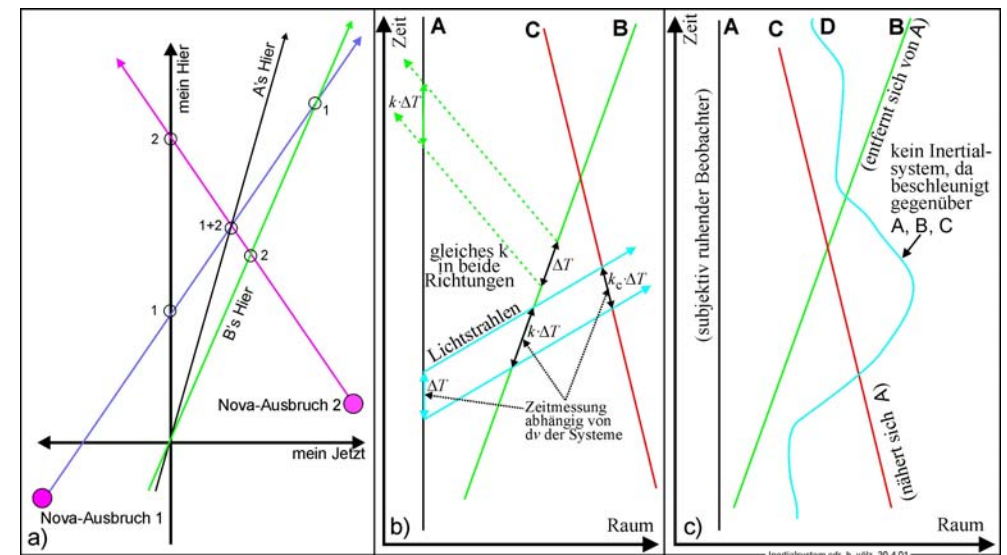
1971 experimentell bewiesen: zwei gleiche, sehr genaue Cs-Atomuhren

Nur eine fliegt 15 Stunden mit Flugzeug 278 m/s, ($10^{-6} \cdot c$)

Zurückgekehrt besteht zur anderen die Zeitdifferenz $\Delta t = 47$ ns, entspricht sehr genau dem theoretischen Wert

Außerdem zeigen **Teilchen** mit sehr hoher Geschwindigkeit **längere Lebensdauer**

Folge: Es gibt **keine Gleichzeitigkeit**



Änderung der Masse

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

sowie Energie-Masse-Äquivalent

$$E = m \cdot c^2$$

Masse und Energie sind miteinander verbunden; m ist hier nicht die Ruhemasse m_0

Folge: Massenzunahme erzwingt **Änderung des Energie-Erhaltungssatzes**

Schwere und träge Masse

1907 fragte ALBERT EINSTEIN (1879 – 1955):

Hängen nur zufällig **Schwerkraft** (Gravitationskraft $m \cdot g$) und **Trägheit** (Beschleunigung $m \cdot b$) von der Masse m ab?

Beispiel **Kettenkarussell**: Gondeln mit oder ohne Insassen schwingen gleich weit aus der Winkel nur von Drehzahl abhängig.

Ersann **Fahrstuhlexperiment**: Kasten ohne Sicht nach draußen

1. Auf der **Erde** wirkt die **Schwerkraft**

2. Im **Weltraum** (ohne Schwerkraft) durch **Beschleunigung** bewegen

Im Kasten wäre kein Unterschied zu merken?

Also muss **Lichtablenkung auch bei Schwerkraft** existieren

Wir **sehen** Geschwindigkeit, aber wir **fühlen** Beschleunigung (und Schwerkraft)

Allgemeine Relativitätstheorie 1913

Sie berücksichtigt auch gegeneinander *beschleunigte* Systeme (gekrümmte Weltlinien)

- **Raum und Zeit** verlieren **Rest an Absolutheit**
- **Raum** ist nicht mehr euklidisch, sondern **gekrümmt**
- **Masse und Raumkrümmung** bedingen sich gegenseitig
- **Schwerkraft** ist Folge der Krümmung
- **Massen** bewirken Lichtablenkung
- Möglichkeit von **Gravitationswellen**

Einsteins größte Eselei

Selbst so bezeichnet

Lösungen der EINSTEIN-Gleichungen sehr schwierig

Für **Stabilität** führt EINSTEIN ohne andere Begründung willkürlich eine **kosmologische Konstante** ein,

1917 **Expansion** des Weltraums wird vermutet

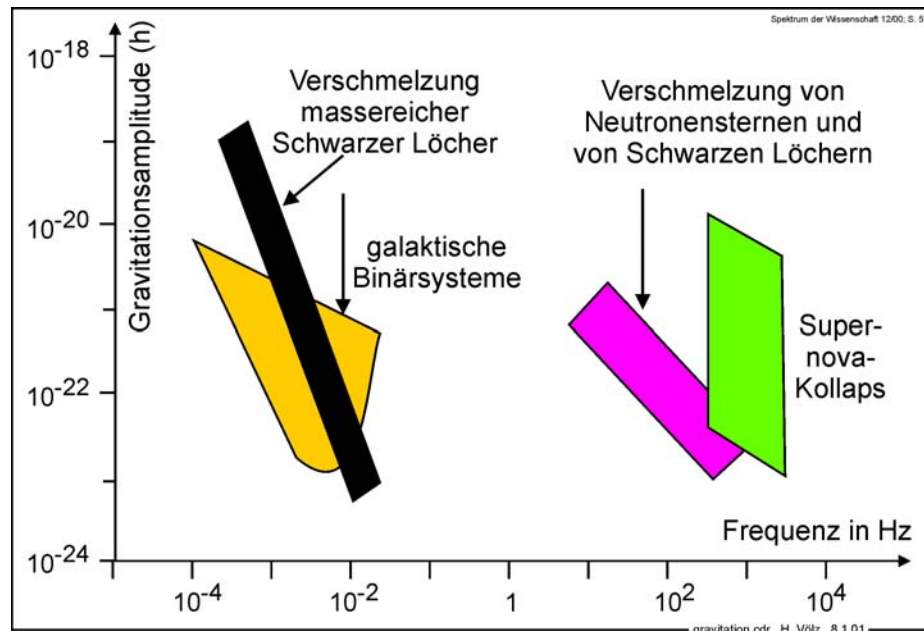
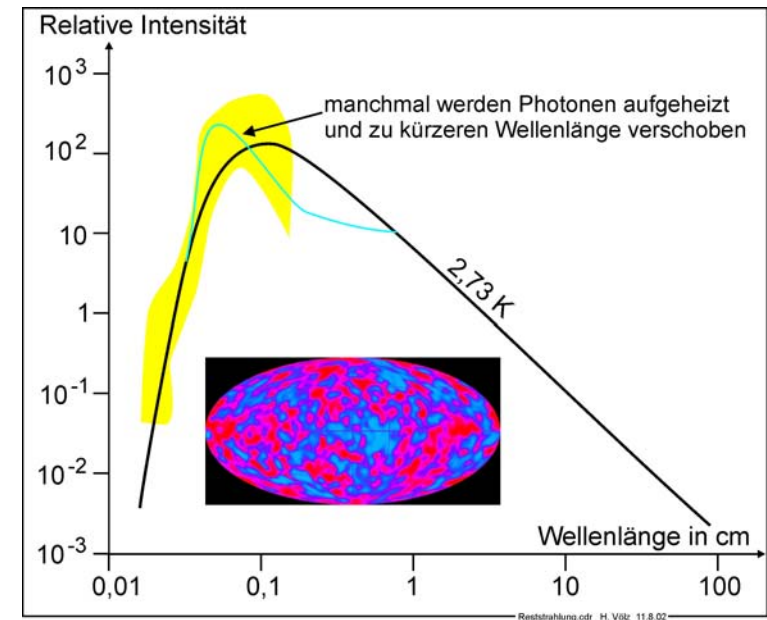
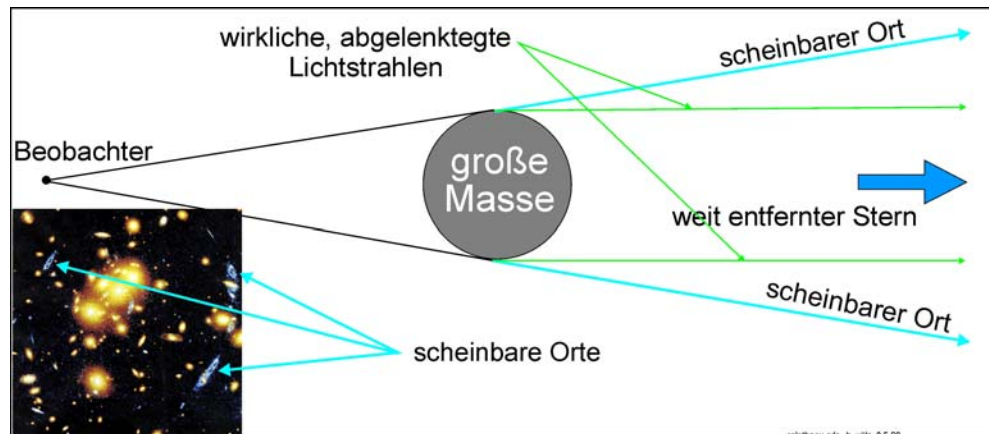
1919 Nachweis der **Lichtablenkung** durch Sir ARTHUR STANLEY EDDINGTON (1882 – 1944) u. a.

1922 ALEXANDER ALEXANDROWITSCH FRIEDMANN (1888 – 1925) **Theorie vom Urknall**

1925 **Gravitations-Rotverschiebung** wird festgestellt

1929 durch Edwin Powell HUBBLE (1889 – 1953) entdeckt **Fluchtbewegung der Galaxien** (Zeitpfeil)

1964 ARNO ALLAN PENZIAS (*1933) und ROBERT WOODROW WILSON (*1936) finden zufällig **2,73 K Reststrahlung**



Zeit-Reisen und -Maschinen

Zeitmaschinen gehören zu den ältesten Mythen, des technologischen Zeitalters

Sie spiegeln unser paradoxes Verhältnis zu Raum und Zeit wider, nur wenige frühe Beispiel

1888 EDWARD BELLAMY (1850-1898) „Looking backward 2000 - 1887“

Hauptfigur bewegt sich in die Zukunft und erreicht das Jahr 2000, in einer friedlich klassenlosen Gesellschaft

1889 MARK TWAIN (1835-1910) „A Connecticut Yankee in King Arthur's Court“

Nach einem Streit erhält der Protagonist einen Schlag mit einer Eisenstange auf den Kopf
Er erwacht wieder im England des 6. Jh. am Hofe des legendären König Artus

1895 HERBERT GEORGE WELLS (1866-1946) „Die Zeitmaschine“ (The Time Machine)

1988 KIP THORNES „Wormholes, Time Machines and the Weak Energy Condition“

Physical Review Letters, Vol. 61, September 1988, 1446-1449 (Wurmlöcher kommen hinzu)

2001 PAUL DAVIES „How to Build a Time Machine“

Zeitskalen

Grafische **Darstellungen zur Vergangenheit** erfolgen oft mittels Zeitskalen

Für möglichst **gleichmäßige Belegung** mit Daten sind angepasste Zeit-Maßstäbe notwendig

Sie müssen oft **nichtlinear, vielfach logarithmisch** sowie **vor- oder rückwärts gerichtet** gewählt werden

Zusätzliche Probleme bei Ereignissen **v. Chr. und n. Chr.** und Bezug auf **Gegenwart** (schnelle Veralterung).

Beispiele

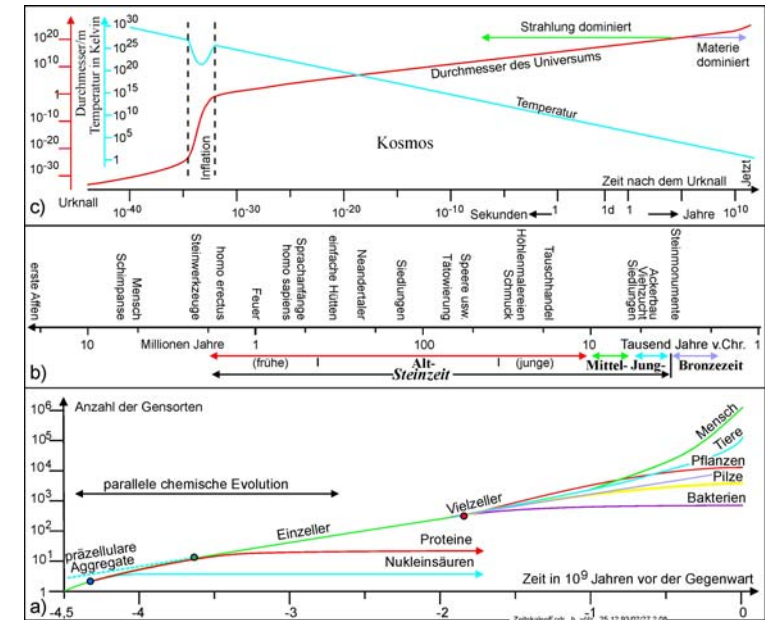
Linearität: Weg x und der Zeit t bei konstanter Geschwindigkeit v gemäß $x = v \cdot t$.

Konstante **Beschleunigung** g z. B. freier Fall $x = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

Vielfach **exponentiell** $x = e^{t/t_0}$, z. B. Radioaktivität sowie Auf- und Entladung von Kondensatoren
z. B. auch individuelle Entwicklung: ein Kind lernt in ersten Tagen, Wochen usw. viel Neues

Umlauf eines Planeten auf **elliptischer Bahn** = 2. KEPLER-Gesetz: **gleiche Flächen in gleicher Zeit**

Bei **Urknall** „rückwärts“ Anfang sehr fein später sehr grob $\Rightarrow$ philosophisches Problem



Geschichten der Dimensionen

*Latein **dimensio** Aus-, Abmessung, Ausdehnung*
Entspricht etwa **Anzahl der Variablen** für Raum und Zeit

ARISTOTELES (384 – 322 v. CHR.): „De caelo“ („Über den Himmel“) nur genau **drei Richtungen** möglich

Pythagoräische Lehre = **Vollkommenheit der Zahl Drei**

GALILEO GALILEI (1564 – 1642): **Kritik:** Warum soll drei vollkommener sein als Vier oder Zwei?

IMMANUEL KANT (1724 – 1804): Zusammenhang Anzahl der Raumdimensionen mit **Abfall der Gravitation** mit $1/r^2$

1884 EDWIN A. ABBOTT: „**Flatland**“ bzw. CHARLES HOWARD HINTON: „A Plane World“ (2D, 4D)

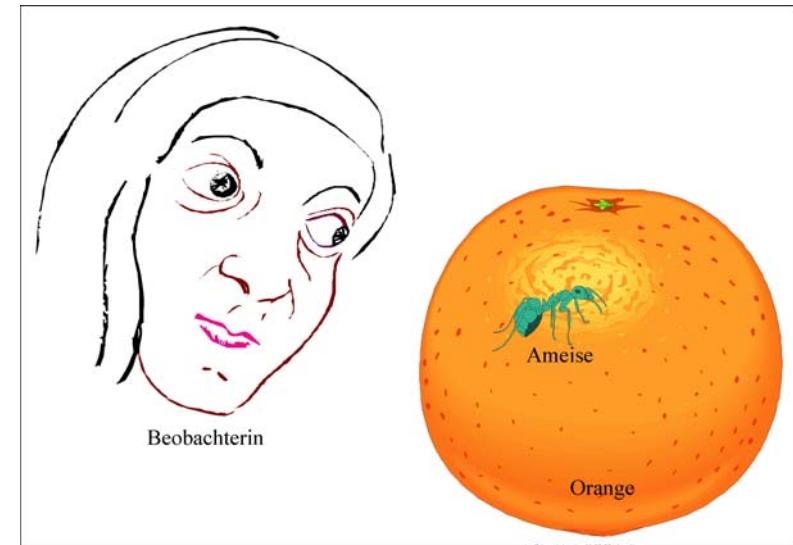
Neue Ansätze bei. HENRI POINCARÉ, RUDOLF CARNAP, ARTHUR EDDINGTON, MAX JAMMER, GERALD JAMES WHITROW

1917 PAUL EHRENFEST erste analytische Lösung des **Zwei-Körper-Problems für unterschiedliche Dimensionen**

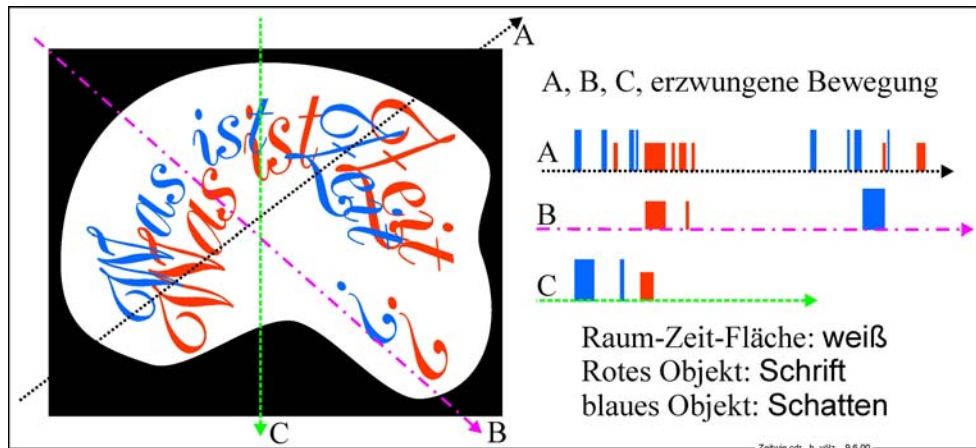
ab 1980 **Superstring-Theorie:** MICHAEL GREEN, JOHN SCHWARZ, EDWARD WITTEN; Bosonen 26, Fermionen 10
Dimensionen notwendig (andere Zahlen möglich)

zusätzliche Dimensionen sind **aufgerollt** Abmessungen $\ll \mu\text{m} \approx$ Atom-Durchmesser

1997 MAX TEGMARK: **<3D keine Gravitation** vorhanden, stabile Bahnen möglich, aber keine ausreichende Komplexität



Welt der Ameise 2D $\Leftrightarrow$ externer Beobachter 3D



Ein „**simples**“ **Lebewesen** wird durch eine flächige Struktur **bewegt**
Es soll **nur Eigenschaften der aktuellen Orte** wahrnehmen können
Dann sind für es **Raum** und **Zeit ununterscheidbar**!
Es hat dann keine Möglichkeit die Gesamtheit zu erkennen
Sie existiert nur für einen externen Beobachter

Für Leben notwendige Dimensionen

Anthropische Gedanken (griechisch *anthropos* Mensch und *logos* Vernunft, Denkvermögen)

Typische **Frage**: Ist intelligentes Leben in einem Universum mit ≈ 3 Raum-, >1 Zeit-Dimensionen möglich?

Wichtige **Kriterien**: Physikalische **Stabilität** und notwendige **Kreuzungen** z. B. bei den Nervenleitungen u.a.

Zeit-Dimension muss Symmetriebruch aufweisen

Ursache $\rightarrow$ Wirkung, nur so sind geordnete Prozessen, bis zur Entwicklung von Leben denkbar.

1955 GERALD WHITROW Für Leben genügt nicht 2D-Raum.

Zwischen Verbindungen der Nervenzellen würden Kurzschlüssen entstehen.

1989 PETER JANICH; Theorie der Dreidimensionalität + Problemgeschichte

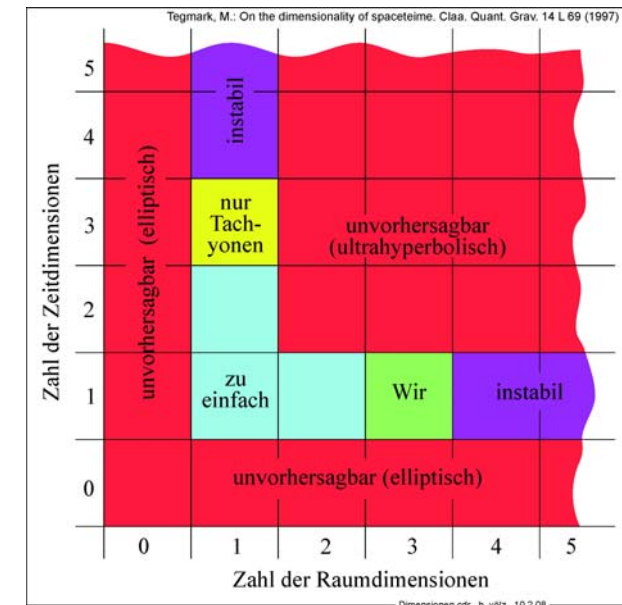
- 3D des Raumes begründen, wann stabile Lösungen des Zwei-Körper-Problems existieren

- 1D der Zeit, sonst Materie geringere Stabilität gegenüber Zerfall

Folge sonst kein Leben, schon gar nicht intelligentes möglich. Begründung langsame Evolution.

Systematisch John D. Barrow [2006, S. 209]

„indem man einige wenige vernünftige Forderungen stellt, die für die Informationsverarbeitung und ein funktionierendes Gedächtnis – also für die Existenz von >Leben< – erfüllt sein müssen. Wenn wir wollen, dass die Zukunft durch die Vergangenheit bestimmt wird, müssen wir alle Felder auf dem Schachbrett entfernen, in denen >unvorhersagbar< steht. Wenn wir wollen, dass stabile Atome und Planetenbahnen existieren, fallen alle Felder mit >instabil< weg. Scheiden wir dann noch Welten aus, in denen es nur Signale gibt, die sich schneller als das Licht ausbreiten, bleibt allein unsere Welt mit ihren 3+1 Raum- und Zeitdimensionen übrig. Darüber hinaus blieben noch einige allzu einfache Welten mit 2+1, 1+1 und 1+2 Dimensionen, von denen man annimmt, dass in ihnen kein Leben existieren kann. So gibt es beispielsweise in 2+1-Welten keine Schwerkraft, und es sind nur äußerst einfache Strukturen möglich, die jede Herausbildung von Komplexität ausschließen.“



Erkennen von Raum und Zeit bei Kindern

Für **Objekte** wesentliche Aussagen von JEAN PIAGET (1896 - 1980) (s. a. OERTER, R., MONTADA, L.):

- Mit <1½ Jahren werden **nur Dinge der Umgebung** im Wortsinn begriffen
- Mit **≈1½** Jahren wird Gefühl gewonnen: Objekt bleibt auch dann dasselbe wenn es sich an **anderen Ort** bewegt oder nach gewisser Zeit wieder sichtbar wird
- Bei >1½ Jahre **bleiben Dinge** – unabhängig davon, was sie mit ihnen anfangen – **existent**
Alle Autos, Kuscheltiere usw. werden zu einer Gruppe (Klasse) zusammengefasst.
Zählen ist nur eine auswendig gelernte **linguistische** Fähigkeit
- Ab **≈4 - 5** Jahre entsteht eine **Verbindung** zwischen den gelernten **Zahlen** und der **Menge** von Dingen

Für Wahrnehmen von **Zeit** ist der 1897 von IWAN PETROWITSCH PAWLOW (1849 - 1936) gefundene **bedingten Reflex** wichtig (so etwas gab es schon mal. s. a. RATHSMANN-SPONSEL)

PIAGET teilt ein:

- Mit **3** Jahren werden **sinnvolle Reihen** von **Vorgängen** und Handlungsabläufen erkannt.
Vorstellungen über Zeitdauern sind noch **nicht** entwickelt.
- Zwischen **3 und 7** Jahren entsteht eine **anschaulicher** Zeitbegriff: größere Steine müssen älter sein.
Folgerung wegen größere Menschen auch älter sein.
Trotz mögliches Uhrablesen existiert **keine Vorstellung über Minute oder Stunde**
- >7 Jahre entsteht **operativer Zeitbegriff**.
Zeit hat an allen Orten die gleiche Gültigkeit, Zeitdauer setzt sich aus gleichen Zeiteinheiten zusammen.
- >9 Jahren entsteht ein **metrischer Zeitbegriff**. Dauer von Handlungen wird einschätzbar.

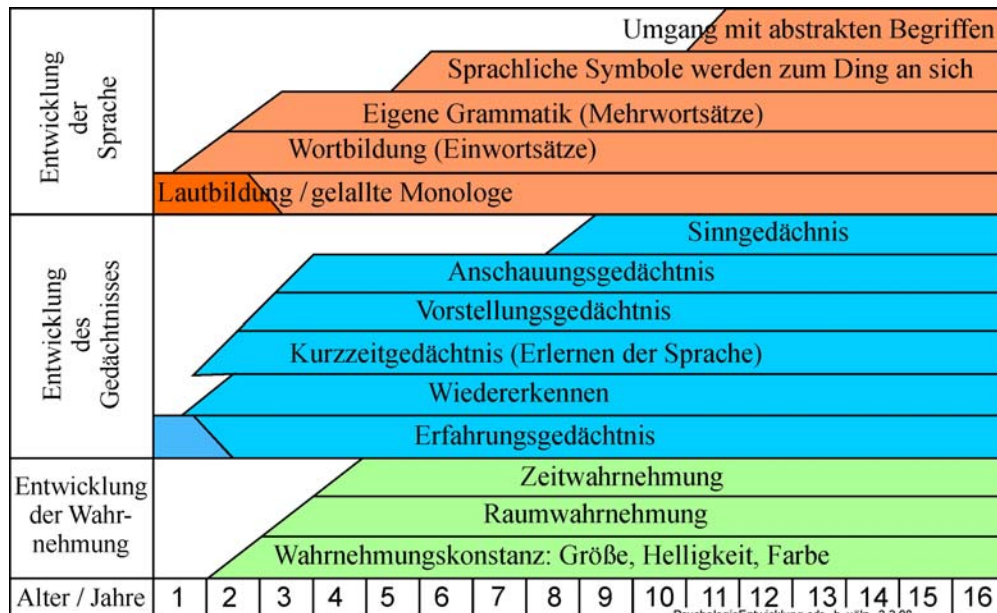
Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 121 von 133

Aussagen in KLEIN

Gemäß Kap. 7.: entsteht bereits im Mutterleib ein Gefühl für Rhythmus. Genauer ab S. 150:

„Schon mit einem Monat können Säuglinge Töne wieder erkennen, die ihnen mehrmals vorgespielt wurden. Einigen Experimenten zufolge merken sie bereits auf, wenn die Länge zweier Laute um zwei Hundertstelsekunden voneinander abweicht. ... Mit weniger als einem halben Jahr können sie bereits komplexe Takte auseinander halten. In Versuchen erkannten amerikanische Babys dieses Alters die vertrackten Rhythmen mazedonischer Volksmusik - eine Aufgabe, an der Erwachsene, wenn sie nicht selbst vom Balkan kommen, fast immer scheitern. ... Erst mit neun Monaten erscheint die Zukunft ... am Horizont: Nun kann das Baby im Durchschnitt immerhin gute sechs Sekunden lang warten, bevor es einen Plan verwirklicht (oder zu schreien beginnt). ... Mit zehn Monaten blickt es schon gute zehn Sekunden voraus. ... Mit etwa eineinhalb Jahren legen Mädchen und Jungen zudem ihre ersten bewussten Erinnerungen an. ... Mit vier Jahren können Kinder schon einen ganzen Tag überblicken. Sie ordnen Bildkärtchen, auf denen Leute aufstehen, Zähneputzen, das Haus verlassen, zu Abend essen und ins Bett gehen, in richtiger Reihenfolge. ... Ein Fünfjähriger kann zwar eine Dauer von einer Sekunde reproduzieren, versagt aber bei längeren Zeiten. Und erst während ihrer Grundschulzeit, wenn sie schon längst das Lesen und Schreiben beherrschen, lernen Kinder, sich ungefähr einen Begriff davon zu machen, wie lange eine Minute dauert. ... Erst im Alter von ungefähr 13 Jahren, mit Beginn der Pubertät, gehen Kinder laut Piaget völlig fehlerfrei mit den Begriffen »früher« und »später«, »längere und kürzere Dauer« um.

Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 122 von 133



Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 123 von 133

Simplex Raum und Zeit erkennen

Zwei Voraussetzungen

1. **Ständigkeit** = Existenz von Objekten mit ständigen Eigenschaften:
z. B. Elementarteilchen, Atome, Moleküle, Strukturen, Geräte, Tiere, Planeten und Sterne.
Oft wird angenommen, Objekte nicht real existent, sondern nur Bestandteil der jeweils gültigen Theorie.
2. **Subjekte** mit Fähigkeit zur Wahrnehmung und Speicherung
vor allem Lebewesen, besonders wichtig der Mensch
können auch technische Einrichtungen, z. B. Messgeräte + Speicher sein, vermeiden von Anthropie!

Es sind folgende Stufen möglich

1. **Erkennen von Objekte** = erste Raum-Konstruktion
2. **Einzel nacheinander erscheinende Objekte** = erste Zeit-Konstruktion
3. **Bedeutung der Periodizität** = Zeitrichtung, Zeitpfeil
4. **Mehrere Objekte nacheinander** = zweite Raum-Konstruktion
5. **Mehrere Objekten mit sich verändernden Beziehungen** = Raum-Zeit-Konstruktion
6. **Änderungen beim Erkennen** = u.a. Vermehrung, Wachstum, Bewegung
7. **Mehrere periodische Prozesse** = Zeitmaßstab
8. **Veränderliche Objekte** = Wieder-Erkennen
9. **Entstehende (werdende) und vergehende Objekte**

Raum_Zeit.doc H. Völz angelegt 27.4.09, aktuell 12.05.2011 Seite 124 von 133

Untersetzung von Raum-Zeit erkennen

1. Erkennen von Objekte = erste Raum-Konstruktion

Es ist nur zu entscheiden, **ob ein Objekt** oder welches **vorliegt**, bzw. ob dessen Ausprägung im Toleranzbereich liegt
Um mehrere Objekte zu erkennen, müssen **Beziehungen, Relationen** zwischen Objekten bestehen
Das führt zu einem zu **Raum-Ähnlichem**
Technisch: CCD-Zeile (Subjekt) erkennt nur Helligkeit von Objekten linear angeordneter Pixel
CCD-Matrix ermöglicht es flächenhafte Anordnung

2. Einzeln nacheinander erscheinende Objekte = erste Zeit-Konstruktion

Eine Fotodiode kann nur ein einziges Objekt erkennen, ermöglicht es aber, **Unterschiedliches nacheinander** zu erkennen
Übergeordneten Beobachter ist notwendig, um zu entscheiden, ob sich das Objekt oder der Empfänger bewegt
Das bewirkt **Zeit-Ähnliches** mit »es war, es ist« bzw. »vorher und nachher«
Zukunft: »Es wird sein« ist noch nicht möglich
Zeit ist deutlich anders als Raum. Wir sind ihr ausgeliefert. Sie läuft ab, ohne dass wir sie irgendwie beeinflussen können.

3. Bedeutung der Periodizität = Zeitrichtung, Zeitpfeil

Mit hinreichender **Speicherkapazität** ist im Nachhinein eine **Reihenfolge (Zeit-Ablauf)** feststellbar.
Treten einzelne Objekte wiederholt auf, so könnte die Zeit auch wechselnd vor und zurück gelaufen sein
Zumindest ergibt sich so etwas **Periodisches**
Das Speichern erlaubt **nur Zählung** der Veränderungen, **Ursachen** bleiben **unerkannt**
Noch **Kein Zeitmaßstab** möglich, denn die Abläufe könnten unterschiedlich schnell erfolgt sein

4. Mehrere Objekte nacheinander = zweite Raum-Konstruktion

CCD-Zeile/-Matrix wird passiv in andere Umgebung gebracht,
Erkennt dabei veränderte Objekt-Anordnungen = anderen Raum; »Parallel-Welt«, bzgl. Zeit kaum Neues
Ähneln den Grenzen unserer Wahrnehmung, entspricht etwa PLATON's Höhlengleichnis

5. Mehrere Objekten mit sich verändernden Beziehungen = Raum-Zeit-Konstruktion

CCD-Matrix erkennt Objekte, die auftauchen und verschwinden.
Einige Objekte »wandern« (fortlaufend) zu benachbarten Orten.
Eventuell treten Änderungen der **Beziehungen** (z.B. der Abstand) zwischen den Objekten auf.
Das ermöglicht erstmals eine Konstruktion, die in etwa Raum und Zeit entspricht.
Die **Größe der Objekte** muss zur Größe/Eigenschaft der Sensoren passen
Ein **Raum** ist nicht unmittelbar, sondern nur mittelbar über Objekte wahrnehmbar.

6. Änderungen beim Erkennen = Vermehrung, Wachstum, Bewegung

Erfahrung zeigt, dass sich Objekte bzw. ihre Beziehungen ändern.
Eine übergeordnete Sicht (externer Beobachter, mehrere Sensoren) lässt drei Möglichkeiten unterscheiden:

- Die Anzahl der Objekte nimmt zu (**Vermehrung**) oder ab (**Sterben**)
- Das Objekt wird größer oder kleiner, **es wächst bzw. schrumpft**
- Es ist ein größeres Objekt, das sich nähert oder entfernt (**Bewegung**).

Ist für einen zweiten Sensor alles unverändert, so liegt dasselbe Objekt vor
Mit drei Sensoren ist entscheidbar, ob ein Objekt näher kommt oder wächst

Bewegung setzt Definition von **Raum und Zeit** voraus

Statik $\leftrightarrow$ Dynamik, sowie Bewegung $\leftrightarrow$ Zeit bedingen sich gegenseitig
Wichtig sind dabei Beobachtungszeit $T_{Beobachtung}$ und Dauer T_{Dauer} der Struktur-Stabilität
Bei $T_{Beobachtung} \ll T_{Dauer}$ gilt statisch (ruhend), bei $T_{Beobachtung} \approx T_{Dauer}$ dagegen dynamisch (bewegt)

Paradoxie des Pfeils von ZENON VON ELEA (Syrakus; 490 – 430 v. Chr.):

Wenn er an irgendeinem Ort ist, muss er dort in Ruhe verharren, sonst wäre er ja nicht dort.
Wenn er sich jedoch bewegt, so kann er an keinem Ort sein.

7. Mehrere periodische Prozesse = Zeitmaßstab

Mehrere Sensoren ermöglichen für Objekte Periodizitäten in der **zählenden** Abfolge zu bestimmen
Der schnellste Wechsel kann als Maßstab für die anderen Wechsel herangezogen werden
Aus übergeordneter Sicht muss dieser Wechsel nicht zeitgleich getaktet sein
Hierzu bedarf es zusätzlicher Annahmen oder Erkenntnisse.
Eine gewisse Sicherheit ist dann vorhanden, wenn fast alle Zyklen immer in einem festen Verhältnis auftreten.

8. Veränderliche Objekte = Wieder-Erkennen

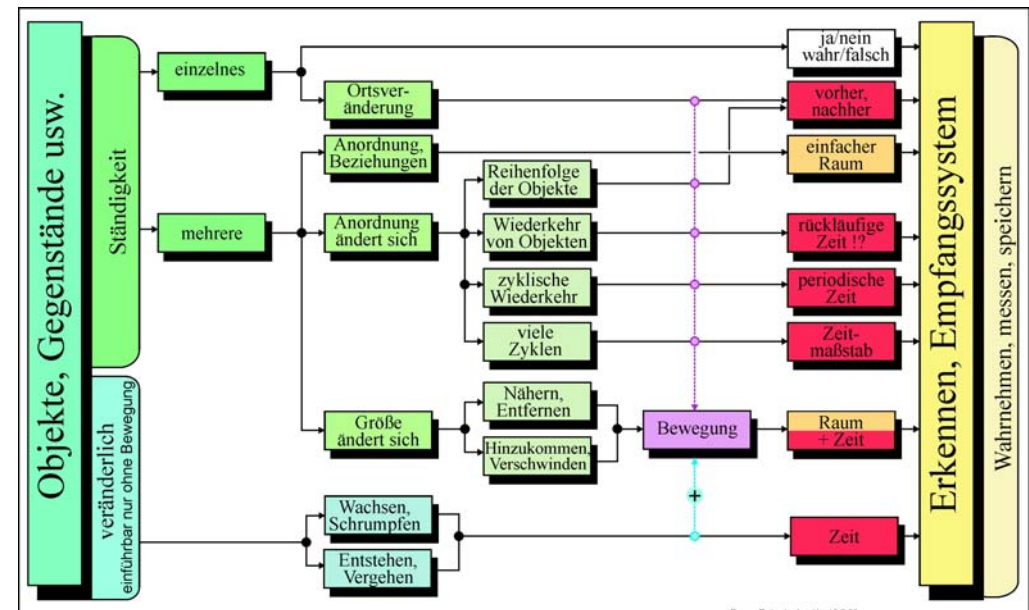
Erfahrung zeigt, dass einige Objekte sich im Laufe der Zeit verändern
Das kann Größe und/oder Gestalt (Aussehen, Form) betreffen
Für das **Wieder-Erkennen** eines Objektes ist notwendig

- das Zusammenfassen mehreren Eigenschafts-Ausprägungen (mehrere Sinne) und
- eine Zeitdefinition

Dabei muss aber zumindest eine Ausprägung unverändert erhalten bleiben.

9. Entstehende (werdende) und vergehende Objekte = Evolution

Für das Entstehen und Vergehen eines Objektes muss zumindest eine typische Ausprägung plötzlich aus dem Nichts entstehen bzw. verschwinden.
Für das »Plötzlich« ist T_{Anfang} bzw. T_{Ende} schwer festzulegen
Als Vergleich wird Zeit seiner Beständigkeit $T_{Bestand}$ herangezogen: $T_{Anfang} \ll T_{Bestand}$ und $T_{Ende} \ll T_{Bestand}$.
Besonders schwierig sind **Gestalt-Änderungen** von Objekten.
Extrem ist z. B. die Metamorphose vom Ei über die Raupe zum Schmetterling.
Hierbei sind weit übergreifende Eigenschaften zur Definition des Objektes (Lebewesens) erforderlich.



Literatur

Barrow, J. D.: Das 1×1 des Universums. Rororo, Reinbeck b. Hamburg 2006

Barrow, J. D.: Ein Himmel voller Zahlen - Auf den Spuren mathematischer Wahrheit Spektrum-Verlag. Heidelberg - Berlin - Oxford, 1994

Barrow, J. D.: Theorien für alles Spektrum-Verlag. Heidelberg - Berlin - Oxford, 1992

Boltzmann, L.: Zu Herrn Zermolo’s Abhandlung „Über die mechanische Erklärung irreversibler Vorgänge“

Bruss, F. Th.; Rüschemdorf, L.: „Wie schnell verfliegt die Zeit?“ Spektrum der Wissenschaft 5/2001, 110 - 112

Dörner, D.: Die Logik des Mißlingens - Strategisches Denken in komplexen Situationen. rororo, Reinbeck bei Hamburg, 1992

Eddington, A.S.: The Nature of the Physical World, New York, Cambridge 1928. Der Ablauf des Weltgeschehens

Eigen M. u. Winkler, R.: Das Spiel. Piper. München - Zürich, 1983

Gell-Mann, M.: Das Quark und der Jaguar. Piper, München 1994

Hahn, I.: Sonnentage - Mondjahre, Urania Verlag, Leipzig - Jena - Berlin, 1983

Hawking, St. W.: Eine kurze Geschichte der Zeit, rororo, Reinbeck bei Hamburg 1988

Held, M. u. Geißler, K. H. A.: Von Rhythmen und Eigenzeiten - Perspektive einer Ökologie der Zeit. Hirzel, Stuttgart 1995

Klages, L.: Vom Wesen des Rhythmus. Niels Kampmann Verlag, Kampen 1934

Klein, St.: Zeit, der Stoff aus dem Leben ist S. Fischer, Frankfurt /Main 2006

Kluge: Etymologisches Wörterbuch der Deutschen Sprache, 24. Aufl. de Gruyter, Berlin 2002.

Landrock, H.: Alte Uhren neu entdeckt, Verlag Technik, Berlin 1981

Lesch, H.; Gaßner, J. M.: Die Dimensionen des Lebens. Ein physikalischer Blick auf die Dimensionen von Raum und Zeit. Physik Journal 2007 H.4. S.31 - 36

Mainzer, Kl.: Von der Urzeit zur Computerzeit, C. H. Beck, München 1996

Mater, E.: Rückläufiges Wörterbuch der Deutschen Gegenwartssprache. CD-ROM 2000

Modis, Th.: Die Berechenbarkeit der Zukunft. Birkhäuser Verlag, Basel – Boston – Berlin 1994

Oerter, R., Montada, L. (Hrg.): Entwicklungspsychologie. 4. Auflag. Psychologie Verlags Union, Weinheim 1998

Penrose, R.: Computerdenken. Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1991

Piaget, J.: Die Bildung der Zeitbegriffe beim Kinde. Frankfurt: Suhrkamp, 1974

Piaget, J.: Psychologie der Intelligenz. Klett. Stuttgart 1966

Rathsmann-Sponsel, I., Sponsel, R.: Grundwissen Zeitbegriff bei Kindern. Literaturliste. http://www.sgpt.org/gipt/entw/zeit/zeit_gw.htm. Download 15.2.08

Russel, B.: on the experience of time, The Monist XXV (1915) S. 212 - 223, Über die erfahrbare Zeit,

Schnabel. M.: Das Zeitverständnis des Kleinkindes: Download 15.2.08
http://www.familienhandbuch.de/cmain/f_Aktuelles/a_Erziehungsfragen/s_217.html

Smart, J. J. C.: The river of time; Mind LVIII (1949), S. 483 - 494 (Der Fluss der Zeit)

Stangl, W.: Arbeitsblätter Entwicklungspsychologie: download 2.3.08:
<http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/PSYCHOLOGIEENTWICKLUNG/Entwicklung.shtml>

Völz, H.; Ackermann, P.: Die Welt in Zahlen und Skalen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg - Berlin - Oxford, 1996

Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 1 Grundlagen und Anwendung in Natur, Leben und Gesellschaft. Shaker Verlag Aachen 2003

Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Shaker Verlag, Aachen 2001

Völz: H.: Wissen - Erkennen - Information. Datenspeicher von der Steinzeit bis ins 21. Jahrhundert. **CD** Digitale Bibliothek Bd. 159, Berlin 2007 (enthält auch Bd. 2 u. 3 Handbuch der Speicherung)

Weis, K. (Hrgb.): Was ist die Zeit. dtv, München 1996

Weizsäcker, C. F. v.: Zeit und Wissen. dtv, München, 1995

Wenndorff, R.: Im Netz der Zeit - Menschliches Zeiterleben interdisziplinär. Hirzel, Stuttgart 1989

Wenndorff, R.: Zeit und Kultur. Westdeutscher Verlag, Opladen, 1980

Zemanek, H.: Bekanntes & Unbekanntes aus der Kalenderwissenschaft, Oldenbourg, München 1978

Zimmerli, W. Ch.; Sandbothe, M. (Hrg.): Klassiker der Modernen Zeitphilosophie, Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt 1993

Anhang: Zeittabelle

v. Chr.

5000 ägyptische Gelehrte beginnen Kalender auszuarbeiten

4713 1.1 Begin der Tageszählung nach Joseph Scaliger (1540 - 1609), noch gültig

4000 erste nachgewiesene Sonnenuhr

3761 7.11. Kalender der Juden beginnt (Welt erschaffen)

3700 König Sargon von Babylon besitzt Kalender für künftige Mondfinsternisse

3300 erste Steinkreise in Irland

3000 Sonnenuhr existiert in China, Indien und Ägypten

2781 Beginn des ägyptischen Kalenders

1650 Stonehege (Kalenderrechnung , Berechnung von Finsternissen)

1550 Erfindung der Sanduhr

1320 tragbare Sonnenuhren in Gezer (Israel)

850 ca. König Alfred von England erfand die Kerzenuhr

550 Anaximandros stellt in Griechenland die erste Sonnenuhr auf

400 Wasseruhren werden zur Begrenzung der Redezeit vor Gericht benutzt

330 Römer benutzen auf Reisen die von Parmenio konstruierte Taschen-Sonnenuhr

150 Ktesibios Von Alexandria stellt in Griechenland eine automatische Wasseruhr her, die als Wasserein- und Wasserauslaufuhr mit einem Räderwerk kombiniert ist

55 Julius Cäsar bemerkt beim Aufenthalt, dass britische Sommernächte kürzer als italienische sind

46 Julius Cäsar lässt durch seine Astronomen die erste Kalenderreform durchführen (Julianischer Kalender) 365¼ Tag, Schaltjahr, geht mit Einführung des Christentums verloren

n. Chr.

321 Konstantin führt mit der Wendung zum Christentum die 7-Tage-Woche ein

725 Uhr mit mechanischer Hemmung in China

800 Sanduhren kommen zur Anwendung

900 Erfindung von Räderuhren in Mitteleuropa

1270 Erfindung der mechanischen Räderuhr mit Gewicht und Hemmung

1284 Die erste mechanische Turmuhr wird an der Kathedrale von Exeter (England) in Betrieb genommen

1337 baut Roger v. Stoke die berühmte astronomische Uhr für die Kathedrale von Norwich

1345 Gliederung der Stunde in 60 Minuten und diese in 60 Sekunden, Sekunde der 86400 Teil des mittleren Sonnentages

1380 Erste häusliche und individuelle Uhren in Italien

1429 die Zisterzienser führen als letzte die gleichmäßige Stundenregelung ein

1504 Schlosser Henlein konstruiert Taschenuhr ("Nürnberger Ei") 1510?

1573 Der Minutenzeiger wird eingeführt

1581 Galileo Galilei entdeckt das gleichmäßige Schwingen von Pendeln

1582 4.10. Papst Gregor XIII. verkündet Kalenderreform tritt in Kraft: 4. -> 15. Oktober.

1602 Francis Bacon „Die nämlliche Geburt der Zeit“ (linear)

1638 Galileo Galilei veröffentlicht seine Gesetze über die Pendelbewegung

1657 Huygens erfindet Hemmung für Pendel, regelmäßige Kraftzufuhr, Pendeluhr, wirklich funktionierende Pendeluhr

1664 Huygens führt Länge des Sekundenpendels ein

1675 königliche Sternwarte in Greenwich gegründet

1687 Isaac Newtons Schrift über absolute und relative Zeit erscheint

1691 Papst Innozenz XII. legt erneut fest, dass das Jahr gemäß der Dionisischen Zeitrechnung von 525 n.Chr. am 1.1. zu beginnen hat

1691 Minutenzeiger wird vom Uhrmacher Daniel Quare in Taschenuhren eingebaut.

1704 Mathematiker Fatio erhält Patent für Edelsteine (Rubine) mit Bohrungen zu versehen

1711 Erfindung der Stimmgabel

1715 Kompensationspendel mit Quecksilber durch George Graham

1726 erste Schwarzwälder Kuckucksuhr entsteht, entwickelt von Franz Anton Ketterer

1726 Rostpendel Kompensation von Harrison

1736 Harrison baut Chronometer für Seeschiffahrt

1755 Franzose Le Roy erfindet bimetalliche Kompensationsunruh (Messing, Stahl)

1760 Erste Taschenuhr mit Selbstaufzug

1762 John Harrisorn gewinnt mit seiner vierten Seeuhr den großen englischen Staatspreis 1/2 Minute im Jahr

1783 Benjamin Franklin schlägt Sommerzeit vor

1801 Erste Stechuhr gebaut

1814 27.11. Winkel bittet Mälzel sein Metronom zu verbreiten

1820 Stoppuhren mit getrenntem Sekundenwerk werden gebaut

1834 Johann Heinrich Scheibler exakte Frequenzmessungen, Ton a₁ die 440 Hertz zu

1839 Erste elektrische Uhr

1860 Normaluhr in Berlin

1865 Clausius führt den Entropie-Begriff ein (tropos = Wendung)

1871 Maxwellscher Dämon (Türe, Geschwindigkeit), 1879 von Lord Kelvin so bezeichnet

1872 Boltzmann untersucht Irreversibilität aus mikroskopischer Sicht

1880 Greenwich Meantime für England offiziell
1885 Einführung der Standard-Zeitzone für den Erdball, noch heute gültig
1893 Definition der Sekunde
1895 H. G. Wells Zeitmaschine erscheint
1895 Lorentz führt Transformationen mit Ortszeit ein
1904 Film mit Zeitlupe und Zeitraffer wird möglich
1905 Armbanduhren erscheinen auf dem Markt
1906 Dritter Hauptsatz der Thermodynamik
1907 Paul und Tatiana Ehrenfest erfinden das Ehrenfest-Modell (Hund-Flöhe)
1908 21.9. Hermann Minkowski hält in Köln Vortrag über Raum und Zeit, die Zeit als vierte (imaginäre) Dimension.
1912 William Willet propagiert Sommerzeit
1916 Einstein publiziert allgemeine Relativitätstheorie
1917 Expansion des Weltraums wird vermutet
1919 Nachweis der Lichtablenkung durch Eddington u. a.
1922 Alexander Friedmann entwickelt Theorie vom Urknall u. Raumkrümmung
1924 Zeitzeichen bei der BBC
1925 Gravitationsrotverschiebung festgestellt
1928 erste Quarzuhr von W.A. Morrison gebaut
1929 Fluchtbewegung der Galaxien durch Hubble entdeckt (Zeitpfeil)
1932 Die Physiker A. Scheibe und U. Adelsberger in Deutschland die erste Quarzuhr her (Geodätischen Institut Potsdam)
1935 Von der Deutschen Post wird die automatische Zeitansage eingeführt (eiserne Jungfrau)
1940 Mikrosekunden werden beherrscht
1948 Cs-Atomuhr nach amerikanische Physikers Willard Frank Libby gebaut
1959 1.1. Offizieller Beginn der Aussendung von Zeitsignalen über DCF77
1964 2,73 K Reststrahlung gefunden, A.A. Penzias, R.W.Wilson
1965 Max Hetzel entwickelt die Quarzstimmgabel für Uhren
1968 Übergang zur Atomuhr Caesium-Eins im PTB
1971 Atomuhr fliegt für Relativitätstheorie
1996 Cs-Fontäne-Uhr läuft in Paris