

Kleine Kulturgeschichte der Mechanik

- Lit.: 1. Lust an der Erkenntnis: Triumph und Krise der Mechanik,
Herausgeber: Karl von Meyenn, Piper, München 1990
2. Wikipedia

1. Aristotelische Wissenseseinteilung in der Antike

Theoretische Wissenschaften

Mathematik
(Optik, Musiklehre, Astronomie),
Physik, Metaphysik



Herstellungslehren

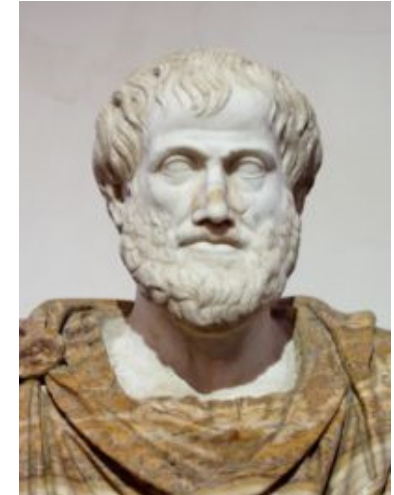
handwerkliche Verrichtung,
physikalische Apparate,
Experimente, Mechanik

- **Physik:**

Wissenschaft von den natürlichen Vorgängen,
keine empirische Grundlegung der physikalischen
Prinzipien

- **Mechanik [griech: List, Mittel]:**

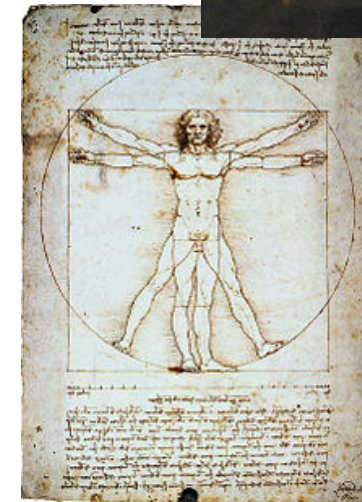
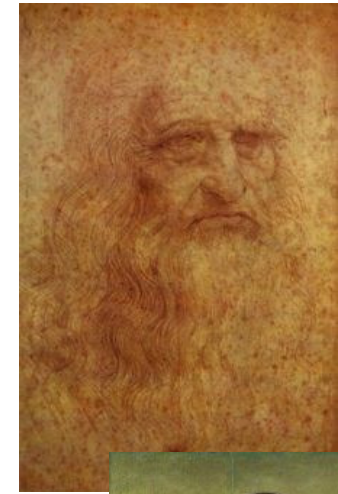
Lehre von den erzwungenen Vorgängen, Bewe-
gungen; Herstellung, Umgang mit Hebelwerk-
zeugen, Kriegsmaschinen, Automaten



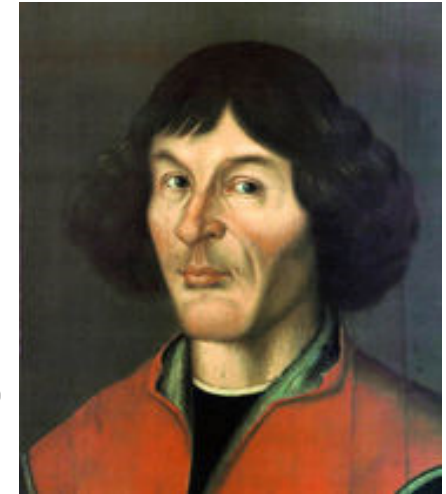
Aristoteles
(384-322 v. Chr.)

2. Leonardo da Vinci (1452-1519)

- Künstleringenieure der Renaissance
= Maler, Architekten, Bildhauer, Geologen,
Anatomen und Techniker in einer Person
- Wegbereiter der neuzeitlichen Naturwissenschaften:
stellen Verbindung zwischen den theoretischen
und angewandten Wissenschaften her
- **da Vinci:**
 - Mechanik: Paradies der mathematischen
Wissenschaften
 - untersucht Hebel, schiefe Ebene, Reibung,
Tragfähigkeit von Stützen und Trägern
 - noch *keine* Abstraktion von einzelnen
Sinneswahrnehmungen



3. Nikolaus Kopernikus (1473-1543)



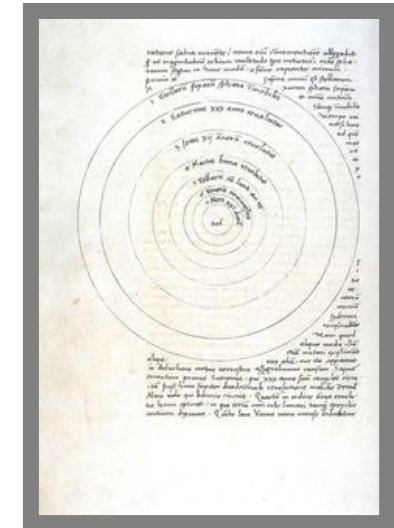
- **1543!**: De revolutionibus orbium coelestium libri
(Über die Kreisbewegung der Weltkörper)

➔ **Heliozentrisches Weltbild**

- erster handschriftlicher Entwurf: 1514

„... Hirngespinnst eines verwirrten Geistes...”

... So lenkt die Sonne gleichsam auf königlichem Thron sitzend, in der Tat die sie umkreisende Familie der Gestirne. Auch wird die Erde keineswegs der Dienste des Mondes beraubt, sondern der Mond hat (...) mit der Erde die nächste Verwandtschaft. Indessen empfängt die Erde von der Sonne und wird mit jährlicher Frucht gesegnet ...

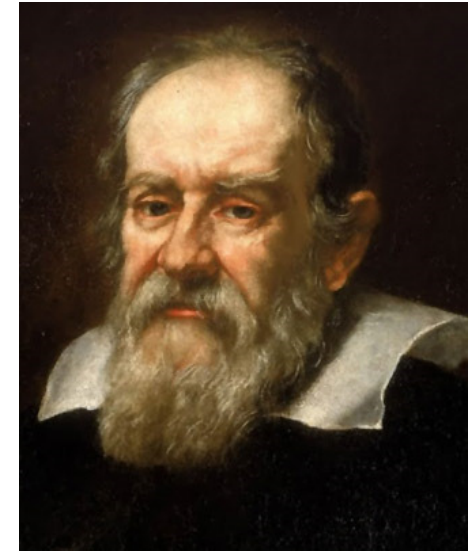


4. Galileo Galilei (1564-1642)

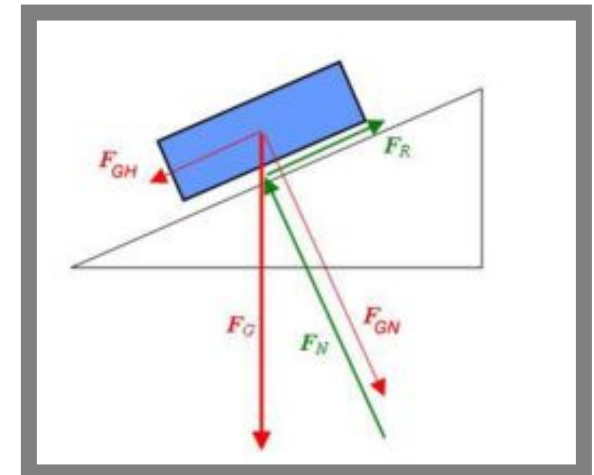
- verkörpert Geist der neuzeitlichen Naturwissenschaften am deutlichsten
- führt **physikalische Methode** ein:

Experiment $\leftrightarrow$ Theorie

Komplexe Phänomene werden durch möglichst einfache Versuchsanordnungen der gezielten Beobachtung zugänglich gemacht und danach mathematisch analysiert



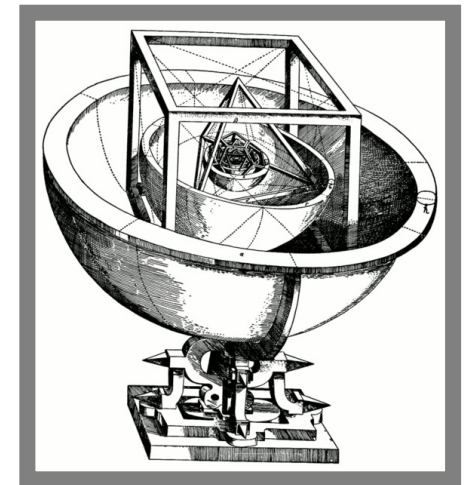
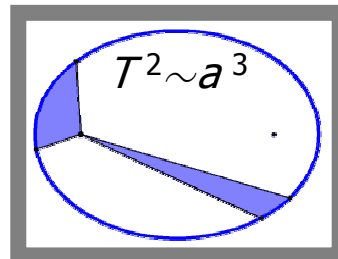
- erstes Universitätslaboratorium in Padua
- 1638: **Fallgesetze**
über Experimente an schiefer Ebene
- **Trägheitsgesetz**
= 1. Newtonsches Bewegungsgesetz



5. Johannes Kepler (1571-1630)

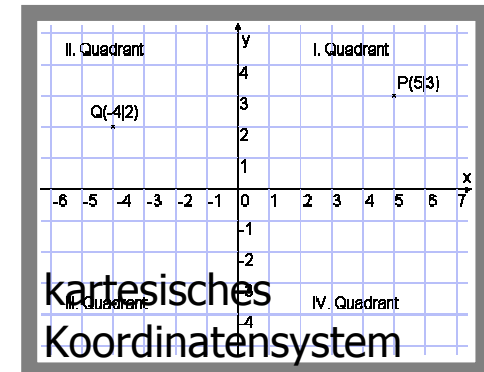
- tief religiös:
Naturerkenntnis zur Nachvollziehung der Gedanken Gottes (Prinzip der geometrischen Schönheit)
- Vielzahl von astronomischen Beobachtungsdaten von Tycho Brahe
- 1596: *Mysterium Cosmographicum* (das Weltgeheimnis)
erklärt Aufbau des Sonnensystems mit Hilfe der **5 platonischen Körper**:
Merkur - *Oktaeder* - Venus - *Ikosaeder* -
Erde - *Dodekaeder* - Mars - *Tetraeder* -
Jupiter - *Würfel(Hexaeder)* - Saturn

- **Keplersche Gesetze**



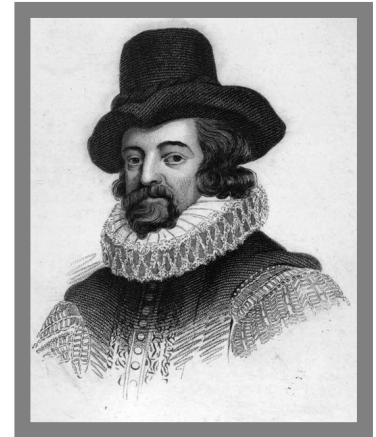
6. René Descartes (1596-1650)

- 1644: Principia philosophia (Die Prinzipien der Philosophie):
erstes allumfassendes (nicht sehr erfolgreiches) System einer universellen Mechanik
 - Erhaltung der Bewegungsgröße (mv):
Trägheitsgesetz
 - erklärt Gravitation über „kartesische Wirbel“
(Nahwirkung!)
- mechanistische Denkweise:
Alleinige Erklärung der Naturphänomene auf Grundlage der Grundbegriffe der Mechanik
- Methodik: Mathematisierung der Naturwissenschaften
- Theorie des Regenbogens



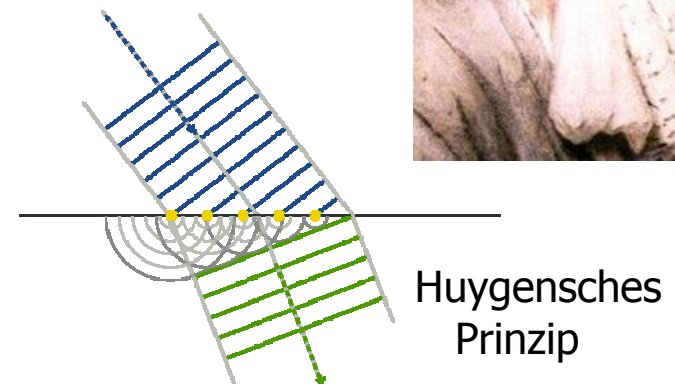
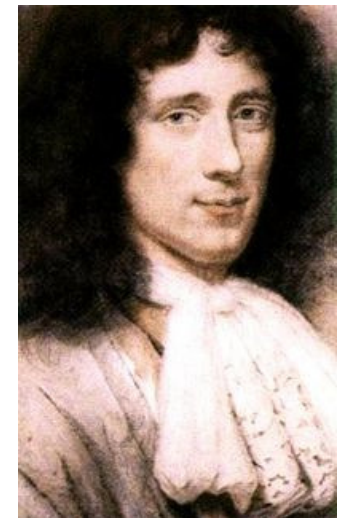
7. Francis Bacon (1561-1626)

- „Erneuerer der Wissenschaften“
- „**induktives**“ Forschungs- und Beweisverfahren:
Einzelbeobachtung → Gesetz → oberstes Prinzip

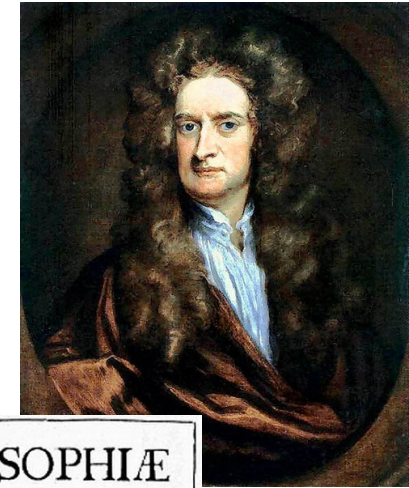


8. Christian Huygens (1629-1695)

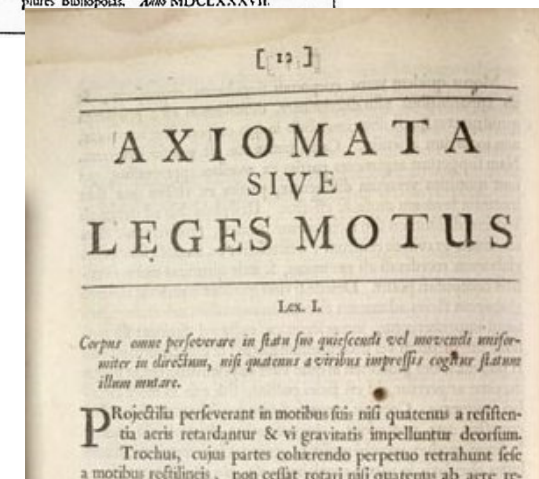
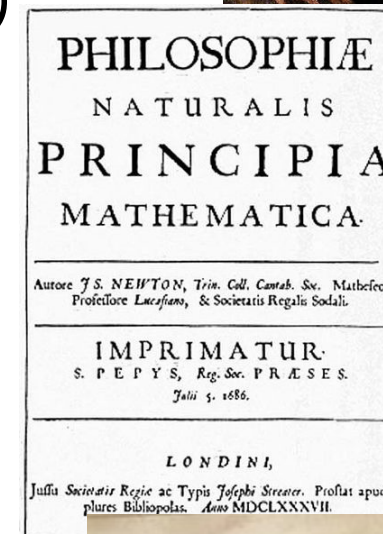
- Wegbereiter der mechanistischen Physik
- entdeckt Saturnringe
- erfindet Pendeluhr und Spiralfeder als Unruh
- Theorie der Pendelbewegung
- formuliert elastische Stoßgesetze
- Traité de la lumière



9. Isaac Newton (1642-1727)



- 1687:
Philosophia naturalis principia mathematica
(Mathematische Prinzipien der Naturlehre)
 - vollendetes Gedankengebäude,
200 Jahre Grundlage der Physik
 - Gravitationsgesetz (Fernwirkung!)
→ Keplersche Planetengesetze
 - Erklärung der Naturerscheinungen aus
wenigen Prinzipien:
Kräfte $\Leftrightarrow$ Bewegung



10. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)



- letzter Universalgelehrter
- Monadentheorie: statt Atome körperliche, seelische Grundeinheiten
- Gott ist an die von ihm in einem einmaligen Akt geschaffene Natur- und Vernunftgesetze gebunden

Newton: Gott kann korrigierend in das physikalische Geschehen eingreifen

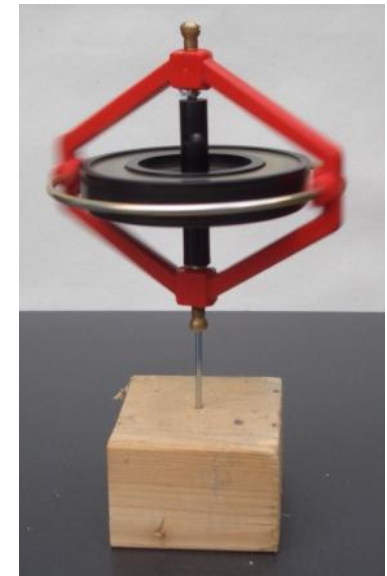
Leibniz: „Newtons Gott = schlechter Uhrmacher“

$$\frac{dy}{dx} \int dx$$

- Existenz von **Erhaltungssätzen**: Kraftmaß mv^2
(Jean d'Alembert (1758): Kraftbegriff und Erhaltungssätze sind äquivalent)
- 1684: Veröffentlichung des **Infinitesimalkalküls** (Streit mit Newton)

11. Leonhard Euler (1707-1783)

- erschließt die Newtonsche Mechanik für die Anwendungen, indem er sie in die Sprache der Analysis überträgt
- begründet mathematische Physik in Deutschland
- 1753: Mondtheorie
(Störungstheorie für 3-Körperproblem)
- 1758: Theorie des Kreisels
- Grundgesetze der Flüssigkeitsmechanik
$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} + \frac{1}{\rho} \nabla p = 0$$
- **Nahwirkungsstandpunkt**
(Übertragungsmechanismus für die Kraft nötig
→ Äther)



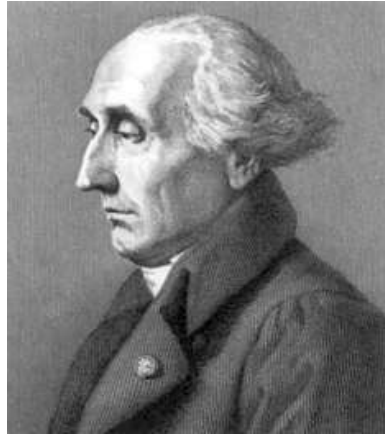
12. Lagrangesche und Hamiltonsche Formulierung der analytischen Mechanik



Pierre-Louis Moreau
de Maupertuis
(1698-1759)



Jean Baptiste le
Rond d'Alembert
(1717-1783)



Josep-Louis,
comte de Lagrange
(1736-1813)



Leonhard Euler
(1707-1783)



William Rowan
Hamilton
(1805-1865)

- Bewegung unter Zwangs- / und Nebenbedingungen
(→ Ingenieurwissenschaften)
- Zugang zur Mechanik über Extremalprinzip für die Wirkung
- Zugang zur/ Verständnis der Quantenmechanik
- Wirkung & Extremalprinzipien extrem wichtig für die Elementarteilchenphysik und die grundlegenden Wechselwirkungen

Krisen der klassischen Mechanik

→ wissenschaftliche Revolution = Paradigmenwechsel

Paradigma = „Lehrmeinung“, wissenschaftliche Denkweise
[Thomas Samuel Kuhn (1922-1996)]

13. Kinetische Gastheorie & statistische Mechanik (19.Jh.)



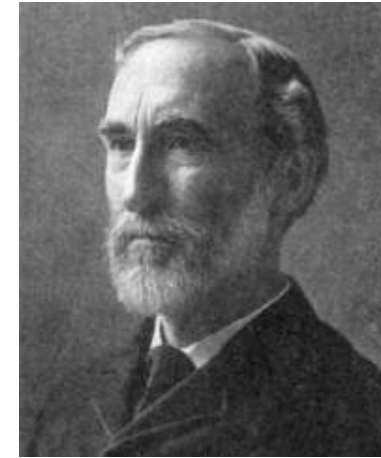
Rudolf Clausius
(1822-1888)

$$dS = \frac{\delta Q_{\text{reversibel}}}{T}$$



Ludwig Boltzmann
(1844-1906)

$$S = k_B \ln \Omega .$$



Josiah Willard Gibbs
(1839-1903)

$$S = -k_B \sum_i p_i \ln p_i$$

- erste Krise der klassischen Mechanik:

Irreversibilität $\Leftrightarrow$ Mechanik & statistische Methoden

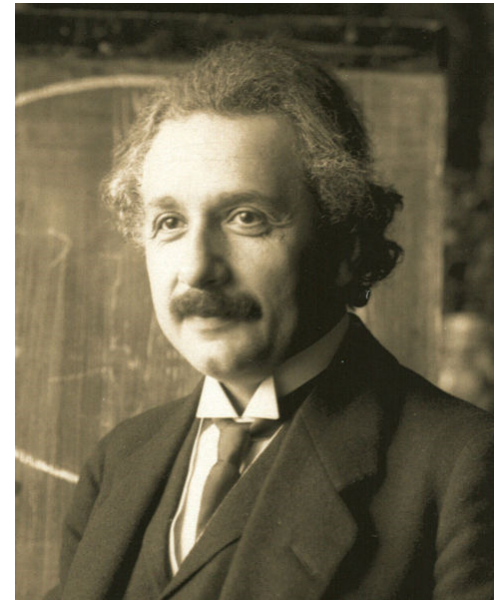
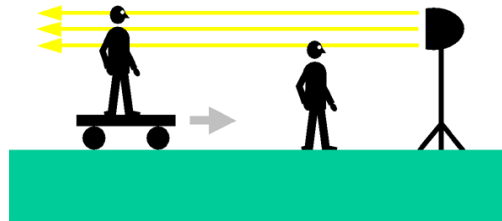
➔ Entropie

14. Relativitätstheorie (spezielle: 1905, allgemeine: 1917)

- zweite Krise der klassischen Mechanik:
 1. Lichtgeschwindigkeit in allen Bezugssystemen gleich (SRT)

→ Zeit verläuft
nicht absolut

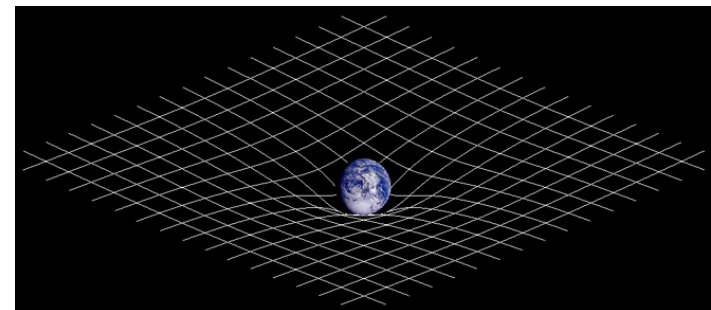
→ $E = m c^2$



Albert Einstein
(1879-1955)

2. Massen bestimmen die Struktur (Krümmung) der Raum-Zeit (ART)

$$G_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}$$



15. Quantenmechanik



Max Planck
(1848-1947)

1900:
Plancksches
Wirkungsquantum h

$$E = h \cdot \nu$$



Erwin Schrödinger
(1887-1961)

1926:
Wellenmechanik

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(\mathbf{r}, t) = \hat{H} \psi(\mathbf{r}, t)$$



Werner Heisenberg
(1901-1976)

1926:
Matrizenmechanik
(mit Born & Jordan)

$$i\hbar \frac{d}{dt} \hat{A}(t) = [\hat{A}(t), \hat{H}]$$

- dritte Krise der klassischen Mechanik:
atomare Skala $\Rightarrow$

- Welle-Teilchen-Dualismus
- Orts-Impuls-Unschärfe

$\neq$ klassisches Teilchen