

Messen

grobe Etappen	Sammler Jäger	Seßhafte Gruppen	Staaten u. Religionsgemeinschaften	Industrielle Revolution	wissenschaftlich-technische Revolution
wichtige Anwendungen für Messungen	Überleben	einfacher Warenaustausch	Verwaltung Architektur Handwerk Handel	Serienproduktion Chemieindustrie Energietechnik Transport Elektrotechnik Wissenschaft	Automatisierung Elektronik Rechentchnik Medien
hinzu-kommende Meßgrößen	Anzahl Zeit Länge Temperatur	Fläche Volumen Gewicht	Winkel Kraft Geschwindigkeit Geld	Energie Leistung elektro- magnetische Maße	Lichtmaße Masse Schallmaße Strahlungsmaße Information
Art der Maße	<p>The diagram shows a horizontal timeline labeled 'Zeit' with an arrow pointing right. It is divided into stages: 'individuell', 'territorial', 'zwischen-staatlich', 'international', and 'absolut Naturgrößen'. Below this, 'Einzelmaße' spans from 'individuell' to 'international', and 'Maßsysteme' spans from 'zwischen-staatlich' to 'absolut'. Specific systems 'cgs' and 'SI' are marked under the 'Maßsysteme' section.</p>				

Überblick

setzt voraus: unterscheidbare **Objekte** mit **Eigenschaften**, die mindestens 2 **Ausprägungen** besitzen. Die **Ausprägungen** können nach verschiedenen **Skalen** gemessen werden

Skalentypen

- **Nominal**: Umkehrbar eindeutige Zuordnung zwischen Zahlen und Ausprägungsgraden. Beispiele: Numerierung von Fußballspielern und Kontonummern.
- **Ordinal**: Abbildung muß Monotonie genügen „ \geq “. Beispiele: Schulzensuren, Mohsche Härteskala (13 Bier, der Schönsten).
- **Intervall**: lineare Verknüpfung $Z = a + b \cdot A$, mit a, b Konstanten sind. Gleiche Intervalle führen zu gleichen Zahlendifferenzen: $Z_1 - Z_2 = b \cdot (A_1 - A_2)$. Beispiel: Celsius-Temperatur.
- **Log-Intervall**: $Z = a \cdot \log_b(A)$. Beispiele: Reiz, Lautstärke in dB oder Phon; Weber-Fechnersche Gesetz.
- **Verhältnis**: $Z = a \cdot A$. Verhältnisse sind gleich: $Z_1/Z_2 = A_1/A_2$. Beispiele: Länge, Masse, meisten SI-Größen.
- **Absolut**: $Z = A$. Häufigkeit, Wahrscheinlichkeit, Währung, Windungszahl, Wirkungsgrad.

Im System International

- besteht ein **Meßergebnis** aus: **Maßzahl** und **Maßeinheit**, z.B. 5 m/s
- jede Maßeinheit wird aus 6 **Basis-Einheiten** gebildet: m, kg, s, A, cd, mol; keine gebrochenen Exponenten

Folien/92/messen.fol

Messen

Es gibt keinen Überbegriff zu Messen, daher keine Standard-Definition.

Messen ist notwendig für Handel und Technik

Messen ist eine Tätigkeit, hängt eng mit Prüfen, Wägen, Abwägen, Wiegen, Urteilen, Schätzen, Testen und Zählen zusammen.

Messen ist mit Klassifizieren verwandt.

Messen führt zu Aussagen über Objekte, erzeugt also Information, aber auch Information muß gemessen werden

Drei Aussagen unterschiedlicher Gehalt bezüglich Messen

- Das Buch liegt auf dem Tisch
- Das Buch ist dick
- Das Buch wiegt 137,4 g

folien/93/meßbar.txt

Ergebnisse von Aussagen	
verschiedene Aussagesätze	bildhafte Aussagen
<ol style="list-style-type: none"> 1. Das Buch liegt auf dem Tisch. 2. Das Buch ist aufgeschlagen. 3. Das Buch ist $10 \times 18 \text{ cm}^2$ groß. 4. Das Buch hat eine Masse von 200 g. 	<p>The illustration shows a wooden desk with a book lying on it and a small scale next to it, representing the visual representation of the statements.</p>

Verschiedene Eigenschaften sind offensichtlich **unterschiedlich gut meßbar**.

Länge, Zeit, Helligkeit, Farbe, Intelligenz und menschliche Güte

Ausprägungsgrade können recht unterschiedlich sein:

- kalt, normal, heiß
eisig, frostig, kalt, kühl, angenehm, lau, warm, heiß, unerträglich

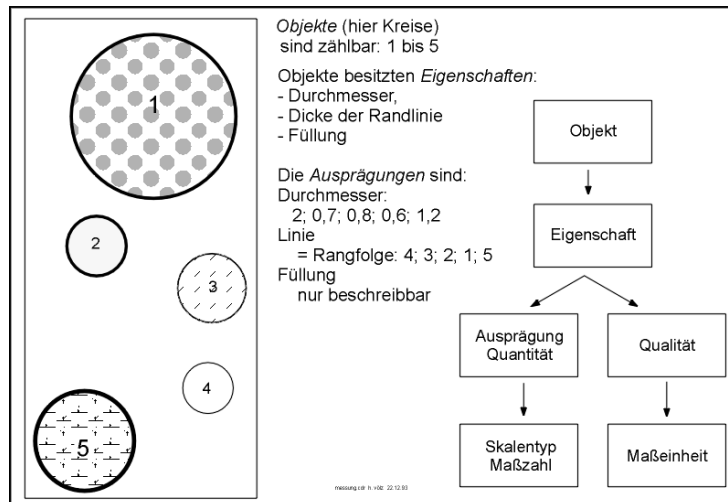
- Zusätze möglich wie: extrem, gewaltig, sehr, mehr, weniger, kaum, nicht usw.
- 13.5 °C, also Maßzahl und Maßeinheit

Schallreuter: Durchflussgeschwindigkeit ein Falstaff
(Ordinalskalen):

Wir als Studenten weibliche Schönheit in 13 Bier

aber: **Ilias** XXIV, 25 (gekürzt): «Zu Peleus und Thetis Hochzeit waren alle Götter außer Eris geladen. Sie warf aus Verdrub einen goldenen Apfel unter die Gäste, der die Aufschrift "Der Schönsten" trug. Dies löste den Streit zwischen Hera, Athene und Aphrodite aus und forderte das Urteil des Paris heraus, was schließlich zum Trojanischen Krieg führte.»
Folien/95/thesen.doc

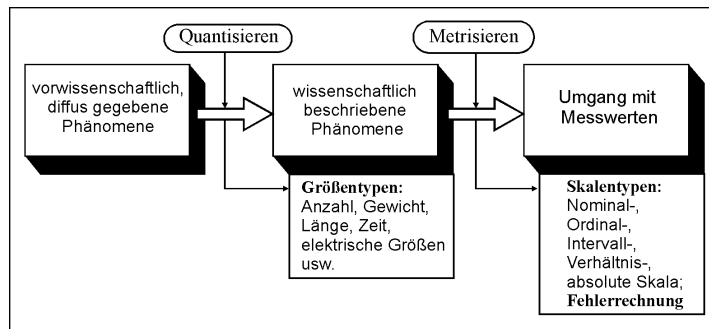
Gemälde von Rubens heute in alle Detailtreue speicherbar. Urheberrecht. Zahlenfriedhof nicht das Bild.



Messen

- Messen betrifft **Objekte**.
- Jedes Objekt hat gewisse **Eigenschaften**. Sie entsprechen Qualitäten des Objektes und können durch Maßeinheiten erfaßt werden.
- Eigenschaften sind meist mehr oder weniger 'stark' (also quantitativ) vorhanden. Diese Intensität der Eigenschaft wird **Ausprägung** genannt und kann über Zahlen ausgedrückt werden.
- Eine Funktion/Abbildung, die zwischen den Ausprägungsgraden und den **Zahlenwerten** vermittelt heißt **Skalentyp**.

Folien/95/thesen.doc



Geschichte

Schon ältesten Kulturen Messen wichtig Warenaustausch

Dennoch wenige Meßgeräte eigenen Namen: Waage, Lot, Kompass, Uhr, "Zoll"stock; sonst Volt-, Thermo- usw. Meter

Zeit-Messung: Tag und Nacht, Sommer und Winter oder Mondzyklus

Zeit über Länge meßbar Schatten

kleine Zeiten keine brauchbaren Uhren.

Sonstige Meßgrößen (individuell) gegeben durch:

- Körperabmessungen: Fuß, Elle, Fingerbreite Klafter
- Arbeitsgeschehen: Morgen und Tagewerk
- Arbeitsprodukte: Scheffel, Zuber und Fuder

1583 Galilei entdeckt Präzision des Pendel

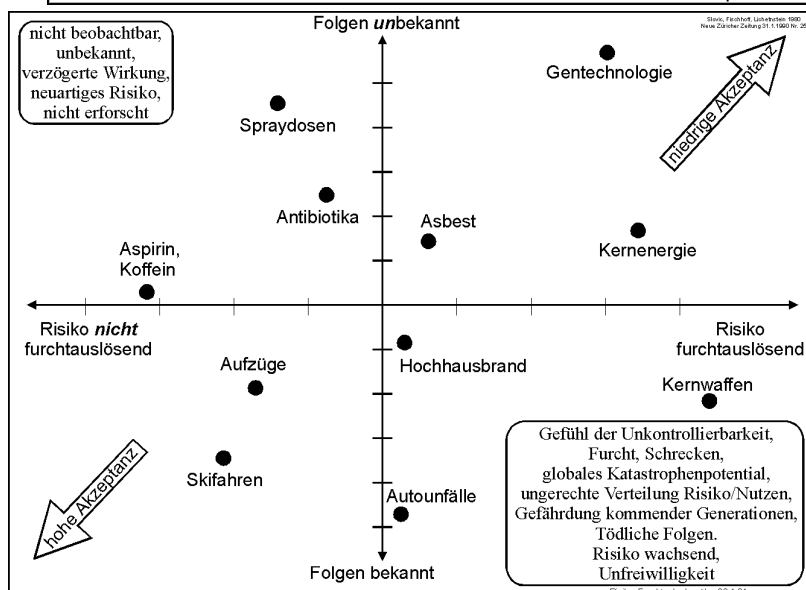
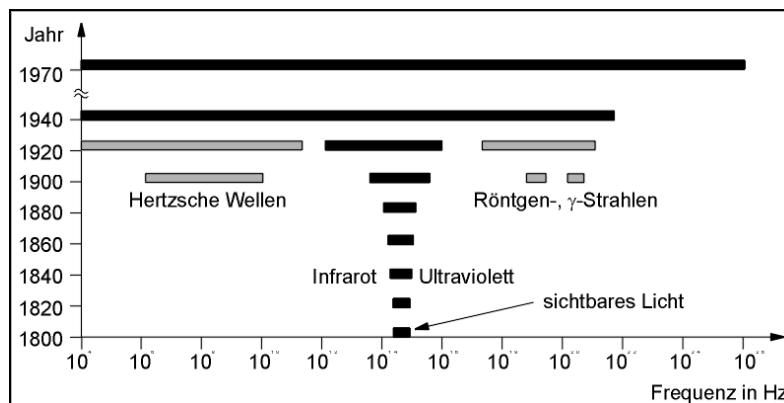
1638 Galilei "Discorsi" Newtonsche Gesetze

1664 Huygens führt Länge des Sekundenpendels ein

1791 franz. Nationalversammlung den 1/10000000 Erdquadranten

1795 erste staatliche, gesetzliche Maßsystem Ur-Meter
 1836 Gauß und Weber das cgs-System
 20.5.1875 in Paris 17 Staaten Meterkonvention
 1881 cgs für Wissenschaft verbindlich
 1900 Problem der Maßeinheiten sichtbar deutlich:
 elektr. Ladung
 im elektrischen cgs-System $3 \cdot 10^9 \text{ cm}^{3/2} \cdot \text{g}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$
 im magnetischen cgs-System der Wert $0,1 \text{ cm}^{1/2} \cdot \text{g}^{1/2}$
 1910 Mie ergänzt cgs durch elektrischen Strom A
 1927 provisorisch rote Cd-Linie für Längennormal
 1930 Ausschuß für Formeln, Einheiten und Größen, Wallot
 1954 jungen Physiker Fleischmann Abelsche Gruppe
 1960 XI Generalversammlung für Maße und Gewichte in Genf ^{80}Kr System International kurz « SI ». Basiseinheiten: m, kg, s, A, K, cd, mol.
 20.10.1983 aus $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$ in $1/299\,792\,458 \text{ s}$

Folien/95/thesen.doc



Gewinn an Genauigkeit

Beispiel Lichtgeschwindigkeit:

Autor	Jahr	c in 1000 km/s	Fehler in m/s
Römer	1676	214	100000000
Fizeau	1848	315	10000000
Foucault	1850	298	500000
Michelson	1879	299,91	50000
Michelson	1927	299,796	4000
Essen	1950	299,792	1000
Bergstrand	1951	299,7931	200
Froome	1958	299,7925	100
Simkin	1967	299,79255	50
Bay	1972	299,79246	20
Evenson	1972	299,792457	1

Heute gilt etwa

Sekunde	$1 \cdot 10^{-13}$
Meter	$4 \cdot 10^{-9}$
Kilogramm	$8 \cdot 10^{-9}$
Ampere	$3 \cdot 10^{-6}$

Folien/94/h. vözl 2.5.94 messfol.txt

System International SI

Fleischmann zeigte: Widerspruchsfreiheit und ganzzahlige Exponenten dann, wenn:

- die Basiseinheiten eine Abelsche Gruppe bilden,
- jedes physikalische Teilgebiet eine zusätzliche Basiseinheit erhält.

Als Teilgebiete empfahl **Fleischmann**

SI wählte später

Geometrie.....Länge	Geometrie..... Länge m
Kinematik.....Zeit	Statische Mechanik..... Masse kg
Mechanik.....Energie	Kinematik..... Zeit s
Elektrizität.....Ladung	Elektromagnetismus..... Elektr. Stromstärke A
Magnetismus.....Magnetische Spannung	Thermodynamik..... Temperatur K
Gravitation.....Gravitationspotential	Chemie..... Stoffmenge mol
Wärme.....Temperatur	Lichtmessung..... Lichtstärke cd

Probleme

Ebener Winkel	rad (Radiant)
Räumlicher Winkel	sr (Stereoradian)
kcal	Joule
magnetische Größen	A/cm
Subjektive Maße	Licht und ionisierender Strahlung

Absolutes Maßsystem

Naturkonstanten h max. $10^{-18}/a$, e_0 max. $2 \cdot 10^{-13}/a$

$m = \sqrt{(h \cdot c/G)}$	$= 5,456 \dots \cdot 10^{-11} \text{ g}$
$l = \sqrt{(h \cdot G/c^3)}$	$= 4,051 \dots \cdot 10^{-35} \text{ m}$
$t = \sqrt{(h \cdot G/c^5)}$	$= 1,35 \dots \cdot 10^{-43} \text{ s}$

Folien/94/h. vözl 2.5.94 messfol.txt

Messen; Bestandteile

Theorie	Experiment
Betreff: Objekt	Normale, Eichen (<i>das</i>)
Eigenschaft: Ausprägung	Mensch Technik Natur
Gesetze	Meßgeräte, -methoden
Skalentyp	Störungen, Toleranzen
Maßeinheiten	Meßfehler
Maßsysteme	Anwendungen,
Fehlerrechnung	täglich, wissenschaftlich
Meßgrenzen	Institutionen

Folien/94/h. vözl messtheo.txt 4.5.94

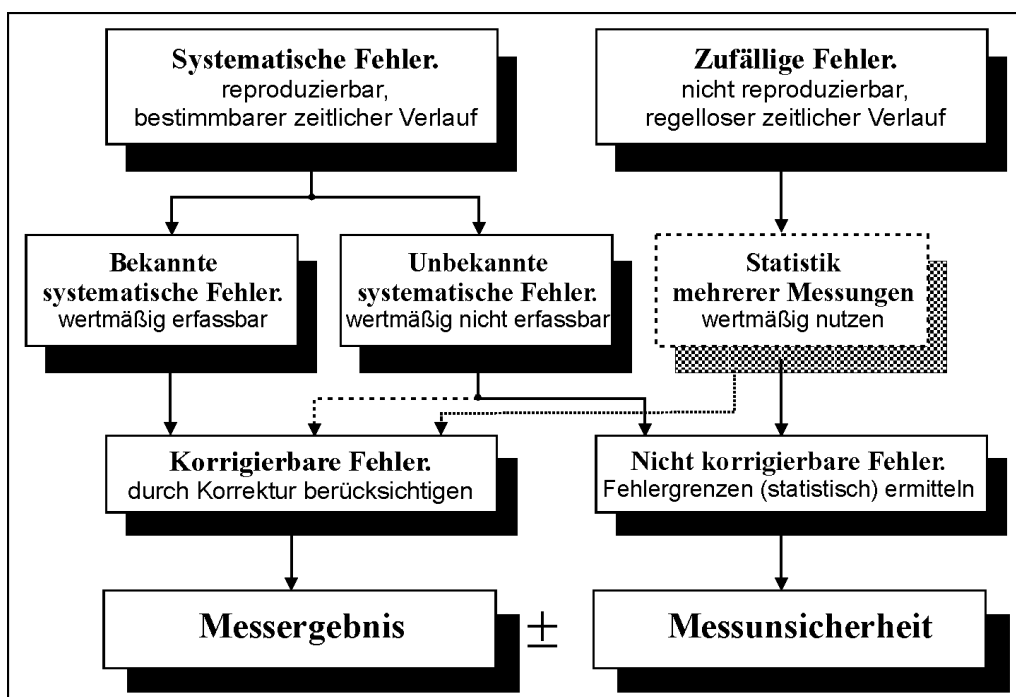
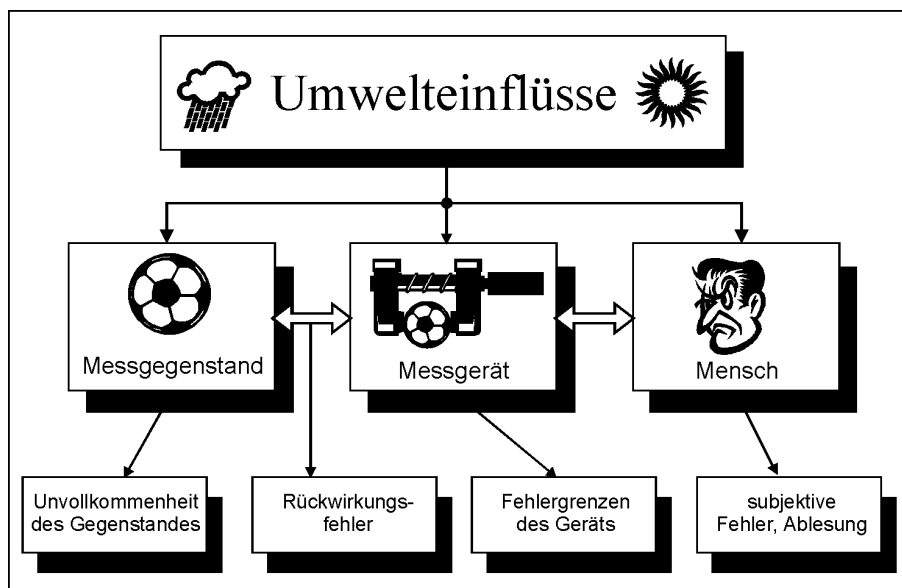
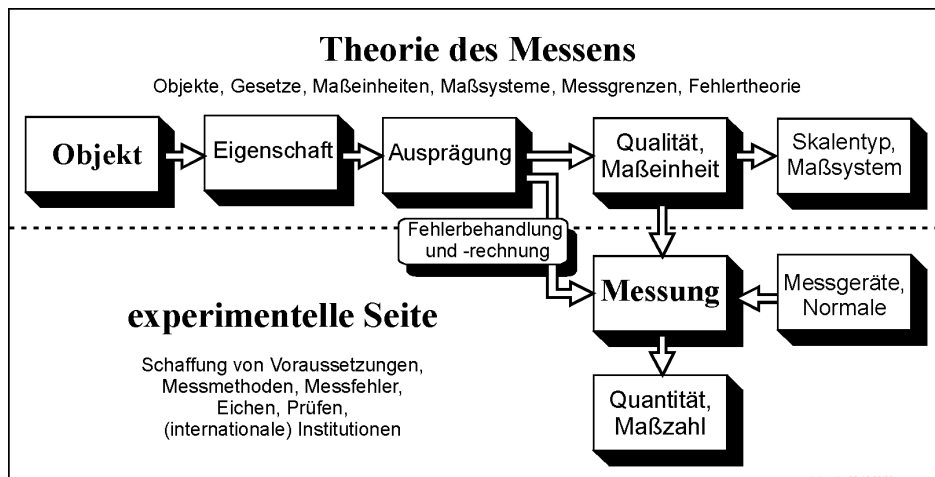
Messfehler

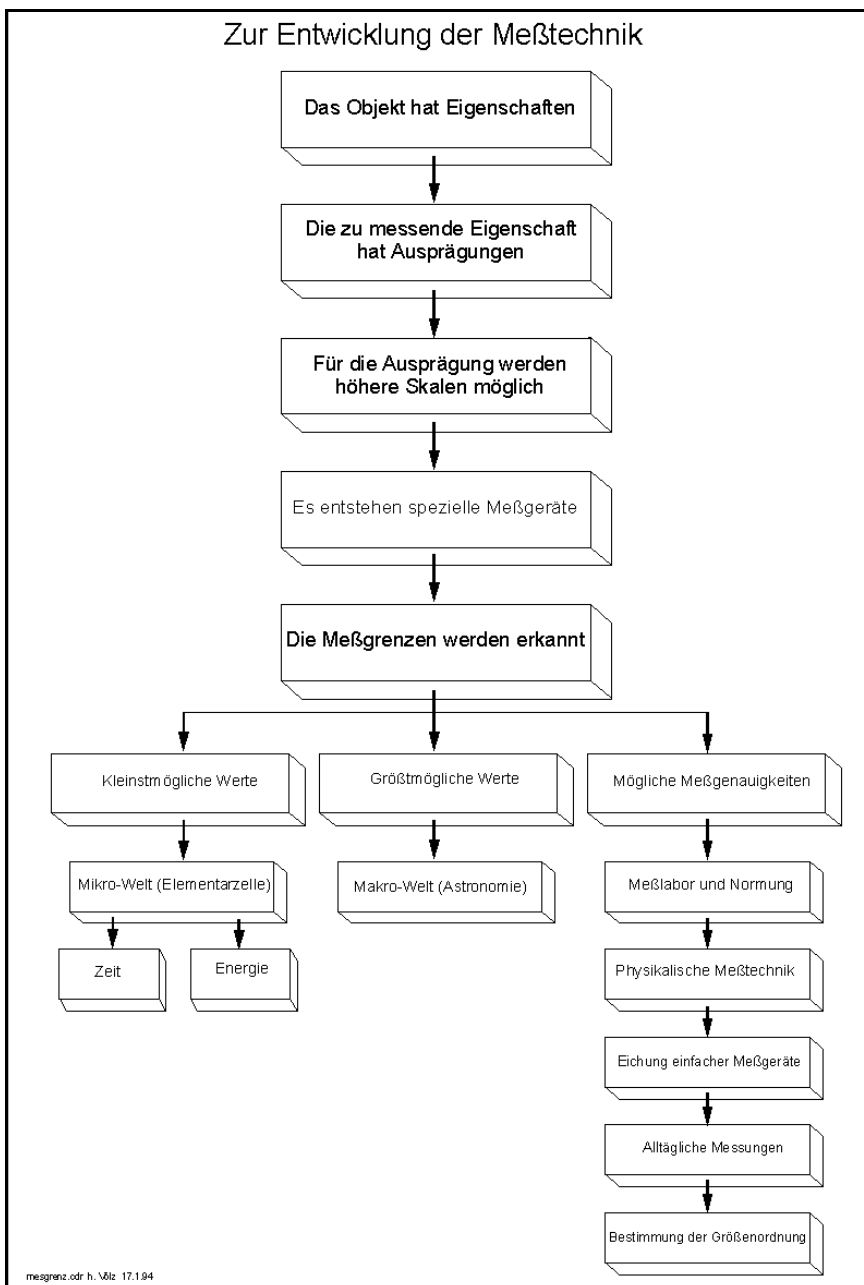
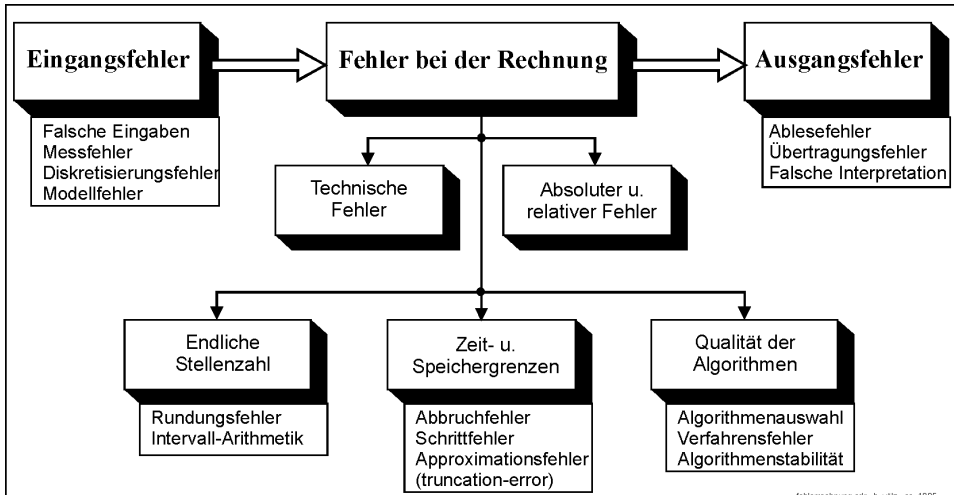
Systematische Fehler

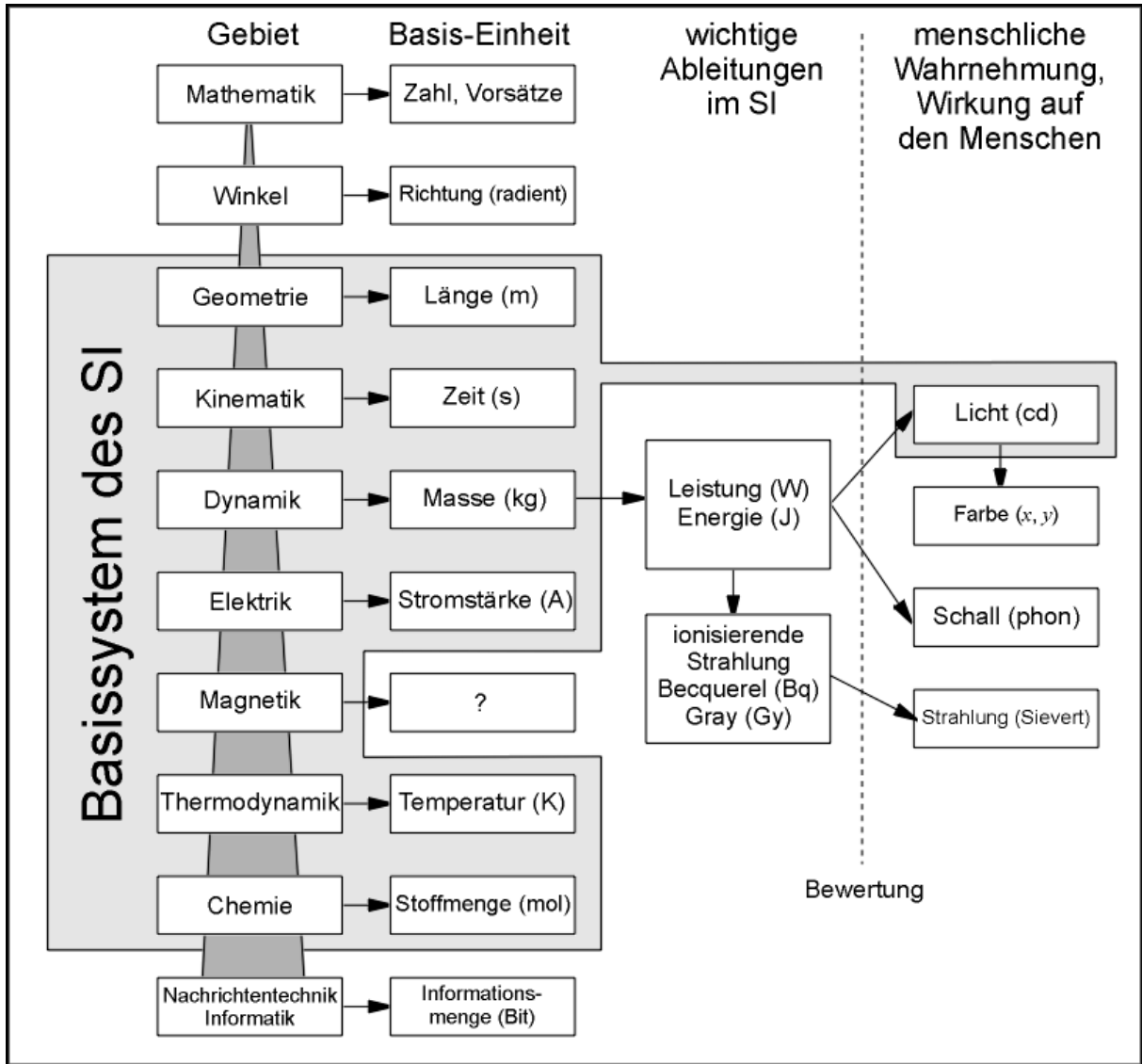
- Unter identischen Messbedingungen besitzen sie einen konstanten Wert.
- Ihr Auftreten ist nie mit Sicherheit auszuschließen.
- Ihre Abweichungen sind vorwiegend einseitig.
- Sie sind nicht durch Einzelmessungen oder Wiederholungen unter gleichen Bedingungen erkennbar.
- Sie sind durch Messungen unter veränderten Bedingungen, mit gänzlich anderen Meßmethoden und/oder aufgrund tieferer, theoretischer Einsichten erkennbar.
- Auch wenn sie nicht quantitativ zu erfassen sind, kann manchmal die Messunsicherheit geschätzt werden.
- Über den unerkannten Fehler kann grundsätzlich keine Aussage gemacht werden.

Zufällige Fehler

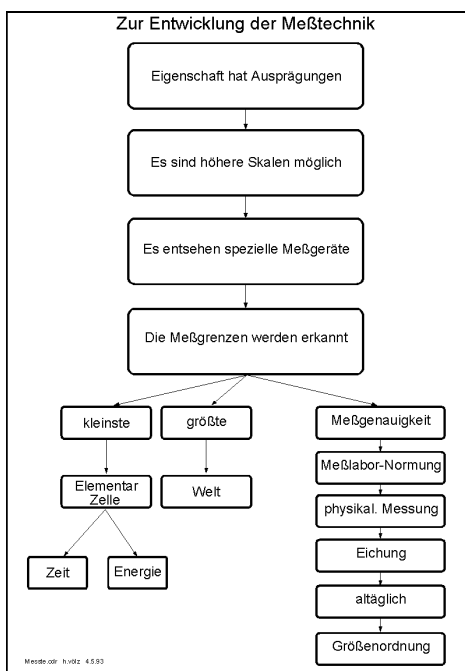
- Unter identischen Messbedingungen schwanken die Messwerte zufällig, stochastisch.
- Weil die zugehörigen Fehlerquellen nicht erfassbar sind, sind sie grundsätzlich unvermeidlich.
- Abweichungen treten mit beiden Vorzeichen auf.
- Ihre Größe kann aus vielen Messungen unter gleichen Bedingungen bestimmt werden.
- Der mittlere Fehler aus n Wiederholungen unter gleichen Bedingungen nimmt proportional zu $1/\sqrt{n}$ ab.
- Die Theorie liefert eindeutige Regeln zur Berechnung des Erwartungswertes und der Standardabweichung. Die so erhaltenen Schätzwerte besitzen eine (berechenbare) Unsicherheit.
- Das experimentelle Zahlenmaterial kann mit verschiedenen statistischen Tests auf seine Konsistenz (Zuverlässigkeit) geprüft werden.







sisystem.cdr h. vözl 20.5.95



Meße.cdr h.vözl 4.5.93