

Workshop "Auf der Suche nach der universalen  
Sprache des Lebens"

Evangelische Akademie Villigst

30. November - 2. Dezember 2012

# **Warum Information KEINE Grundgröße ist**

**Prof. Dr. Holger Lyre**

Institut für Philosophie

Universität Magdeburg

# Information als Grundgröße?

Vier Fragedomänen:

- **Hypostasierung**
- **Pluralismus**
- **Subjektivismus**
- **Semantik**

**Teil 1:**

# **Hypostasierung**

# „Informations-Reduktionismus“

*Information ist Information, weder Materie noch Energie.  
Kein Materialismus, der dieses nicht berücksichtigt, kann  
den heutigen Tag überleben.*

Norbert Wiener (1948)

- Wiener: Information als irreduzible Grundgröße  
⇒ Hypostasierung und Ontologisierung von Information
- Unterscheide zwei Thesen:
  - *Informations-Fundamentalismus:*  
Information stellt eine irreduzible Grundgröße im ontologischen Aufbau der Welt dar
  - *Informations-Reduktionismus bzw. Monismus:*  
Sämtliche Größen, insbesondere Materie, lassen sich auf Information zu reduzieren

# Information als Grundbegriff der Physik

- John Archibald Wheeler („It from Bit“),  
Carl Friedrich von Weizsäcker (Ur-Theorie),  
Anton Zeilinger...
- Universum als Computer:  
Konrad Zuse („Rechnender Raum“), Stephen Wolfram...
- ... bzw. Quantencomputer:  
Richard Feynman, Seth Lloyd...
- keines dieser Programme ist überzeugend durchgeführt!
- (Populärliteratur: Tom Stonier, Hans Christian von Baeyer...)

# Information und Träger

- Platon & Aristoteles:  
Begriff der Form (eidos) als ontologischer Grundbegriff
- Form wird Materie (hyle) „aufgeprägt“
- Konkreter (raumzeitlicher) Gegenstand:  
ein Zusammengesetztes aus Form und Materie (synholon)
- In-form-ation als Maß für Form (C.F.v.Weizsäcker)
- Information bedarf eines materiellen Trägers
- Problem der Hypostasierung von Information

# Materiebegriff und Physik

- Energie-Materie ist ein Grundbegriff der modernen Physik
- ontologisch: Materie als „faktum brutum“
- genauer: drei oder vier Grundbegriffe:  
Materie – Wechselwirkung – Raum-Zeit
- Problem der Masse: Erklärung des Massenspektrums...?
- Higgs-Mechanismus:
  - keine Erklärung des Massenspektrums
  - keine tieferliegende Erklärung des Phänomens Masse
  - Eher: Erklärung der Möglichkeit einer Eichtheorie mit massiven Eichbosonen (und rechtshändigen Leptonen)



# Strukturenrealismus

- Weizsäcker:  
Information als Maß einer Menge an Form oder „Struktur“
- Ontologisierung von Struktur in der modernen Philosophie der Physik: „Strukturenrealismus“  
(Autoren u.a.: French, Ladyman, Stachel, Esfeld, Lyre)
- Grundidee:  
Objekte (bzw. deren Eigenschaften wie Masse, Ladung etc.)
  - ...sind lediglich durch ihre Position/Rolle im Gefüge anderer Objekte individuiert
  - ...sind rein strukturell individuiert



# Fazit Teil 1: Hypostasierung

- In der Physik gibt es eine Reihe von Programmen eines Informations-Reduktionismus bzw. Monismus
- keines dieser Programme ist bislang durchgeführt!
- umgekehrt stellt der Begriff der Materie einen irreduziblen Grundbegriff der Physik dar
- Information als Maß für Struktur?  $\Rightarrow$  Strukturenrealismus
- Information als Maß?  $\Rightarrow$  Alternativen:
  - Neuigkeit? Erstmaligkeit? Überraschungswert?
  - Komplexität? Bedeutung?

**Teil 2:**

**Pluralismus**

# Informationstheorie

- R. V. L. Hartley (1928) und H. Nyquist (1924):  
mathematische Quantifizierung durch ein logarithmisches Maß  
für den syntaktischen Informationsgehalt:

$$I = - \log_2 p$$

- Einheit  $I_0 = \log_2 2 \ll 1$  *bit (binary digit/Binärziffer; nach J. Tukey)*
- Charakteristika:
  - wahrscheinliches Zeichen = geringer Informationsgehalt
  - unwahrscheinliches Zeichen = hoher Informationsgehalt
  - syntaktischer Informationsgehalt ist Maß für den  
Neuigkeitswert oder Überraschungsgrad eines Zeichens
  - Speziell:  $p = 1$  ist  $I = 0$ , denn ein sicher zu erwartendes  
Zeichen hat keinerlei Neuigkeitswert

# Informationstheorie

- Zeichenvorrat einer Nachrichtenquelle (Sender):

$$X = \{ x_i; i = 1 \dots n \}$$

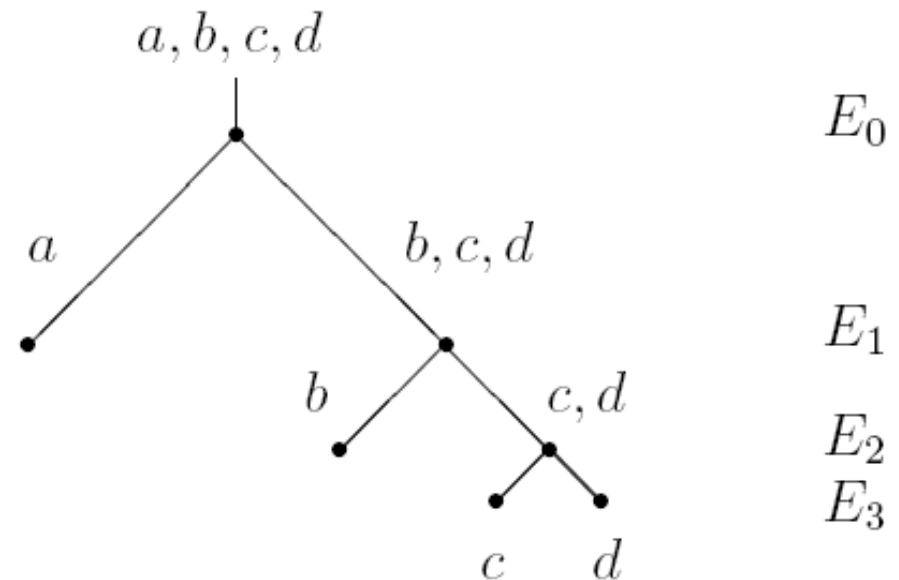
- Wahrscheinlichkeitsverteilung über Zeichenvorrat:

$$I_i = - \log p_i \text{ mit } p_i = p(x_i) \text{ und } \sum_i p_i = 1$$

- Beispiel:  $X = \{ a, b, c, d \}$

mit  $p(a)=1/2$ ,  $p(b)=1/4$ ,  
 $p(c)=p(d)=1/8$

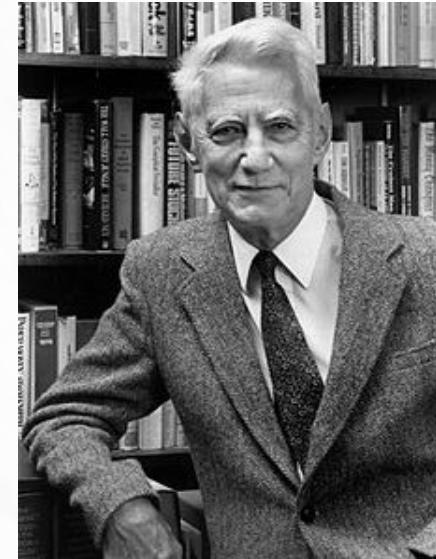
- $I(a)=1$  bit
- $I(b)=2$  bit
- $I(c)=3$  bit
- $I(d)=3$  bit



# Shannonsche Informationstheorie

- Mittlerer Informationsgehalt einer Quelle bzw. *Erwartungswert* des Informationsgehalts:

$$H = \langle I \rangle = \sum_{i=1}^n p_i I_i = - \sum_{i=1}^n p_i \text{ld } p_i$$



Claude Elwood Shannon  
1916-2001

- Analogie zur Thermodynamik:  
Boltzmannsche Entropie (Maß der Unkenntnis des Mikrozustands im Makrozustand)
- „Information = Negentropie“

# Algorithmische Informationstheorie

- Vergleiche:
  - s1 = 10
  - s2 = 1101110110001101101011000101101111011001

- Information als Maß für Komplexität

- Algorithmischer Informationsgehalt einer Binärsequenz s:

$$I_a(s) = L(p_{\min} \rightarrow s)$$

Länge L des kürzesten Programms  $p_{\min}$ , das s erzeugt

- Algorithmische Komplexitäts- und Informationstheorie:  
Andrei Kolmogorov, Gregory J. Chaitin, Ray Solomonoff



# Algorithmische Informationstheorie (II)

- Algorithmischer Informationsgehalt einer Zufallsfolge der Länge  $L(s_z)=n$ :

$$I_a(s_z) = n$$

- Zufallsfolge: max. Komplexität, nicht komprimierbar
- *Chaitinsches Zufallstheorem*: Der algorithmische Informationsgehalt im Allg. nicht berechenbar
- (Intuition: Turing-Maschine der Komplexität  $I_a(s)$  kann keine Binärfolge mit Komplexität  $I_a(s) \gg I_a(s)$  erzeugen)



## Fazit Teil 2: Pluralismus

- Es gibt verschiedene Informationsmaße/-theorien
- Zum Beispiel:
  - Hartley-Shannonsche Informationstheorie
  - Algorithmische Informationstheorie
- Der Pluralismus der Informationstheorien stellt ein Problem für den Monismus der Information der
- Hinweis: beiden Informationstheorien ist gemeinsam, dass ihre Maßgrößen in einem gewissen Umfang kontext- bzw. subjekt-abhängig sind

**Teil 3:**

**Subjektivismus**

# Subjektivismus

*Here are some words which, however legitimate and necessary in application, have no place in a formulation with any pretension to physical precision: system, apparatus, environment, microscopic, macroscopic, reversible, irreversible, observable, information, measurement. [...]*

*Information? Whose information? Information about what?*

John Bell (1990)

- Information bedarf eines epistemischen Subjekts...(?)
- Subjektivismus ontologischer Grundbegriffe?

# Interpretation von Wahrscheinlichkeit

- Hartley-Shannon: Information = Wahrscheinlichkeit
- Offene Probleme der Interpretation von Wahrscheinlichkeit:
- Subjektivistische Interpretation: Wahrscheinlichkeiten als subjektive Überzeugungsgrade (Bayesianismus)
- Objektivistische Interpretation: Wahrscheinlichkeiten als...
  - Häufigkeiten auf lange Sicht (Frequentismus)
  - Verwirklichungstendenzen, Dispositionen...
- Wahrscheinlichkeit in der Physik:
  - Thermodynamik: subjektiver W'begriff?
  - Quantentheorie: objektiver W'begriff?

## Fazit Teil 3: Subjektivismus

- Information bedarf eines epistemischen Subjekts
- Formale Informationstheorien führen auf subjektabhängige Maßgrößen:
  - Information = Komplexität (nicht-berechenbar!)
  - Information = Wahrscheinlichkeit
- Subjektivismus ontologischer Grundbegriffe?
- Information im Sinne von Bedeutung und Semantik:
  - Information als Übertragung von Bedeutung zwischen Senders und Empfänger
  - Subjektivismus in einem noch weitergehenden Sinne...

**Teil 4:**

**Semantik**



## **Shannon, C. E. und W. Weaver (1949): The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.**

*“Das Wort Information wird in dieser Theorie in einem besonderen Sinn verwendet, der nicht mit dem gewöhnlichen Gebrauch verwechselt werden darf. Insbesondere darf Information nicht der Bedeutung gleichgesetzt werden. ... Tatsächlich können zwei Nachrichten, von denen die eine von besonderer Bedeutung ist, während die andere bloßen Unsinn darstellt, in dem von uns gebrauchten Sinn genau die gleiche Information enthalten. ... Information in der Kommunikationstheorie bezieht sich nicht so sehr auf das, was gesagt wird, sondern mehr auf das, was gesagt werden könnte. Das heißt, Information ist ein Maß für die Freiheit der Wahl, wenn man eine Nachricht aus anderen aussucht.”*



# Semiotische Dreidimensionalität

- Semiotik = Zeichenlehre (griech. sema= Zeichen)
- Charles William Morris:  
Dreigliedrigkeit des Zeichenbegriffs in den Dimensionen
  1. *Syntax*
  2. *Semantik*
  3. *Pragmatik*
- auf den Informationsbegriff übertragen:
  1. *Syntax* betrifft das Auftreten einzelner Informationseinheiten und ihrer Beziehungen untereinander
  2. *Semantik* betrifft die Bedeutung der Informationseinheiten und ihrer Beziehungen untereinander
  3. *Pragmatik* betrifft die Wirkung der Informationseinheiten und ihrer Beziehungen untereinander

# Bedeutung als Bezugnahme

- Bedeutung als Bezug / Referenz / Extension
- Bedeutung eines Begriffs:
  - „Hund“ bezieht sich auf Hunde-Vorkommnisse
  - Extension von „Hund“=Menge aller Hunde-Vorkommnisse in der Welt
- Bedeutung eines Satzes (Proposition):  
Sachverhalt / Tatsache / Wahrmacher des Satzes
  - „Der Schnee ist weiß“ bezieht sich auf die Tatsache in der Welt, dass Schnee weiß ist
  - Diese Tatsache macht den Satz wahr

# Bedeutung ist mehr als Bezugnahme

- Freges berühmtes Beispiel:
  - (1) Der Morgenstern ist der Morgenstern
  - (2) Der Morgenstern ist der Abendstern
- Satz (1) ist tautologisch, also wahr unabhängig von der Bedeutung seiner Ausdrücke
- Satz (2) ist informativ
- ABER: „Morgenstern“ und „Abendstern“ referieren auf den selben Gegenstand (Venus)
- Bedeutung ist mehr als Referenz
- Bedeutung als Intension (Frege: „Art des Gegebenseins“)
- Bedeutungen als abstrakte Entitäten?

# Bedeutungstheorien (Auswahl)

- Realistische Theorien der Bedeutung:
  - (Abbildtheorien)
  - (Wahrheitsfunktionale Semantiken)
  - Kausale Theorien
  - Teleosemantik
- Reduktionistische Theorien der Bedeutung:
  - (Abbildtheorien)
  - Gebrauchstheorien
  - Funktionale-Rollen-Semantiken
  - Konventionalismus
  - Interpretationismus

# Gebrauchstheorie der Bedeutung

- Ludwig Wittgenstein (Phil. Untersuchungen, 1953, § 43):  
*„Man kann für eine große Klasse von Fällen der Benützung des Wortes „Bedeutung“ - wenn auch nicht für alle Fälle seiner Benützung - dieses Wort so erklären: Die Bedeutung eines Wortes ist sein Gebrauch in der Sprache“*
- Sprache=Handlung, Sprachpragmatik  
→ Austin („Sprechakte“), Searle, Grice, Brandom...
- Nicht-referentielle Semantik (Semantik → Pragmatik):  
Bedeutung nicht durch Referenz, sondern durch  
Gebrauchspraktiken und Regeln (!?) festgelegt

# Funktionale-Rollen-Semantik

- Bedeutung in kognitiven Systemen:  
kausal-funktionale Rolle eines (bedeutungstragenden) mentalen Zustands im (kausalen Netz) eines kognitiven Systems
- Sprachgebrauch ebenfalls als funktionale Rolle eines Sprechers und seines Sprachverhaltens in einer Sprachgemeinschaft auffassbar
- Gebrauchstheorie der Bedeutung als systemexterne Fortführung einer systeminternen Funktionalen-Rollen-Semantik



## Fazit Teil 4: Semantik

- Der Begriff der Information kann nicht vom Begriff der Bedeutung abgetrennt werden, sonst kollabiert dieser Begriff (rein syntaktischer Information) auf andere Begriffe:

*Form, Struktur, Komplexität, Wahrscheinlichkeit*

- dann aber ist von Information nicht mehr sinnvoll die Rede!
- speziell: kein Zusammenhang zu Kognition, Bewusstsein etc.
- Information im Sinne von Bedeutung und Semantik führt auf ungelöste Grundlagenfragen in Sprachphilosophie und Philosophie der Kognition und des Geistes