

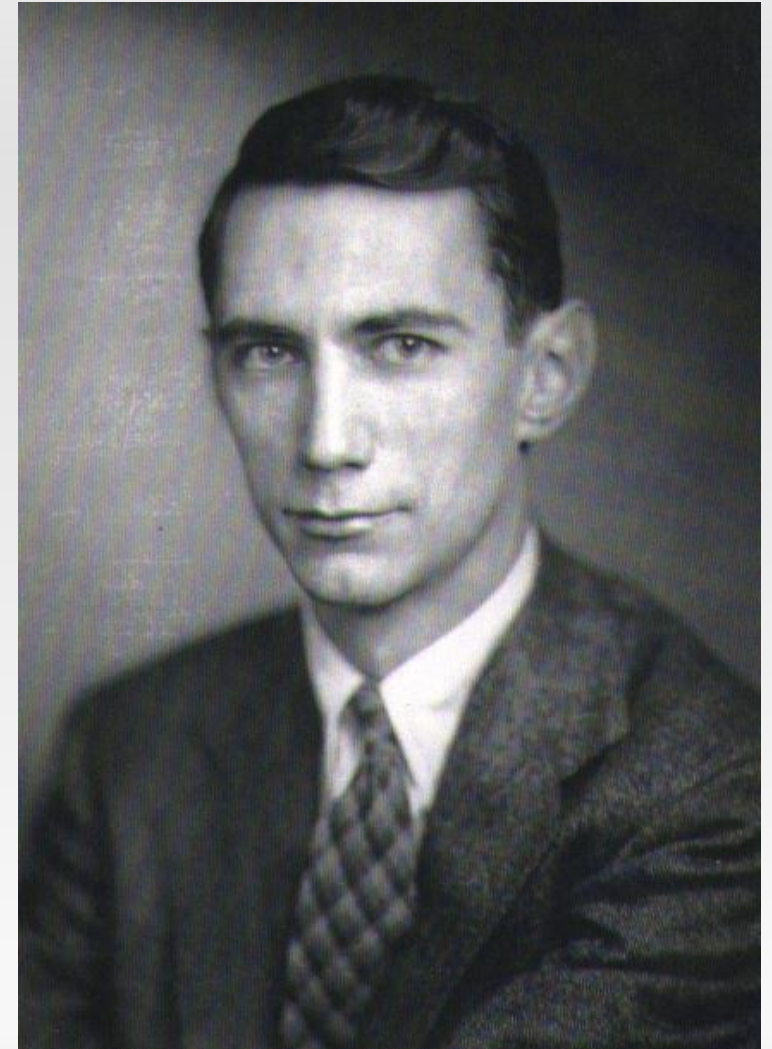
# Claude E. Shannon

## Informationstheorie

22.12.2009 - Markus Fußenegger

# Biographie

- Geboren: 30. April 1936
- Verheiratet mit: Mary Elizabeth
- 3 Kinder
- Gestorben: 24. Februar 2001



# Laufbahn

- 1932 Immatrikulation an der Universität Michigan
- 1936 Bachelor in Mathematik und Elektrotechnik
- 1936 Forschungsassistent am M.I.T
- 1940 Doktor in Mathematik und Elektrotechnik
- 1940 Arbeit in Princeton unter Hermann Weyl
- 1942 Forschungsarbeit in den Bell Laboratories

# Arbeit in den Bell Labs

- Arbeitete 15 Jahre in den Bell Labs
- Entwickelte die Kommunikationstheorie
- Forschung an Kodierungen und Kryptographie

# Zweite Unilaufbahn

- 1958 wurde er Professor am M.I.T
- 1978 emeritiert

# Wichtige Arbeiten

- A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits (1938)
- A Mathematical Theory of Cryptography (1945)
- A Mathematical Theory of Communication (1948)
- Programming a Computer for Playing Chess (1950)

# Freizeit

"I've spent lots of time on totally useless things." -  
Claude E. Shannon

- Unnütze Maschinen bauen
- Jonglieren
- Einrad fahren
- Spielte Klarinette

# Auszeichnungen

- Alfred Nobel Preis (1940)
- IEEE Medal of Honor (1966)
- Kyoto Preis (1985)
- Ehrendoktor in Yale, Oxford, Princeton, ...



# Informationstheorie

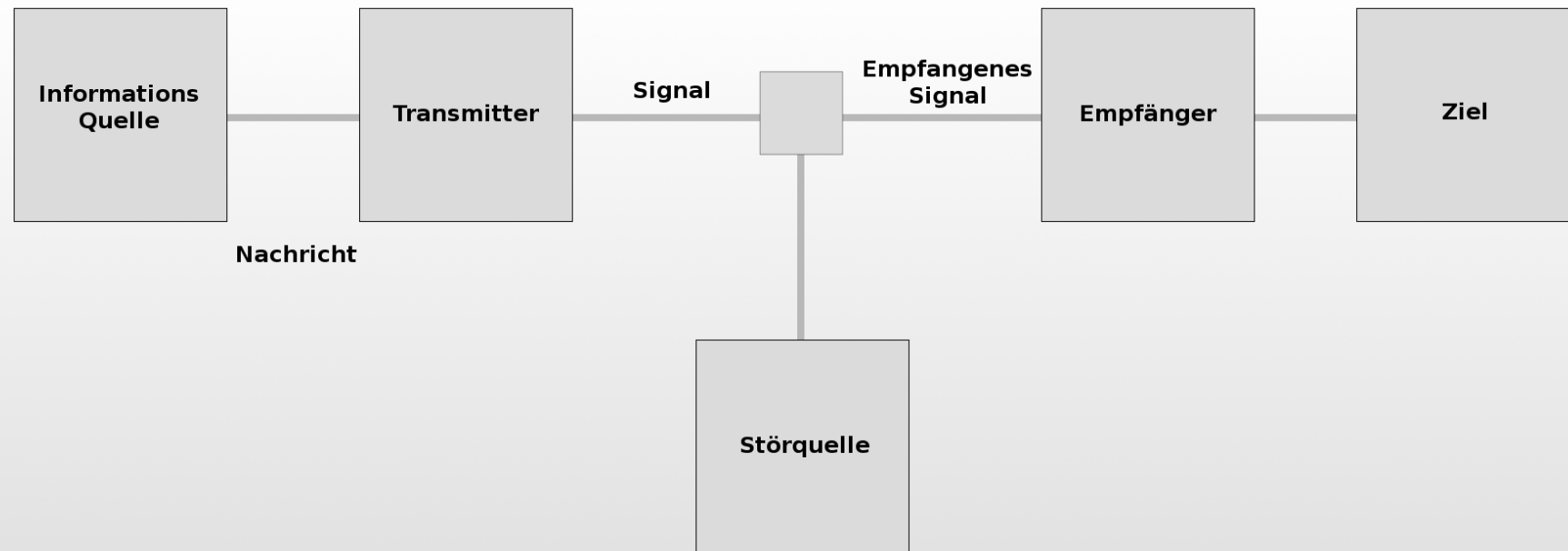
- Veröffentlicht 1948
- "The Mathematical Theory of Communication"

# 3 Ebenen

## Kommunikationsproblem

- Level A:
  - Wie akkurat können Symbole transportiert werden? (Technisches Problem)
- Level B:
  - Wie genau entsprechen die übertragenen Symbole der gewünschten Bedeutung? (Semantisches Problem)
- Level C:
  - Wie genau wird die empfangene Bedeutung interpretiert? (Effizienz Problem)

# Kommunikationssystem



# Kanalkapazität

*Die Kapazität ist definiert durch*

$$C = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\log(N(T))}{T}$$

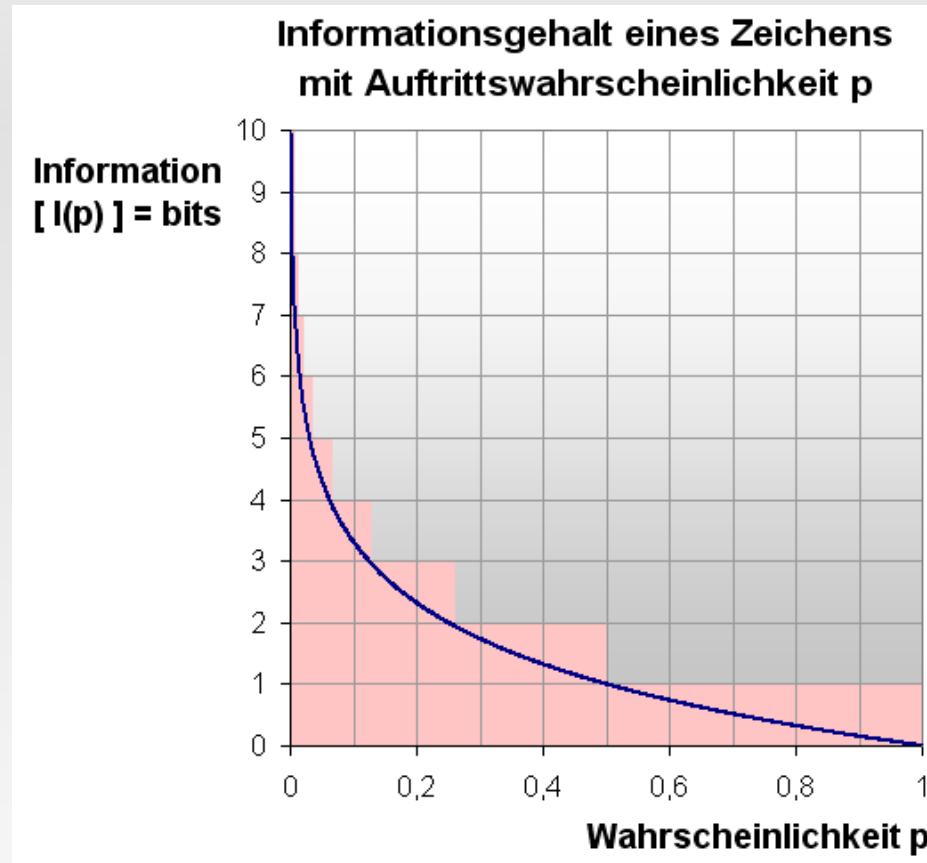
*wobei  $N(T)$  die Anzahl von erlaubten Signalen der Zeit  $T$  ist.*

# Nachrichtenquelle und Entropie

- Statistischer Prozess
- Entropie der Quelle ist ein Maß für den mittleren Informationsgehalt oder für beseitigte Unsicherheit

$$H = - \sum_{i=1}^m p_i * \log_2(p_i)$$

# Informationsgehalt



# Münzwurf

- Wahrscheinlichkeiten:

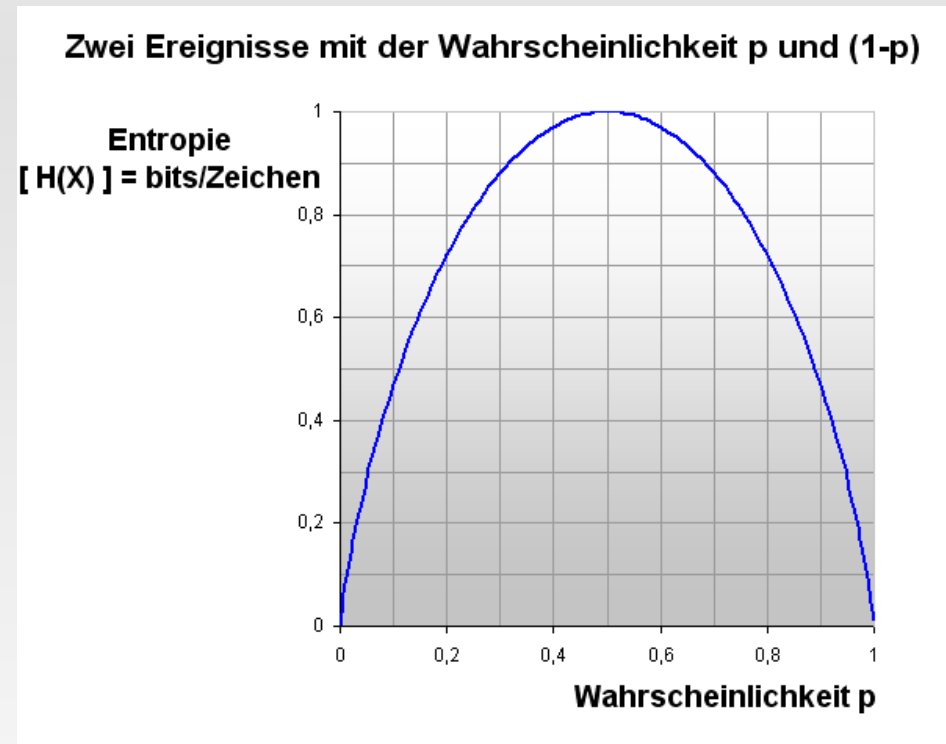
$$p = 0.5$$

$$q = 0.5$$

$$H = -(p * \log_2 p + q * \log_2 q)$$

$$H = -(p * \log_2 p + (1 - p) * \log_2 (1 - p))$$

- Diese Funktion wird auch die Binäre Entropie Funktion bezeichnet und als  $H(p)$  notiert.

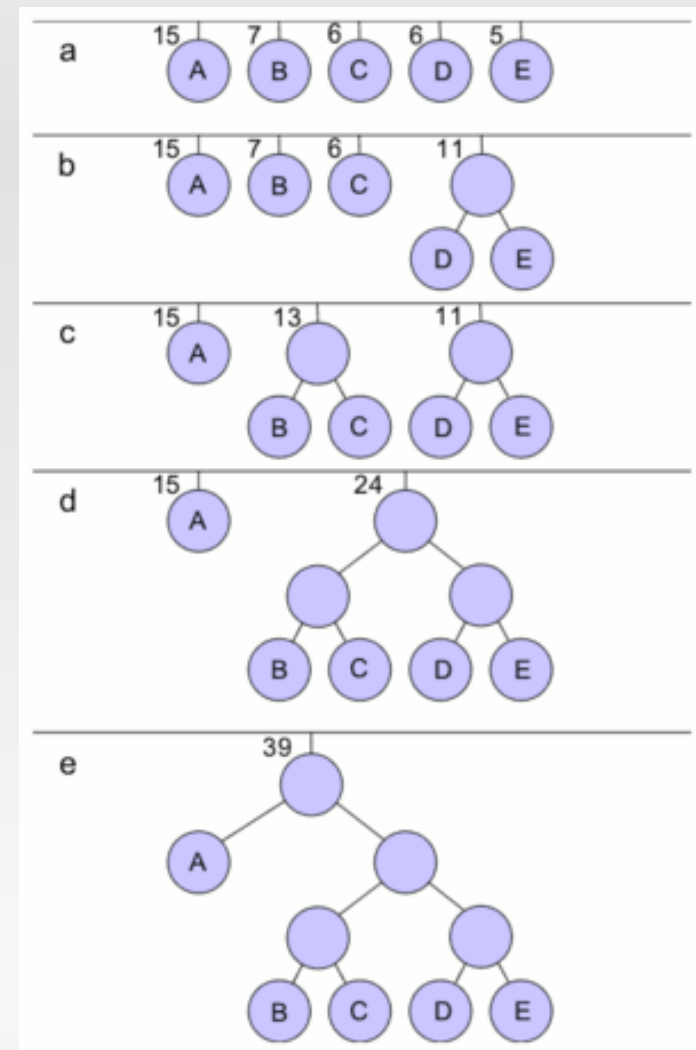


# Kodierung

- Shannons Quellcodierungssatz
- Entropie untere Schranke
- Maximale Übertragungsrate  $C / H$

# Huffmancode

- $A = 15; B = 7; C = 6; E = 5$
- $H = 2.16$  Bit/Zeichen
- $HC = 2.23$  Bit/Zeichen



# Kanal mit Störgeräuschen

- $H(x)$  = gesendetete Signal
- $H(y)$  = empfangenes Signal
- $H_x(y)$  und  $H_y(x)$  = Entropie des empfangenen Signals falls das Ausgangssignal bekannt war und umgekehrt

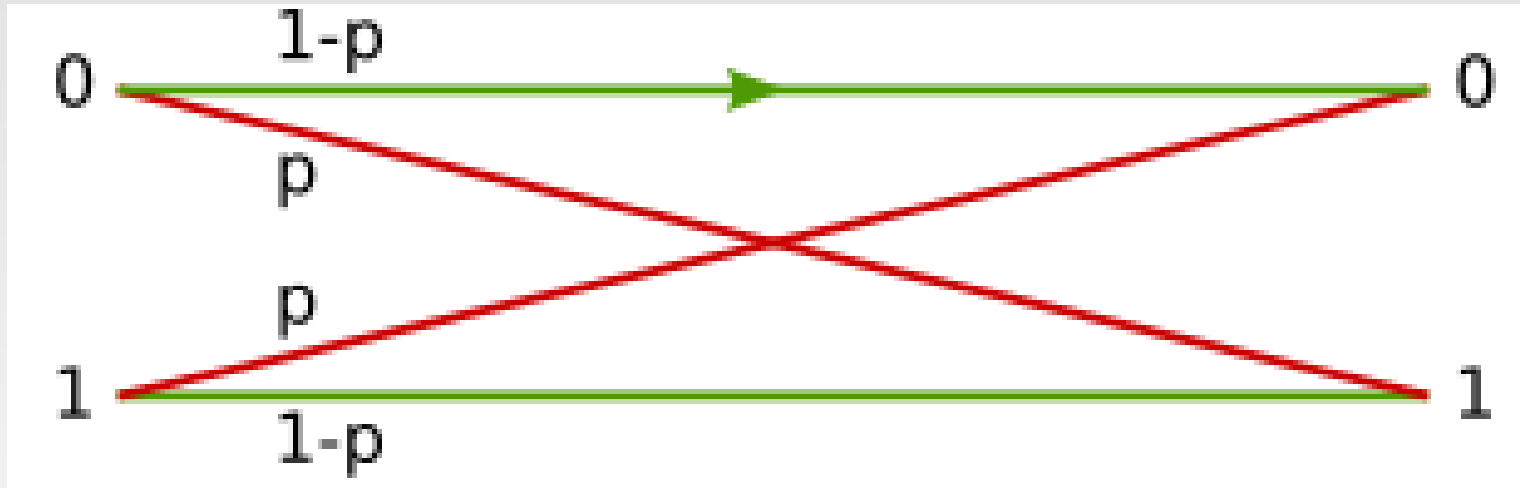
$$H(x, y) = H(x) + H_x(y) = H(y) + H_y(x)$$

$$C = \text{Max}(H(x) - H_y(x))$$

# Fundamentale Satz

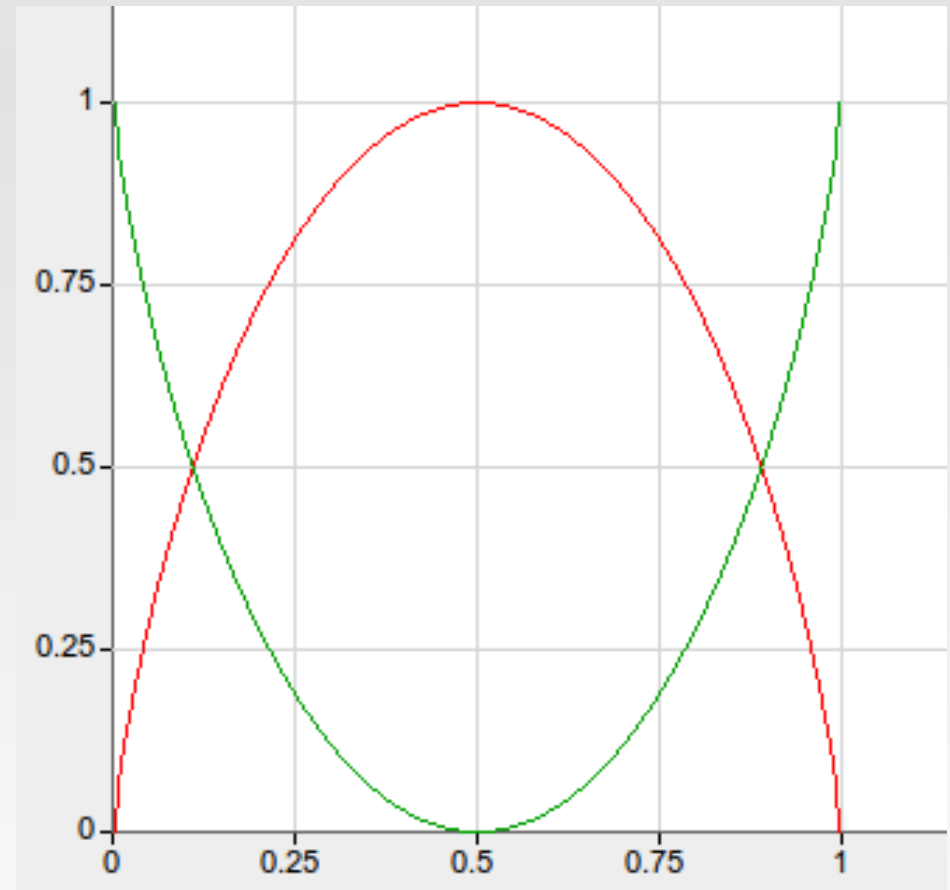
- Vor Shannon: Verminderung der Fehlerwahrscheinlichkeit durch mehr Redundanz
- Falls Quellentropie  $<$  Kanalkapazität
- Ist es möglich eine Kodierung zu finden bei der die Fehlerwahrscheinlichkeit marginal ist

# Binärer symmetrischer Kanal



# Kapazität BSC

- Rot:  $H(p)$
- Grün:  $1 - H(p)$



# Auswirkungen

- Extrem fundamentale Theorie
- Findet überall Anwendung
- Auch außerhalb der Informatik

# Shannons Maschinen

- Ultimate Machine
- Theseus
- Mind-Reading Machine
- Schachcomputer

# Quellen

- A Mathematical Theory of Communication (1948) – Claude E. Shannon