

Hofstätter, P.R.  
Artikel: Informationstheorie

1957 Frankfurt/AM, Fischer-Lex. Psych. S. 168-172

### Informationstheorie

licher Weise zu reagieren haben. J. Merkel (1885), ein Schüler Wundts, bestimmte die für eine Reaktion erforderliche Zeit (RT, → Reiz und Reaktion) in ihrer Abhängigkeit von der Anzahl der Alternativen; im Falle von  $N = 10$  war auf jede der Zahlen von 1 bis 10 mit einem bestimmten Finger zu reagieren. Die Reaktionszeit wächst im Verhältnis zum Logarithmus von  $N$  (Abb. 58); in ihr drückt sich daher die für die Wahl der

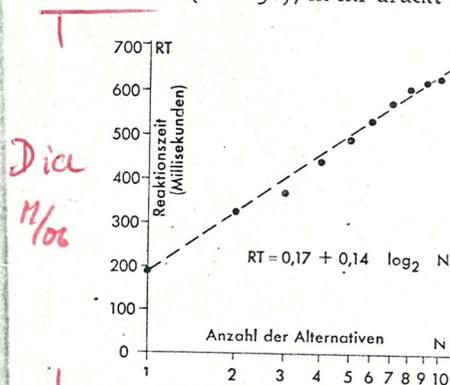


Abb. 58: Die Reaktionszeit als Funktion des Gehaltes an Information

richtigen Reaktion erforderliche Information ( $H$ ) aus. Das Merksche Ergebnis, das mehr als ein halbes Jahrhundert vor den ersten Arbeiten Shannons gewonnen wurde, konnte inzwischen mehrfach bestätigt werden (W.E. Hick, 1952; R. Hyman, 1953). Es verträgt sich auch mit dem Resultat der Assoziationsversuche, wonach die Reaktionszeit mit der Anzahl der Reaktionsmöglichkeiten zunimmt und daher für freie → Assoziationen größer zu sein pflegt als für kontrollierte. Psychophysische Experimente mit der Konstanzmethode haben ebenfalls eine Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Anzahl der zur Auswahl gestellten Kategorien ergeben (W.N. Kellogg, 1931). Die subjektive Gewißheit, mit der Vpn eine Wahl treffen, ist der für die Wahl erforderlichen Reaktionszeit und dem für sie charakteristischen Informationswert umgekehrt proportional (D. M. Johnson, 1955). Damit rechtfertigt sich die Bezeichnung der Information als eines Maßes der Unsicherheit, die durch sie behoben wird. Die Leistungen des Sprechens und des Sprachverstehens hat G. A. Miller (1951) einer informationstheoretischen Analyse unterzogen (→ Sprache). Sie erfolgt in fünf Stufen: 1. Ein normaler Sprecher des Englischen verwendet 39 verschiedene Sprachlaute (Phoneme) in einem Durchschnittstempo von 12,5 Lauten pro Sekunde. Der Sprecher erzeugt und der Hörer übernimmt daher Informationen mit einem Tempo von  $H = 12,5 \log_2 39 = 66$  bit pro Sekunde. 2. Stellt man die ungleiche Häufigkeit in Rechnung, mit der die einzelnen Laute gebraucht werden, so ergibt sich:  $H = 60$  bit pro Sekunde. 3. Das geübte Sprechen (und Hören) vollzieht sich in Silben und nicht in Lauten; es gibt deren 4500, wovon im Durchschnitt 5 pro Sekunde gesprochen werden:  $H = 5 \log_2 4500 = 61$  bit pro Sekunde.

S. 202  
207

### Informationstheorie

Dieser Wert sinkt auf 46 bit, da die Silben verschiedene Häufigkeiten besitzen. 4. Auf ein Vokabularium von 22 000 Wörter bezogen (3 pro Sekunde) ergibt sich  $H = 43$  bit pro Sekunde, und in Anbetracht der verschiedenen Wortfrequenzen reduziert sich dieser Wert auf  $H = 11$  bit pro Sekunde. 5. In geordneten Sätzen engen die vorausgehenden Wörter die Anzahl der Alternativen für das auf sie folgende Wort abermals ein; es ergibt sich daher im Sprechverkehr schließlich eine Informationsleistung von durchschnittlich 8 bit pro Sekunde. Das bedeutet immerhin noch, daß sowohl der Sprecher wie der Hörer in jeder Sekunde eine Auswahl aus  $2^8 = 256$  Alternativen zu treffen hat. Zur Illustration diene der Fall eines Anfängers, der zwar schon die griechischen Buchstaben ( $N = 24$ ,  $\log_2 N = 4,58$ ), nicht aber den Sinn der Wörter kennt; er liest einen neuen Text etwa im Tempo von zwei Buchstaben (ungefähr 9 bit) pro Sekunde.

Die Leistung von 8 bit pro Sekunde ist sehr beachtlich, sie bleibt jedoch weit hinter dem theoretischen Maximum von 66 bit pro Sekunde zurück. Offenbar erfordert die Natur des nervösen Zentralorgans diesen Verzicht. Es liegt nahe, den Wert von etwa 10 zweiwertigen Entscheidungen pro Sekunde einerseits mit der Durchschnittslänge des erlebten Moments (0,05 bis 0,10 Sekunden, J. M. Stroud, 1950, 1955) und andererseits mit dem elektrischen Grundrhythmus des → Gehirns, dem *Alpha-rhythmus* mit 10 Schwingungen pro Sekunde, in Zusammenhang zu bringen.

Die Tatsache, daß wir beim Sprechen das uns zu Gebote stehende Zeichensystem nur in sehr bescheidenem Maße ausnützen, wird durch den Begriff der *Redundanz* beschrieben: Redundanz ist  $1 - \frac{H}{H_{\max}} = 1 - \frac{8}{66} = 0,88 = 88\%$ . Im täglichen Leben

begegnen wir einer sehr hohen Redundanz, wenn jemand sich umständlich ausdrückt, d. h. mit vielen Worten sehr wenig sagt. Meistens bekundet eine hohe Redundanz aber weniger Ungeschicklichkeit als den Wunsch, das Verständnis zu sichern bzw. Mißverständnisse auszuschalten und das Behalten zu erleichtern. Aus diesem Grunde werden z. B. auf Schecks die Geldbeträge sowohl in Zahlen als auch in Buchstaben geschrieben und im telegraphischen Verkehr Zahlen häufig zweimal durchgegeben. Daß Redundanz auch das gedächtnismäßige Behalten erleichtert, erfährt man am besten an den Schwierigkeiten, die sich der Einprägung eines atonalen Musikstückes entgegenstellen. Während nämlich die tonale Musik nur gewisse Tonfolgen zuläßt und damit einen erheblichen Redundanzfaktor enthält, unterwirft sich die atonale Musik keinen Sukzessionsregeln dieser Art.