



2 Kognitive Psychologie

2.1 Was ist Kognitive Psychologie

Die Kognitive Psychologie versucht sämtliche Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungsprozesse eines Menschen als Modell abzubilden. Typischerweise wird dabei mit der Aufstellung einer These, der Erarbeitung eines Modells und der anschliessenden Falsifikation des Modells durch Testreihen gearbeitet.

Die Kognitive Psychologie arbeitet auf den drei Ebenen Empirische Untersuchungen, Theoretische Analysen und Modellierung kognitiver Strukturen und Prozesse. *Die empirischen Untersuchungen* befassen sich mit der Organisation, Funktion und Ressourcenlimitationen des kognitiven Apparats des Menschen. *Die theoretische Analysen* verschiedener kognitiver Funktionsbereiche umfassen die Analyse sämtlicher kognitiven Prozesse des Menschen. *Die Modellierung kognitiver Strukturen und Prozesse* durch die Konstruktion virtueller kognitiver Maschinen versuchen durch eine idealisierte Abbildung und anschliessender Verifikation durch Versuchsreihen schlüssige Modelle des kognitiven Apparates des Menschen zu entwerfen.

Die Kognitive Psychologie oder auch die Kognitionswissenschaft hat direkten und indirekten Einfluss auf die Informatik. Direkt ist von den Erkenntnissen dieses Bereichs vor allem die Mensch-Computer-Interaktion betroffen. So stammt beispielsweise die 7 ± 2 Regel, gemäss derer in einem Menu nicht mehr als 7 Einträge vorhanden sein sollten, aus den Erkenntnissen der Gedächtnisforschung. Indirekt sind viele Systemtypen der Informatik betroffen. Vom Chipdesign über die Realisierung von Sprachegesteuerten Systemen bis hin zur Realisierung von biometrischen Sicherheitssystemen basieren viele IT-Systeme auf den Erkenntnissen der kognitiven Psychologie.

2.1.1 Marr's Framework

Der Neurophysiologe David Marr, der sich hauptsächlich mit dem Erkennen von Gegenständen beschäftigte, begriff die Kognitive Psychologie als Kombination von Psychologie,

Computational Modelling und Neurosciences. Gemeinsam mit Thomaso Poggio entwickelte Marr am MIT ein geschichtetes Modell des Menschen als informationsverarbeitendes System. Dieses System arbeitet auf drei Ebenen wie in der **Abbildung 2.1** dargestellt.

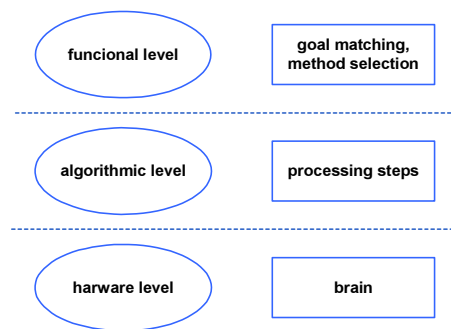


Abbildung 2.1 Das Theorieframework von Marr

- *Functional Level*: Diese Ebene wird auch Computational Framework genannt. Die Aufgabe dieser Ebene ist die Wahl der richtigen Strategie zur Lösung eines gegebenen Problems sowie die Auswahl der geeigneten Algorithmen.
- *Algorithmic Level*: Auf dieser Ebene finden sich sowohl die Regeln zur Interpretation als auch die einzelnen Prozess-Schritte zur Abarbeitung eines bestimmten Problems
- *Hardware Level*: Damit ist das menschliche Gehirn gemeint.

Die *funktionale Ebene* ist für die Auswahl der Lösungsstrategie und die Koordination der entsprechenden Algorithmen zuständig. Die *algorithmische Ebene* führt Berechnungen durch und verarbeitet Reize oder steuert die Repräsentation des Verarbeiteten. Die *Implementations-Ebene* ist für die Abarbeitung der Berechnungen zuständig. Sie ist die Hardware des gesamten Systems [Marr, Poggio 1976].

2.1.2 Kognitive Modellierung

Die Kognitive Psychologie kennt eine Reihe von Methoden um Wahrnehmung, Lernen, Gedächtnis, Denken, Aufmerksamkeit und Sprache zu erforschen. Neben den direkten Messmethoden (Reaktions-, Entscheidungs- und Blickbewegungsmessung) und der Befragung von Testpersonen wird die Computersimulation kognitiver Prozesse eingesetzt. Diese Methode wird auch kognitive Modellierung genannt. Die kognitive Modellierung ist die wichtigste Methode der Kognitionswissenschaften, um empirische Analysen und Formulierung von Theorien und deren Abbildung als Software zu unterstützen.

2.1.2.1 Definition

Kognitive Modellierung ist die Spezifikation und Implementation virtueller kognitiver Systeme, bestehend aus rekonstruierten repräsentationalen Strukturen und einer diese enkodierenden und interpretierenden Kognitiven Architektur [Wallach 1998].

2.1.2.2 Methodik der kognitiven Modellierung

Die Modellierung kognitiver Prozesse erfolgt in vier Phasen, der Aufgabenanalyse, der Durchführung empirischer Untersuchungen, der Modellimplementierung und der Geltungsprüfung.

Die Aufgabenanalyse beantwortet die beiden Fragen, was sind für die Aufgabenbewältigung notwendige Wissensvoraussetzungen und was sind modellrelevante Eigenschaften der Kognitiven Architektur.

Die Durchführung empirischer Untersuchungen erfolgt je nach Modelltyp entweder als idiographisches, prototypisches oder individualisiertes Modell. *Das idiographische Modell* rekonstruiert ein ausgewähltes Problem. Idiographisch bedeutet etwas Einmaliges, Individuelles und Besonderes. *Das prototypische Modell* konstruiert ein Modell für alle Probleme. Das *individualisierte Modell* enthält sowohl allgemeine als auch individuelle Komponenten.

Die Modellimplementierung erfolgt durch eine Programmierung des Modells und wird sehr oft mittels Inkrementeller Modellentwicklung, unter Heranziehung von Daten durchgeführt. Dabei kommen Programmiersprachen wie LISP oder Prolog zum Einsatz oder es werden Regelsysteme, Neuronale Netze, Frame Based Systems oder auch andere Mittel eingesetzt.

Die Geltungsprüfung der Modellierung versucht unter Einbezug zweier Aspekte das gewählte Modell zu verifizieren – das Identifikationsproblem und das Suffizienzproblem. Das Identifikationsproblem untersucht den Zusammenhang zwischen dem Modell und der Realität bezüglich Abdeckung und Eindeutigkeit. Das Suffizienzproblem bestimmt den Auflösungsgrad, der gewählt werden muss, um ein Problem richtig abzubilden.

2.1.3 David Marr



Abbildung 2.2 Gehirn Neuronen

David Courtnay Marr wurde am 19.1.1945 in Essex, England geboren. Er studierte Mathematik und schrieb eine Doktorarbeit im Bereich der theoretischen Neurowissenschaft. Er untersuchte vor allem die Hirnfunktionen von Säugetieren. 1973 wechselte er an das Artificial Intelligence Laboratory der MIT. Er erkrankte 1978 an Leukämie und starb als frisch gewählter Professor des MIT 1980. Sein Werk "Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information" wurde erst zwei Jahre nach seinem Tod veröffentlicht [Marr 1983]. Es gilt heute als eines der wichtigsten Werke im Bereich der "Human and Computer Vision". Basierend auf seinem Modell des Sehens entwickelte er eine Filterfunktion zur Erkennung von Kanten in einem Bild, welche heute nach ihm benannt ist [Marr, Hildreth 1980]. Das Marr-Wavelet oder auch der Mexikanische Hut wird heute in der Bildverarbeitung eingesetzt.

2.2 Pattern Recognition

Unter Pattern Recognition (Objekterkennung durch den Menschen oder auch Objektwahrnehmung) versteht man die Wahrnehmung von Gegenständen, wie sie einem im täglichen Leben begegnen und deren richtige Einordnung in die jeweilige Szene bzw. das Umfeld. Der Mensch erhält die visuelle Information über die Objekte in Form von zweidimensionalen Abbildern auf der Netzhaut. Anschliessend muss er die Objekte in dreidimensionale Gegenstände aus der Umwelt umwandeln. Das Wahrnehmungssystem steht dabei vor zwei Problemen, der Objektseparation und der Objektisolation.

- *Objektseparation*: Schneiden sich drei Linien in einer 2D Abbildung, so ist zu entscheiden, ob es sich dabei um das gleiche Objekt handelt oder nicht.

- **Objektisolation:** Auf einer 2D Darstellung können sehr viele verschiedene 3D Gegenstände dargestellt werden und das visuelle System muss das "richtige" Objekt erkennen.

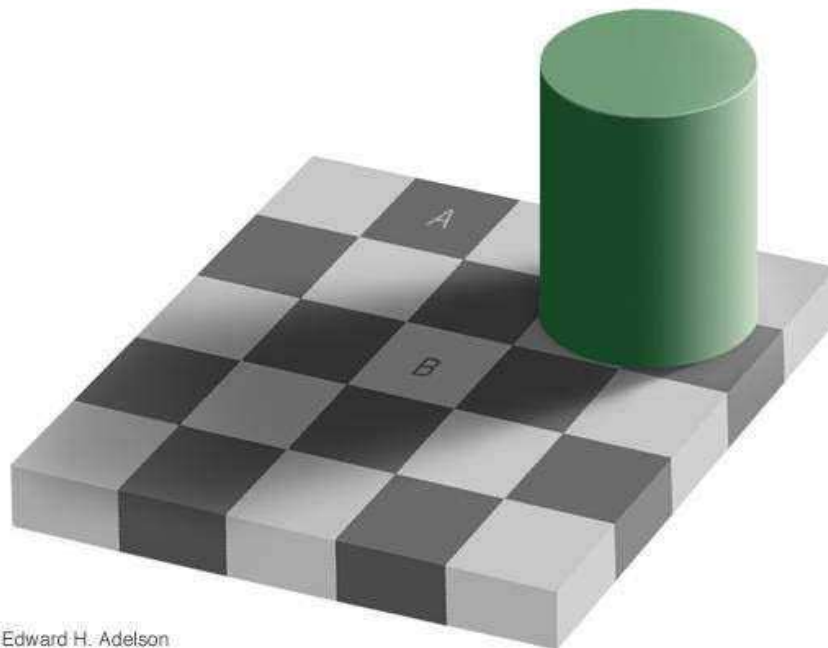


Abbildung 2.3 Haben die Felder A und B dieselbe "Farbe" ?

Die optische Täuschung, wie in der **Abbildung 2.3** dargestellt, illustriert die beiden grundlegenden Problematiken der visuellen Wahrnehmung.

2.2.1 Ansätze zur Erklärung

Sich mit der Identifikation von Objekten zu beschäftigen heisst, die visuellen Reizstrukturen und die damit verbundene Wahrnehmung zu untersuchen. Ausgangspunkt ist die Tatsache, dass sich die visuellen Reizwirkungen stets auf vielfache Weise gliedern lassen und das Wahrnehmungssystem in der Regel immer nur eine realisiert.

Mögliche Ansätze zur Erklärung dieses Phänomens sind die Gestalttheorie, die stufenweise Detaillierung von David Marr und die Trennung von Objekten in einzelne Komponenten von Irving Biederman.

- Die *Gestaltpsychologie* versucht, Gesetzmässigkeiten zur Gliederung von Objekten zu finden, die die Organisation von Teilen zu einem Ganzen erklären.
- Die *stufenweise Detaillierung* bildet die algorithmische Wahrnehmung durch eine stufenweise Detaillierung eines Objektes ab.

- Die Trennung in einzelne Komponenten teilt ein Objekt in seine Grundobjekte auf.

2.2.2 Gestalttheorie

Die Gestaltpsychologie ist ein Teilgebiet der Psychologie, welches sich mit dem Aufbau der Welt der Wahrnehmung beschäftigt. Als ihr Begründer gilt Max Wertheimer (1887-1943), Professor für Psychologie an der Universität Frankfurt. Nach dem Motto " „*Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile*" (Aristoteles) hat Wertheimer die 6 Gestaltgesetze definiert. Das Gesetz der Nähe, das Gesetz der Ähnlichkeit, das Gesetz der guten Gestalt, das Gesetz der guten Fortsetzung, das Gesetz der Geschlossenheit und das Gesetz des gemeinsamen Schicksals.

2.2.2.1 Die Gestaltgesetze

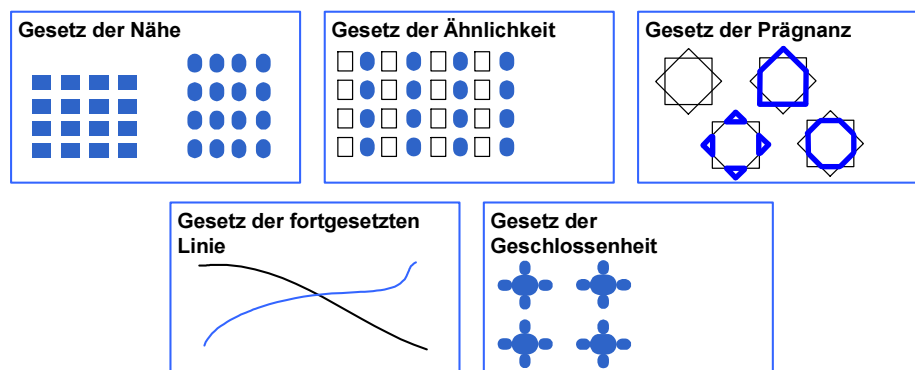


Abbildung 2.4 Die Gestaltgesetze von Max Wertheimer

- *Gesetz der Nähe:* Elemente mit geringen Abständen werden zueinander als zusammengehörig wahrgenommen.
- *Das Gesetz der Ähnlichkeit:* Einander ähnlich sehende Elemente werden eher als zusammengehörig erlebt als einander unähnlich sehende. Die Ähnlichkeit kann hierbei auf Helligkeit, Farbe, Orientierung, Grösse und / oder Form bezogen sein.
- *Das Prägnanzgesetz (Gesetz der guten Gestalt - Gesetz der Einfachheit):* Die "Gestalt-haften" Wahrnehmungseinheiten bilden sich stets so aus, dass das Ergebnis eine möglichst einfache und einprägsame Gestalt darstellt, d.h. dass jedes Muster so gesehen wird, dass die dabei entstehende Figur so einfach wie möglich ist.
- *Gesetz der fortgesetzt durchgehenden Linie (Gesetz der guten Fortsetzung):* Muster wie z. B. Punkte, die im Falle ihrer Verbindung in einer geraden oder sanft geschwungenen Kurve angeordnet sind, sind in einem Zusammenhang zu sehen. Linien an Schnittpunkten werden bevorzugt im Sinne einer Fortführung ihrer bisherigen Linienführung gesehen.

- *Das Gesetz der Geschlossenheit*: In geometrischen Gebilden werden diejenigen Strukturen als Figur wahrgenommen, die eher geschlossen als offen wirken. Diese Geschlossenheit wird durch tatsächlich vorhandene geschlossene Linienzüge, aber auch nur durch die Vorstellung derselben bewirkt.
- *Das Gesetz des gemeinsamen Schicksals*: Muster, die eine Bewegung oder Veränderung, beispielsweise durch Drehung oder Verschiebung, in die gleiche Richtung erfahren, werden als Einheit wahrgenommen.

Die Gestaltgesetze finden in der Informatik verschiedene Anwendungen. Sie werden beispielsweise für die Umsetzung hochinteraktiver User Interfaces genutzt, um komplexe Darstellung zu vereinfachen. Sogar in der Modellierung von Geschäftsprozessen wird die Gestalttheorie eingesetzt, um Merkmale von Prozessen zu isolieren und damit die Modellierung dieser Prozesse zu vereinfachen [Holl 2000]

2.2.3 Objektwahrnehmung als Stufenweiser Prozess

Das kognitive Modell der Objektwahrnehmung als Stufenweiser Prozess geht davon aus, dass der Mensch Objekte durch einen geordneten Erkennungsprozess erkennt. Beide Modelle – also die Objekterkennung über Konturen und Dekomposition sowie die Isolation von Grundkomponenten – finden ihre Entsprechung in IT-Systemen wie beispielsweise dem Aufbau von Graphikprozessoren und der Gliederung von Pattern Recognition Software.

2.2.4 Der Erkennungsprozess von Marr

David Marr hat in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts mit seinem Buch "Vision" [Marr 1982] den Grundstein für die stufenweise Erkennung von Objekten entwickelt. Er geht dabei von einem Vorgang in vier Schritten aus. Die Physische Welt wird als Bild auf der Retina des Auges abgebildet. Das Gehirn erfasst anschliessend die Konturen, Kanten und Flächen eines Objektes als Rohskizze (Primal Sketch). Diese Rohskizze wird in einem nächsten Schritt um Tiefe und Orientierung des Objektes im Raum erweitert (2.5-D Sketch). Die mentale Repräsentation des Bildes und dessen Objekte in 3D erfolgt in einem letzten Schritt (3-D Model Representation).

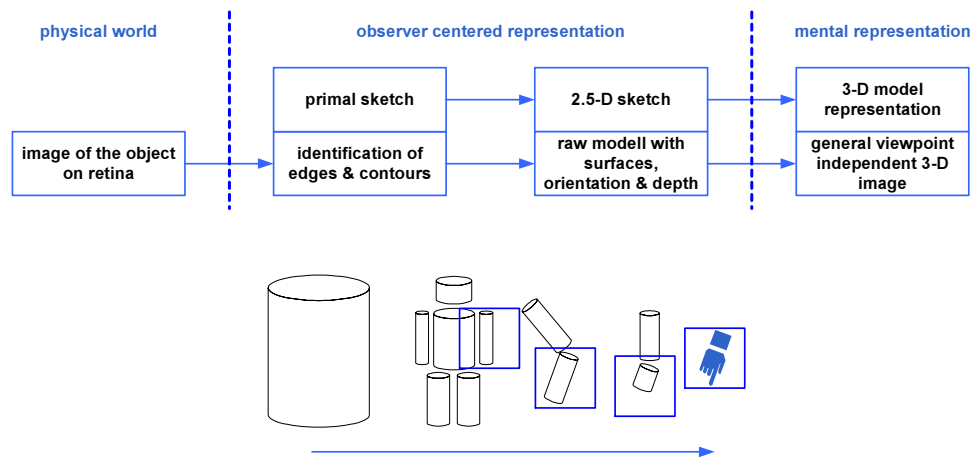


Abbildung 2.5 Marr's Grund Modell der Prozessorientierten Objektwahrnehmung

- *Primal Sketch*: Die Rohskizze hat als Input das 2-D Abbild des betrachteten Objektes auf der Retina. Diese Verarbeitungsstufe identifiziert Elementarmerkmale wie Konturen, Kanten und Flächen des zugrunde liegenden Gegenstandes. Die Identifikation wird durch Analyse des zugehörigen Netzhautabbildes nach Intensitäts- beziehungsweise Helligkeitsunterschieden erreicht.
- *2.5-D Sketch*: Die 2.5-D Skizze verarbeitet die globalen Flächen aus der Rohskizze unter den Gesichtspunkten der Tiefe und Orientierung. Dabei entstehen orientierte (Ober-) Flächen mit Richtungszuweisungen.
- *3-D Model Representation*: Dieser wichtigster Schritt bei der Erkennung 3-D Gegenstände wandelt die Betrachtung des zu erkennenden Objektes in ein abstraktes, vom Betrachtungswinkel unabhängiges, Modell um.

2.2.5 Trennung von Grundkomponenten

Die Grundidee der "Recognition by Components" stammt vom Psychologen Irving Biederman [Biedermann 1987], der an der State University of New York die RBC Theorie entwickelte. Sein Ansatz war, dass "...jeder 3-D Körper erzeugt bei der zweidimensionalen Abbildung auf der Retina Konturen beziehungsweise Kanten mit bestimmten Eigenschaften. Diese Eigenschaften sind bei der Rekonstruktion der Bestandteile und des Objekts als ganzes hilfreich. Diese bestimmten Eigenschaften der Konturen des Retinabildes widerspiegeln entsprechende Verhältnisse innerhalb des Objekts."

Diese Eigenschaften (NOP: Non-Accidental Properties) sind:

- Gerade Kanten
- Gekrümmte Kanten
- Symmetrische Kanten

- Asymmetrische Kanten
- Zusammenlaufende Kanten (T-, Y-, L- oder pfeilförmig)

Diese Eigenschaften werden als nicht-zufällige (non-accidental) Merkmale zusammengefasst; nicht-zufällig sind sie deshalb, weil es Merkmale sind, welche durch die zweidimensionale Abbildung des dreidimensionalen Körpers von dessen Form systematisch erzeugt werden und somit unabhängig von der Betrachtungsperspektive des Gegenstands sind. Sie werden laut Biederman schnell ausfindig gemacht und durch Kombination der Konturen mit diesen Eigenschaften entstehen die elementaren Teilkörper, welche die Komponenten darstellen, aus denen jedes Objekt zusammengesetzt ist. Sie werden von Biederman als *Geone* (geometric icon) bezeichnet, die in **Abbildung 2.7** der aufgelistet werden.

2.2.5.1 Der Erkennungsprozess von Biedermann

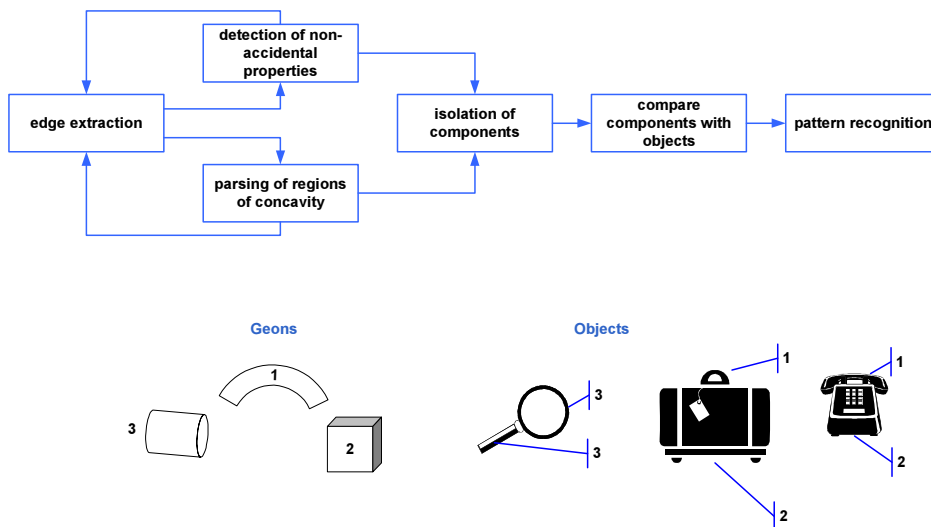


Abbildung 2.6 Recognition by Components von Irving Biedermann

Die Objekterkennung durchläuft in RBC einen mehrstufigen Prozess, wie in **Abbildung 2.6** dargestellt. Die Schritte sind:

- *Edge Extraction:* Die Kantenextraktion erfolgt über die Identifikation der fünf Eigenschaften und der Zerlegung der Figuren an konkaven Konturen.
- *Detection of non-accidental Properties:* Die Eigenschaften (gerade / gekrümmte / symmetrische / asymmetrische oder zusammenlaufende Kanten) werden erkannt.
- *Parsing of Regions of Concavity:* Alle Bereiche des Objektes werden auf konkave (nach Aussen gewölbte) Schnittstellen hin abgesucht.
- *Isolation of Components:* Einzelne Bestandteile werden von den Gesamtobjekten isoliert.

- *Compare Components with Objects*: Die Bestimmung von Komponenten vergleicht die 36 Geons mit den einzelnen Bestandteilen.
- *Pattern Recognition*: Das Gesamtobjekt wird erkannt.

2.2.5.2 Die Geons

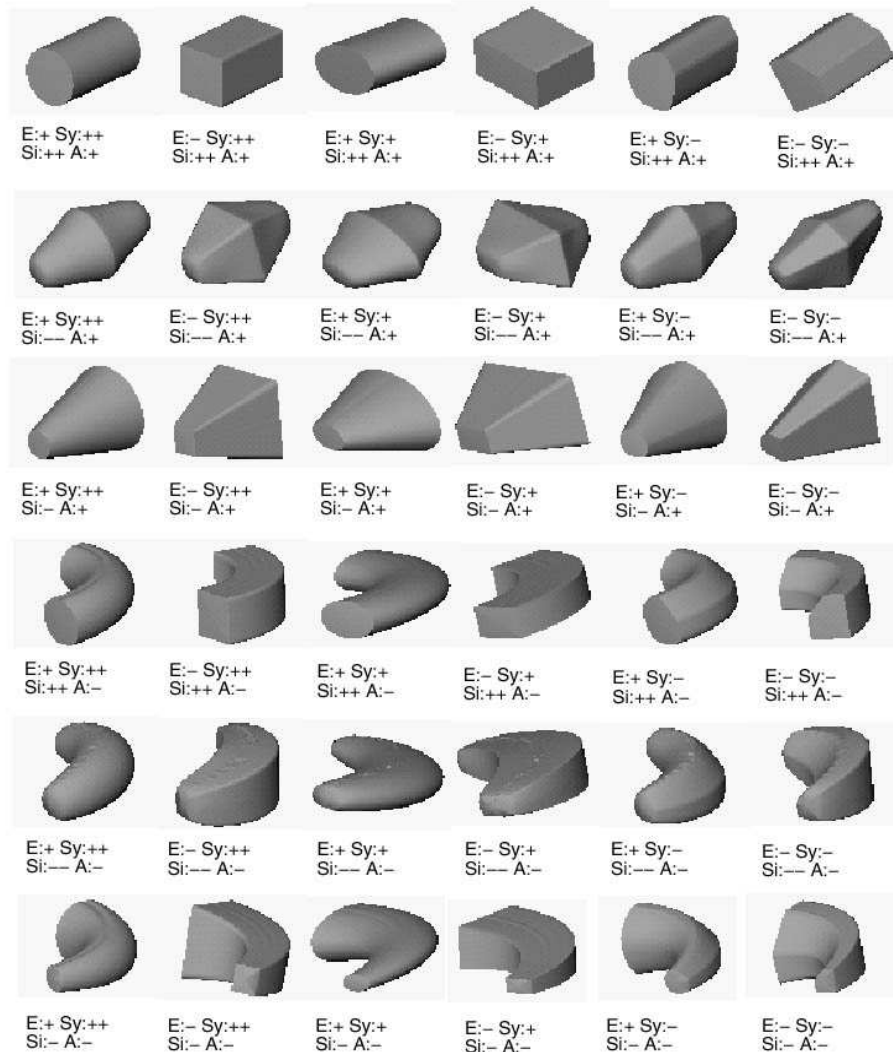


Abbildung 2.7 Die 36 Geons von Irving Biedermann

2.2.6 Anwendungsbeispiel Gesichtserkennung

Das klassische Modell der Gesichtserkennung stammt von den beiden Wissenschaftlern Bruce und Young [Bruce, Young 2000]. Die Basisüberlegung ist eine Unterscheidung zwischen der Erkennung von bekannten und von unbekannten Gesichtern. Ein Gesicht wird durch eine getrennte Verarbeitung des Gesichtsausdrucks, der speziellen Merkmale und der Analyse der Lippenbewegungen wahrgenommen und bekannten Gesichtern gegenübergestellt, wie in **Abbildung 2.8** skizziert.

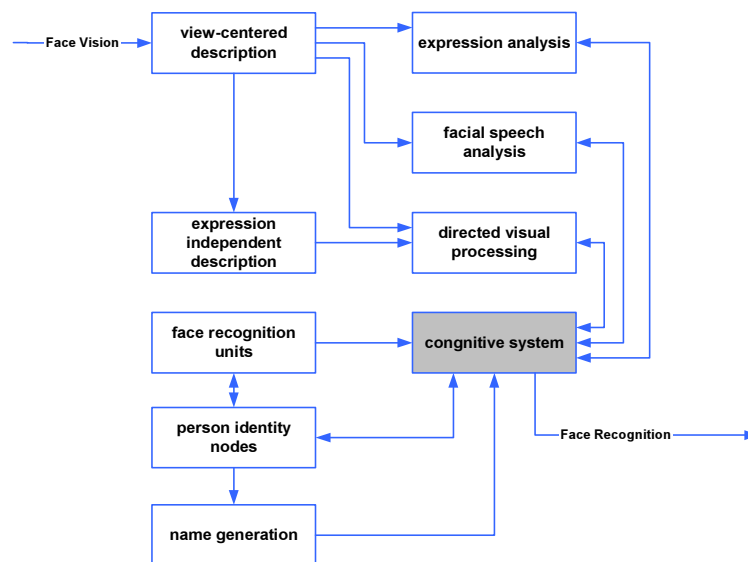


Abbildung 2.8 Gesichtserkennung nach Bruce und Young

- *Structural Encoding*: Die Aufschlüsselung eines Gesichtes in dieser Stufe erfolgt gemäß dem Modell von Marr (Objektwahrnehmung als Stufenweiser Prozess).
- *Expression Analysis*: Die Gefühlslage eines Individuums kann aus den Gesichtszügen gelesen werden.
- *Facial Speech Analysis*: Spracherkennung wird durch die Analyse der Lippenbewegungen erleichtert.
- *Directed Visual Processing*: Spezifische Merkmale eines Gesichtes (z.B. ein Bart) werden separat abgearbeitet.
- *Face Recognition Units*: Jede dieser Units umfasst Strukturinformationen über alle bekannten Gesichter.
- *Person Identity Nodes*: Diese Knoten enthalten die persönlichen Informationen zu einer bestimmten Person.
- *Name Generation*: Der Name einer Person wird getrennt gespeichert.

- *Cognitive System*: Zusätzliche Informationen (allgemeine Eigenschaften) sowie die Steuerung des gesamten Erkennungsprozesses.

2.3 Aufmerksamkeit

Die Aufmerksamkeit ist die Brücke zwischen der Information aus der äusseren Welt und dem Bewusstsein. Eine mögliche Definition der Aufmerksamkeit durch die Psychologieprofessoren Richard Gerrig und Phillip Zimbardo [Gerrig, Zimbardo 2004] ist: *Aufmerksamkeit ist der Zustand konzentrierter Bewusstheit, begleitet von der Bereitschaft des zentralen Nervensystems auf eine Stimulation zu reagieren*. Eine zusammenhängende Theorie der Aufmerksamkeit (attention) existiert in der Kognitiven Psychologie nicht, jedoch hat sich eine Klassierung der Aufmerksamkeit durchgesetzt. Diese Klassierung erlaubt die Analyse des Vorgangs der Aufmerksamkeit aus verschiedenen Blickwinkeln heraus.

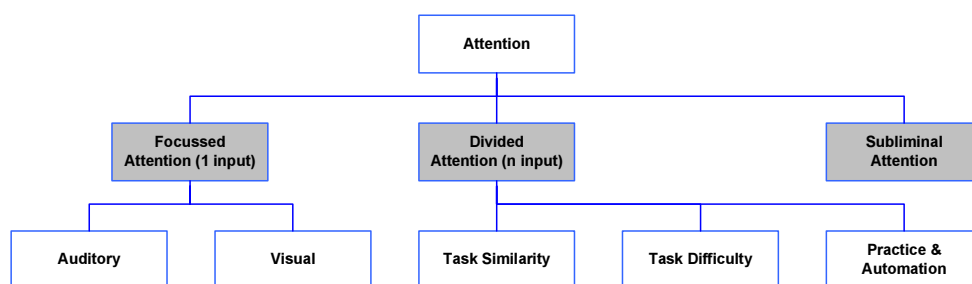


Abbildung 2.9 Klassierung der Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeit kann in die drei Bereiche fokussierte Aufmerksamkeit, geteilte Aufmerksamkeit und unterbewusste Aufmerksamkeit aufgeteilt werden, wie in **Abbildung 2.9** dargestellt. Wobei die unterbewusste Aufmerksamkeit höchst umstritten ist.

- *Focussed Attention*: Daueraufmerksamkeit, die konzentrierte Aufmerksamkeit auf einen einzigen Inputs (Reiz).
- *Divided Attention*: Die gleichzeitige Wahrnehmung und Verarbeitung mehrerer Inputs.
- *Subliminal Attention*: Unbewusste Aufmerksamkeit.
- *Auditory Focussed Attention*: Die Fähigkeit aus einer Vielzahl von Inputs ein bestimmtes Gespräch herauszufiltern.
- *Visual Focussed Attention*: Konzentration auf bestimmte Ausschnitte der visuellen Wahrnehmung.
- *Task Similarity*: Die Ähnlichkeit der zu verarbeitenden Inputs beeinflusst die Fähigkeit zur gleichzeitigen Aufmerksamkeit.
- *Task Difficulty*: Je einfacher ein Input, desto leichter können zusätzliche Reize verarbeitet werden.

- *Practice & Automation*: Die Verbesserung der Fähigkeit zur gleichzeitigen Verarbeitung mehrerer Inputs durch Übung.
- *Subliminal Attention*: Unbewusst verarbeitete Aufmerksamkeit.

Zur Erklärung der Funktionsweise der menschlichen Aufmerksamkeit haben die Forscher und Forscherinnen in Ihren Experimenten und den daraus abgeleiteten Modellen immer den Effekt von mindestens zwei gleichzeitig auftretenden Reizen untersucht ("dual-task paradigm").

2.3.1 Auditive Aufmerksamkeit

Die auditive Aufmerksamkeit, respektive deren Erforschung basiert auf dem so genannten *Shadowing-Effekt*. Dieser Effekt lässt sich am besten am selektiven Hören während einer Cocktail-Party illustrieren. Um einem bestimmten Gespräch zuzuhören ist eine Person fähig, die umliegenden Geräusche auszublenden und sich so auf das Gesprochene zu konzentrieren. Es findet eine Selektion statt. Diese Art von selektivem Hören wird auch *dichotisches Hören* genannt.

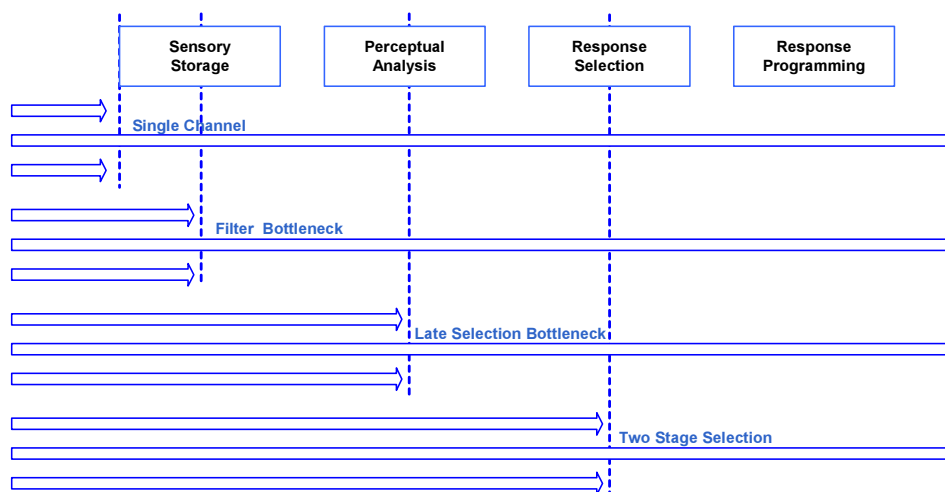


Abbildung 2.10 Verarbeitung von Reizen durch Filterung

Die Ebene der Selektierung variiert je nach Theorie. Die wichtigsten Theorien und Modelle der auditiven Aufmerksamkeit sind die Single Channel Theory von Colin Cherry, der Filter Bottleneck Ansatz von Alan Broadbent, die Late Selection von Deutsch und Deutsch und die Two Stage Selection von Anne Treisman. Die Selektion erfolgt entweder bereits im Ohr (Sensor Storage), oder jedoch später bei der Analyse des Gehörten (Perceptual Analysis), oder sogar bei der Bestimmung der Reaktion auf das Gehörte (Response Selection), wie in **Abbildung 2.10** gegenübergestellt.

- *Single Channel*: Die Selektion erfolgt aufgrund der Tatsache, dass die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Selektion wesentlich langsamer ist als diejenige der Voranstehenden sensorischen Systems und des nachfolgenden Gehirns.
- *Filter Bottleneck*: Die Selektion erfolgt aufgrund eines Filters, der immer nur einen Kanal (Ohr, Frequenz, Ort) des Gehörten schalten kann.
- *Late Selection*: Die Selektion erfolgt aufgrund des Inhaltes, ist also bewusst.
- *Two Stage Selection*: Die Selektion erfolgt in zwei Schritten. Eine erste Vorselektion aufgrund physikalischen Charakteristika (weibliche / männliche Stimme), eine zweite Selektion aufgrund von Schlüsselwörtern.

2.3.1.1 Single Channel

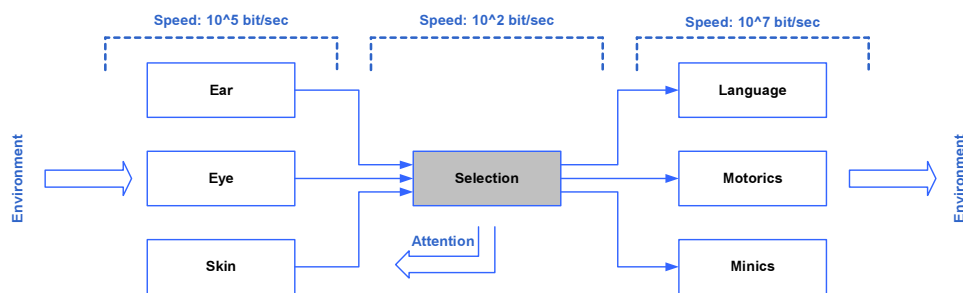


Abbildung 2.11 Selektion durch Bandbreitenbegrenzung der Auswahl

Colin Cherry, ein Forscher des MIT (Electronics Research Laboratory) befasste sich als erster mit dem Cocktail-Party Problem [Cherry 1953]. Cherry's Modell definiert einen zentralen Selektionsmechanismus, der Aufgrund seiner Verarbeitungsgeschwindigkeit beschränkt ist (Abbildung 2.11). Sein Modell basiert auf einer Schätzung dieser Geschwindigkeit, die eine Bandbreitenbegrenzung der Auswahl darstellt.

2.3.1.2 Filter Bottleneck

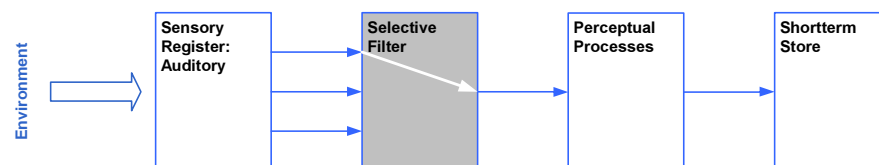


Abbildung 2.12 Selektion durch Filterung

Der Ausgangspunkt der Theorie für selektives Hören von Alan Broadbent (1926 - 1993), einem experimentellen Psychologen, ist das Vorhandensein eines geschalteten Filtermechanismus, der immer nur einen "Kanal" zur Verarbeitung an das Gehirn weitergeben

kann. Die Filterung erfolgt also bevor die Bedeutung des Gehörten überhaupt interpretiert wird, wie in **Abbildung 2.12** dargestellt [Broadbent 1958].

2.3.1.3 Late Selection

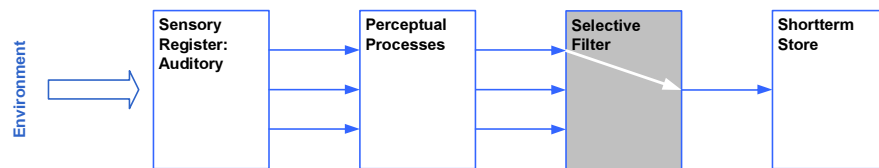


Abbildung 2.13 Selektion durch inhaltliche Filterung

Die beiden Psychologen Deutsch und Deutsch gehen von einer Selektion nach inhaltlichen Kriterien aus [Deutsch, Deutsch 1963]. Zu Beispiel wenn ein bekannter Name in einem der gehörten Gespräche auftaucht, so wird diesem Gespräch automatisch die Aufmerksamkeit geschenkt. Sie sehen einen ähnlichen Filter vor wie Broadbent (Filter Bottleneck), er ist jedoch erst auf der Stufe Response Selection aktiv (**Abbildung 2.13**).

2.3.1.4 Two Stage Selection

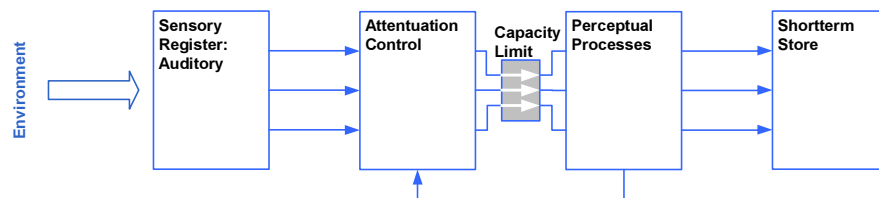


Abbildung 2.14 Selektion durch zweistufige inhaltliche Dämpfung

Anne Treisman, eine Professorin an der Princeton Universität, verfeinerte das Modell von Deutsch und Deutsch (**Abbildung 2.14**). Gemäss Treisman's Vorstellung wird das Gehörte bewusst gedämpft, um eine Auswahl zu Erreichen [Treisman 1979]. Diese Dämpfung wird in zwei Schritten gesteuert:

- Selektion des Gehörten aufgrund der physikalischen Charakteristika. Es werden Stimmlagen (männlich / weiblich) und Tonfrequenzhöhen unterschieden.
- Semantische Auswahl des Gehörten aufgrund von Inhalten, die über so genannte Treshholds gesteuert werden. Es handelt sich dabei um eine Reihe von "Reizwörtern", deren Vorkommen die Aufmerksamkeit auf das entsprechend Gehörte lenkt.

2.3.2 Visuelle Aufmerksamkeit

Der Erforschung der visuellen Aufmerksamkeit (visual attention) gilt der Ansatz: *Bei jedem Blick kann nur bestimmter Teil des visuellen Feldes registriert werden. D.h. aus dem gesamthaft Gesehenen wird ein Teil herausgefiltert und diesem besondere Aufmerksamkeit geschenkt* [Eysenck, Keane 2000]. Zum Verständnis der visuellen Aufmerksamkeit hat die kognitive Psychologie eine Reihe von Ansätzen hervorgebracht, den Stroop Effekt, die Spotlight Metapher, das Visual Sensoric Memory und die Mustererkennung.

- **Stroop Effekt:** Stimmen Inhalt (Farbname) und Form (Farbe der Schrift) des Geschriebenen überein, so wird der Inhalt sehr viel schneller aufgenommen, als wenn das nicht der Fall ist.
- **Spotlight-Metapher:** Die visuelle Aufmerksamkeit kann wie ein Scheinwerfer im Gesehenen umherbewegt werden.
- **Visual Sensoric Memory:** Unser Visuelles System kann viele Informationen erfassen, ohne Aufmerksamkeitszuweisung geht sie jedoch schnell verloren.
- **Mustererkennung:** Sie funktioniert durch das Erkennen von Kombinationen primitiver Merkmale (siehe Kapitel Pattern Recognition)

2.3.2.1 Der Stroop Effekt

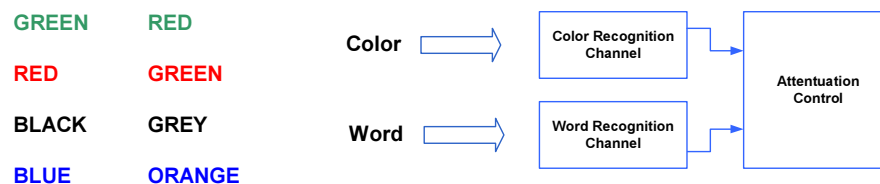


Abbildung 2.15 Der Stroop Effekt

Bei Stroop-Reizen existieren zwei Bedingungen (**Abbildung 2.15**):

- 1. *Die kongruente Bedingung:* die Farbe des Wortes mit dem Farbwort übereinstimmt (No Interference).
- 2. *Die inkongruente Bedingung:* die Farbe des Wortes und die Farbe des Farbwort unterscheiden sich (Interference).

Der Psychologe J. Ridley Stroop untersuchte bereits 1935 die zeitlichen Effekte, die beim inhaltlichen Verstehen von Wörtern durch den Menschen entstehen und entdeckte dabei den "Stroop Effekt" oder heute auch "Stroop-Reiz" genannt [Stroop 1935].

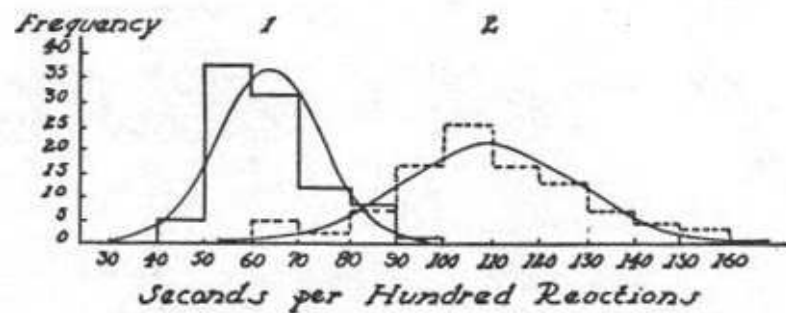


FIG. 1. Showing the effect of interference on naming colors. No interference (1); interference (2).

Abbildung 2.16 Originalmessung von Stroop zur Reaktionszeit beim Erkennen von Wörtern

Es ergibt sich eine asymmetrische Interferenz, bei der die Fähigkeit zur selektiven Reaktion auf einen Aspekt des Stroop-Reizes (die Farbe) durch einen anderen Aspekt (die Wortinformation), der nicht völlig ignoriert werden kann, gestört wird. Die Originalmessung von Stroop, wie in **Abbildung 2.16** dargestellt, zeigt diesen Effekt aufgrund der Auswertung verschiedenster Versuchsreihen.

2.3.2.2 Die Spotlight Metapher

Die Spotlight – Metapher ist eine Theorie, die dem Sachverhalt Rechnung trägt, dass wir unsere Aufmerksamkeit umherbewegen können, um verschiedene Teile des visuellen Feldes zu fokussieren. Je grösser der Bereich des visuellen Feldes ist, den das Spotlight umfasst, desto schlechter ist die Verarbeitung aller Teile des visuellen Feldes. Das Spotlight kann so fokussiert werden, dass es nur wenige Grade des Sehwinkels ausmacht. Eine Verengung des Spotlights führt zu einer maximalen Verarbeitung dieses Teils des visuellen Feldes. Eine Verlagerung der Aufmerksamkeit auf andere Bereiche des Sehfeldes nimmt Zeit in Anspruch.

2.3.2.3 Das visuelle sensorische Gedächtnis

John R. Anderson, der Erfinder des mehrstufigen Gedächtnismodelles sagt in seinem Buch Kognitive Psychologie: *"Unser visuelles System scheint in der Lage zu sein, viele Informationen zu erfassen. Ohne Aufmerksamkeitszuweisungen geht diese Information sehr schnell verloren. Unzählige Untersuchungen sind durchgeführt worden, um herauszufinden, welche Informationen extrahiert werden können, wenn die Reize nur sehr kurz dargeboten wurden."* [Anderson 2001].

Zusammengefasst ist Anderson aufgrund seiner Experimente auf folgende Tatsachen gestossen:

- Es existiert ein visueller Kurzzeitspeicher, der eine beschränkte Anzahl visueller Eindrücke (Icons) speichern kann.

- Muss sich ein Mensch alle Details des Gesehenen merken, so verblassen die einzelnen Items, bevor die Aufmerksamkeit auf sie gelenkt werden kann.
- Aus dem sensorischen Kurzzeitspeicher kann nur für sehr kurze Zeit abgerufen werden.
- Das ikonische Gedächtnis entspricht dem auditiven echoischen Gedächtnis.

2.3.3 Aufmerksamkeit – ein kombinierter Erklärungsversuch

Die Tatsache, dass durch Übung die Reaktionszeiten gesteigert werden, hat zu einer Reihe von kombinierten Erklärungsversuchen des Phänomens Aufmerksamkeit geführt. Geübte Aufmerksamkeit wird in diesem Zusammenhang auch "automatische Aufmerksamkeit" (automatic attenuation) genannt.

2.3.3.1 Automatische Aufmerksamkeit

Die Theorie der automatischen Aufmerksamkeit wurde 1977 von Shiffrin und Schneider formuliert [Shiffrin, Schneider 1977]. Die entsprechenden Experimente zeigten auf, dass nach 2100 Versuchen ein Reiz durch Übung automatisiert werden kann. Die Probanden hatten danach sehr grosse Mühe, die automatische Reaktion auf einen Reiz zu ändern.

Tabelle 2.1 Automatische Aufmerksamkeit

| Process | Capacity | Attention | Modifiable? |
|------------|-----------|--------------|---------------------------|
| Controlled | Limited | Required | Yes: can be used flexibly |
| Automatic | Unlimited | Not required | No: difficult to modify |

Ein automatisierter Task, respektive ein Reiz, der durch geübte Aufmerksamkeit verarbeitet wird, hat folgende Eigenschaften:

- Er wird sehr schnell verarbeitet.
- Hat keinen Effekt auf einen anderen nicht automatisierten Task.
- Er wird unbewusst verarbeitet.
- Die Verarbeitung kann nicht verhindert werden.

2.3.3.2 Supervised Attenuation

Das kombinierte Model der Aufmerksamkeit wurde von Norman und Shallice 1986 entwickelt [Norman, Shallice 1986]. Die zentrale Idee der beiden Wissenschaftler war die Existenz eines "supervisory systems", welches die Koordination der Verarbeitung aller Reize übernimmt. Im Prinzip wird der Prozess der mehrstufigen Aufmerksamkeit durchlaufen, wie in **Abbildung 2.17** dargestellt.

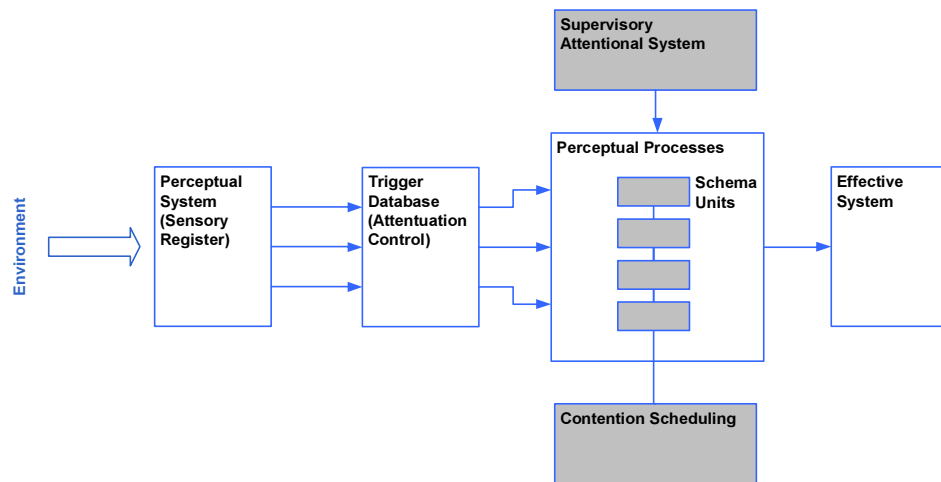


Abbildung 2.17 Supervised Attentuation nach Norman und Shallice

Die Erweiterungen von Shallice und Norman sind:

- Die automatisierte Verarbeitung von Reizen wird durch Schemata (organisierte Pläne zur Bearbeitung von Reizen) kontrolliert.
- Die teilweise automatisierte Verarbeitung von Reizen wird durch Contention Scheduling (konkurrenzierendes Scheduling) überwacht. Im Konfliktfall entscheidet Contention Scheduling, welcher Reiz zuerst weiterverarbeitet wird.
- Die gesamte Reizverarbeitung (Perceptual System) wird durch ein Supervisory Attentional System bewusst gesteuert.

2.4 Gedächtnis

Der Aufbau des Gedächtnisses wird von der kognitiven Psychologie als mehrstufiges Modell verstanden. Die Unterscheidung der verschiedenen Stufen wurde durch eine Reihe von Experimenten vorgenommen. William James verwendete die Introspektion (Selbstbeobachtung der eigenen Gedanken), um seine Theorie des Zweistufenmodells zu begründen [James 1890]. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der kognitiven Psychologie verwendeten den Free Recall Test, um das Mehrstufenmodell zu entwickeln.

Der Free Recall Test zeigt eine Reihe von Items, an die sich die Versuchsperson in geordneter Weise erinnern soll. Bei der Durchführung dieser Tests sind zwei Effekte festgestellt worden:

1. Die ersten Items einer Liste werden häufiger als die in der Mitte der Liste angeordneten Items reproduziert. Dieser Primat-Effekt wird auf die Wirkung des Langzeitspeichers (Longterm Store) zurückgeführt, da angenommen wird, dass diese Items bereits im Langzeitgedächtnis gespeichert worden sind.

- 2. Die letzten Items der Liste werden am häufigsten korrekt reproduziert. Dieser Rezent-Effekt wird als Beleg für das Kurzzeitgedächtnis (Shortterm Store) angesehen.

Sie finden einen Free Recall Test unter (letzter Aufruf am 1.3.2015):

http://www.snre.umich.edu/eplab/demos/fr0/freerecall_task.html

2.4.1 Das Zweistufenmodell

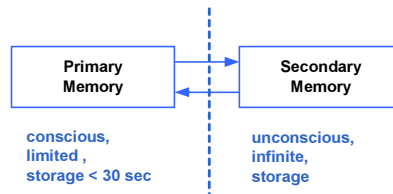


Abbildung 2.18 Ursprüngliches Zweistufenmodell von W. James

- *Primary Memory*: Verarbeitung von Sinneseindrücken, die maximal 30 Sekunden gespeichert werden.
- *Secondary Memory*: Langzeitspeicherung von Wissen.

Der Psychologie- und Philosophie-Professor William James (1842-1910) führt 1890 in seinem Grundlagenwerk "Principles of psychology" die "Storage-Metapher" ein (Abbildung 2.18). Bis heute relevant ist seine Beobachtung, dass neue Sinneseindrücke nicht unmittelbar aus dem Bewusstsein verschwinden, sondern noch für eine kurze Zeitspanne (< 30 Sekunden) im Bewusstsein verbleiben. Diese Fähigkeit des Gehirns ist von James als *Primary Memory* bezeichnet. Nach James Vorstellung gehen die Inhalte des Primären Gedächtnisses entweder in einen zweiten, dauerhaften Speicher dem *Secondary Memory* über oder gehen verloren. Will man mit dem dort aufbewahrten "Wissen" arbeiten, muss es zuvor abgerufen und an den Ort der bewussten Ver-/ Bearbeitung zurückgeholt werden.

James verwendete die *Introspektion* (Selbstbeobachtung der eigenen Gedanken) als Beobachtungsmethode.

2.4.2 Mehrspeichermodell (Modales Gedächtnismodell)

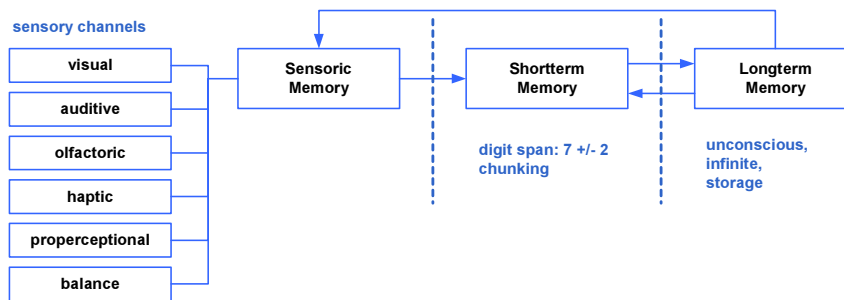


Abbildung 2.19 Das Mehrspeicher-Modell von Atkinson und Shiffrin

Das von den Psychologen Richard C. Atkinson, heute Präsident der Universität of California, und Richard M. Shiffrin 1968 [Atkinson, Shiffrin 1968] entwickelte Mehrspeicher-Modell des Gedächtnisses besteht aus drei allgemein bezeichneten Ebenen. Die unterschiedenen Speicher zeigen das Niveau der Informationsverarbeitung an, wie in **Abbildung 2.19** dargestellt.

- *Sensoric Memory (Store):* Sensorischer Speicher zur Vorselektion der Informationen aus den sensorischen Kanälen.
- *Shortterm Memory:* Kurzzeitgedächtnis mit einer Spanne von 7 +/- 2 Vorverarbeiteten sensorischen Einheiten.
- *Longterm Memory:* Langzeitgedächtnis mit sehr grosser Kapazität.

2.4.2.1 Sensoric Memory

Als Erstes gelangen Informationen in die Sensorischen Speicher. Die Informationen erreichen diese Speicher dabei über ein oder mehrere Sinnesorgane oder sensorische Kanäle:

- *Visuell:* Helligkeit, Farbe, Bewegung, Lokalisation, etc.
- *Auditiv:* Intensität, Tonhöhe, Form, Klangfarbe, Lokalisation, etc.
- *Olfaktorisch:* Schmecken, Riechen
- *Haptisch:* Druck, Spannungs- und Temperatursensoren
- *Propriozeption:* Schmerz, Hunger, Anspannung etc.
- *Gleichgewichtssinn:* Informationen aus den Bogengängen des Ohrs

2.4.2.2 Shortterm Memory (Store)

Die Konzeption des Shortterm Store bei Atkinson & Shiffrin [Atkinson, Shiffrin 1986] entspricht dem von W. James beschriebenen Primary Memory. Die Menge der gleichzeitig im Shortterm Store repräsentierten Informationen hat sich, wie zahlreiche Experimente aufzeigten, als sehr begrenzt erwiesen und wird gemeinhin als Gedächtnisspanne bezeichnet.

Mass für diese Spanne sind sieben (+/- zwei) Einheiten, wie Miller im Jahre 1956 feststellte ("Magische Zahl Sieben"). Der Informationsgehalt dieser sieben Items kann allerdings deutlich variieren, da sich "Chunks" bilden lassen. Einmal in den Shortterm Store aufgenommen, gibt es für Informationen zwei Möglichkeiten: Entweder werden sie in den Longterm Store überführt oder sie werden vergessen.

2.4.2.3 Longterm Memory (Store)

Der Longterm Store wurde von Atkinson & Shiffrin 1968, analog zu James Secondary Memory, als Speicher mit enormer Kapazität definiert.

2.4.3 Erweitertes Mehrspeichermodell

Das Mehrspeichermodell von Atkinson und Shiffrin ist das Basismodell des Gedächtnisses der kognitiven Psychologie. Dieses Modell wurde von verschiedenen Wissenschaftlern erweitert und verfeinert, um ein erweitertes Mehrspeichermodell zu kreieren (**Abbildung 2.20**).

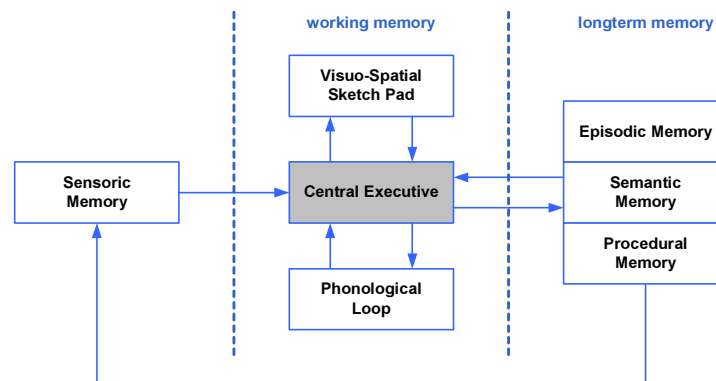


Abbildung 2.20 Das erweiterte Mehrspeicher-Modell

- *Central Executive*: Steuert die beiden Subsysteme Visuo-Spatial Sketch Pad und Phonological Loop.
- *Visuo-Spatial Sketch Pad*: Der visuell-räumliche Speicher umfasst die "mental Bilder" ("geistiges Auge") eines Menschen.
- *Phonological Loop*: Die phonologische Schleife speichert kurze Ziffernfolgen sowie ganze Wörter.
- *Episodic Memory*: Umfasst die autobiographischen Ereignisse.
- *Semantic Memory*: Speichert das individuelle Wissen über die Welt unabhängig vom konkreten Lern- und Ereigniskontext.

- *Procedural Memory*: Speicherung "verinnerlichter" hochautomatisierter Vorgängen (Fahrradfahren, Lesen).

2.4.3.1 Working Memory

Definition von Alan D. Baddeley: *Working Memory*, wie es heute in der Kognitiven Psychologie verstanden wird, entspricht einem System zur temporären Speicherung und zur Bearbeitung von Information im Dienste von komplexen kognitiven Prozessen wie Sprachverständnis, Lernen & Problem-Lösen. Als Baddeley & Hitch 1974 [Baddeley, Hitch 1974] das erste Mal ihr Konstrukt vorstellten, bestand das Modell aus drei Komponenten, der *phonologischen Schleife*, dem *visuell-räumlichen Speicher* und der *zentralen Exekutive* zur Verteilung der Aufmerksamkeits-Ressourcen.

- Die phonologische Schleife für auditive und verbale, d.h. auch schriftsprachliche Kodierung.
- Der visuell-räumlichen Speicher für rein visuelle, visuell-vorstellungsmässige ("imagery"), visuell-räumliche Kodierung und für kienästhetische Verarbeitung.
- Die zentrale Exekutive zur Verteilung der Aufmerksamkeits-Ressourcen von und zu den Subsystemen.

2.4.3.2 Die Phonologische Schleife

Die Phonologische Schleife erklärt den phonologischen Ähnlichkeitseffekt, den Wortlängeneffekt, den Effekt der artikulatorischen Unterdrückung. Sowie den Transfer von visueller Information in verbalisierte Codes.

- *Phonologischen Ähnlichkeitseffekt*: Items, welche ähnlich tönen, sind schwieriger zu merken.
- *Wortlängeneffekt*: Es ist leichter, sich an eine Sequenz von kurzen Wörtern zu erinnern.
- *Effekt der artikulatorischen Unterdrückung*: Wenn die Erhaltung (Rehearsal) des zu erinnernden Materials verhindert wird, sinkt die Merkleistung rapide ab.
- *Transfer von Information zwischen den Codes*: Wir tendieren dazu, visuell präsentierte Items zu verbalisieren, d.h. die Information aus einem visuellen Code in einen verbalen zu übertragen.

2.4.3.3 Der visuell-räumliche Speicher

Der visuell-räumlichen Komponente des Working Memory kommt beim Lesen eine wesentliche Rolle zu, und zwar scheint sie (ähnlich wie beim phonologischen Speicher) eine Art "Rückspul-Funktion (back-tracking) einzunehmen, d.h. dass im visuellen Kurzzeitgedächtnis die visuell-räumliche Lokalisation von Information (z.b. räumlichen Position des Textes) kurzfristig behalten wird.

2.4.3.4 Die zentrale Exekutive

Das Konzept der zentralen Exekutive beruht auf dem "Supervisory Attentional System" [Norman, Shallice 1986]. Die zentrale Exekutive ist ein reines Aufmerksamkeitssystem mit begrenzter Kapazität, welches über keinerlei eigene Speicherkapazität verfügt. Sie steuert die Aufmerksamkeitsressourcen und den Informationsfluss von und zu den beiden Subsystemen (visuell-räumlichen Speicher und Phonologische Schleife), und sie steht über diese mit dem Langzeitgedächtnis in Verbindung. Man nimmt an, dass auch die zentrale Exekutive über verschiedene Subkomponenten zum Fokussieren, Teilen und Koordinierung und für das "Switching" der Aufmerksamkeit verfügt.

2.4.4 Die Dual Code Theorie

Die Idee der Dual-Code-Theorie von Allan Paivio aus dem Jahre 1990 besteht darin, dass es in unserem Grosshirn zwei unterschiedlich spezialisierte mentale Systeme gibt [Paivio 1990], das verbale System und das imaginale System, wie in **Abbildung 2.21** skizziert.

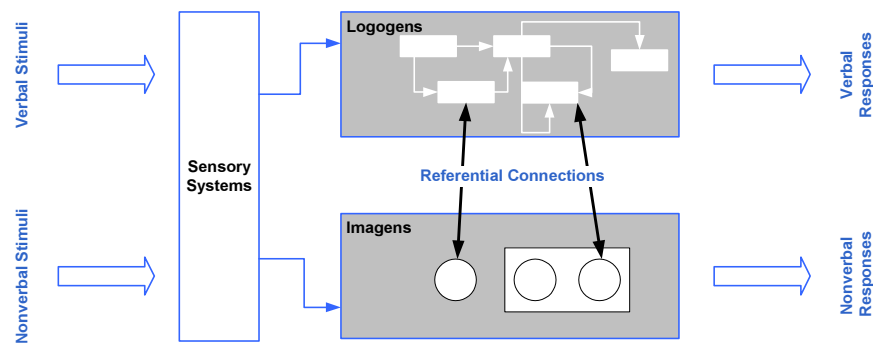


Abbildung 2.21 Dual Code Theory

- Das verbale System, welches für die Verarbeitung und Speicherung linguistischer Informationen zuständig ist.
- Das nonverbale oder imaginale System, das für den Umgang mit Bildern, einschließlich bildhafter Vorstellungen verantwortlich ist.

Die beiden Systeme besitzen Basiseinheiten (Logogens und Imagens), die Systemübergreifend verbunden sind. Beide Systeme arbeiten parallel und gleichzeitig.

Die Repräsentation bestimmter Sinne erfolgt je nach System unterschiedlich, wie in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 2.2 Unterschiedliche Repräsentation der Sinne

| Sense | Verbal System | Nonverbal System |
|----------|------------------|----------------------|
| Visual | Visual Words | Visual Objects |
| Auditory | Auditory Words | Environmental Sounds |
| Haptic | Writing Patterns | "Feel" of Objects |
| Taste | - | Taste Memories |
| Smell | - | Olfactory Memories |

2.4.5 Die Mentale Organisation des Wissens

Die mentale Organisation des Wissens wird aus Sicht der kognitiven Psychologie beschrieben durch ein bestimmtes Format der Speicherung und eine bestimmte Organisation des Wissens. Viele Ansätze und Modelle zur Wissensorganisation gehen von einer konzeptionellen Strukturierung des Wissens aus. Die verschiedenen Arten der Organisation kann als Baum dargestellt werden (**Abbildung 2.22**).

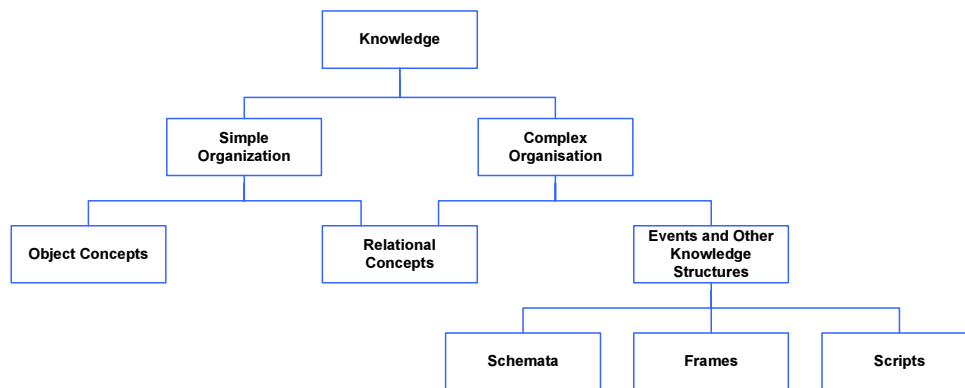


Abbildung 2.22 Typen der Organisation des Wissens

- *Simple Organisation*: Die Art und Weise, wie Wissen bestimmten gemeinsamen Konzepten (Merkmale, Kategorien) zugeordnet wird.
- *Complex Organisation*: Wie grosse Gruppen von Konzepten oder Kategorien organisiert werden.

2.4.5.1 Semantic versus Episodic Memory

Das *semantische Gedächtnis* speichert Fakten über Entitäten und Beziehungen zwischen Entitäten der Welt. So zum Beispiel dass Vögel Flügel haben und eine Amsel ein Vogel ist.

Das *episodische Gedächtnis* speichert Wissen über Episoden und Ereignisse. Die Organisation von Wissen bezieht sich mehr auf das episodische Gedächtnis, da die Erinnerung an bestimmte Fakten durch die Erinnerung an den entsprechenden Ereigniskontext unterstützt, respektive erleichtert wird.

2.4.5.2 Deklaratives versus Prozedurales Wissen

Das deklarative Wissen ("*knowing that*") und das prozedurale Wissen ("*knowing how*") ist eine Unterscheidung, die vor allem zur Verdeutlichung des Übergangs vom Einen zum anderen dient. Dieser Übergang heisst lernen.

2.4.6 Simple Organization - Objektkonzepte

2.4.6.1 Klassierung durch Attribute

Der deutsche Philosoph und Logiker Gottlob Frege (1848 -1925) definierte, dass ein Konzept (Merkmal, Kategorie) vollständig durch seine Attribute definiert werden kann. Er verwies auf die grundlegenden Unterschiede zwischen Merkmalen und Eigenschaften. Die Merkmale von Begriffen sind Eigenschaften von Gegenständen. Die Eigenschaften sind Merkmale möglicher Begriffe. Auf dieser Feststellung basieren die meisten Theorien zur simplen mentalen Organisation des Wissens, diese Theorien werden auch "defining-attribute theories" genannt.

2.4.6.2 Network Theory of Semantic Memory

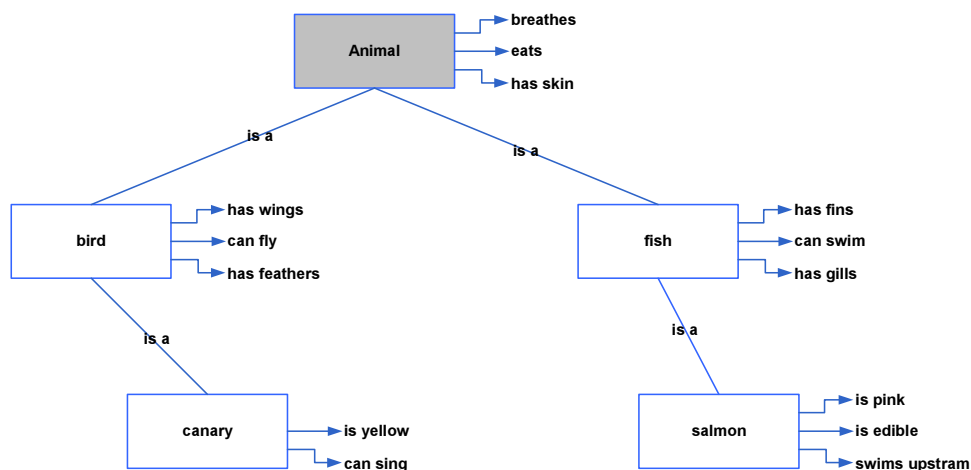


Abbildung 2.23 Organisation des Wissens in einem semantischen Netzwerk

Das von Allan M. Collins und M. Ross Quillian 1970 erwickelte Netzwerk-Modell besitzt folgende Eigenschaften [Collings, Quillian 1970]:

- Konzepte werden als Hierarchien, bestehend aus verbundenen Konzept-Knoten, dargestellt (animal, bird, fish).
- Jedem Konzept wird eine bestimmte Anzahl von Attributen auf einer bestimmten Ebene zugeordnet.
- Knoten einer tiefer liegenden Ebene erben die Attribute der Knoten der höher liegenden Ebene (kognitive Verdichtung). Diese Attribute können auch überschrieben (ausgeschlossen) werden.

Das wichtigste Ordnungsmerkmal der semantischen Netzwerke ist die Oberbegriff / Unterbegriff Relation, die von Quillian "isa"-Relation genannt wurde. Semantische Netzwerke sind die Grundlagen vieler moderner Expertensysteme, auch wenn die Semantik selbst als Regeln formuliert werden.

2.4.6.3 Allgemeines Netzwerkmodell

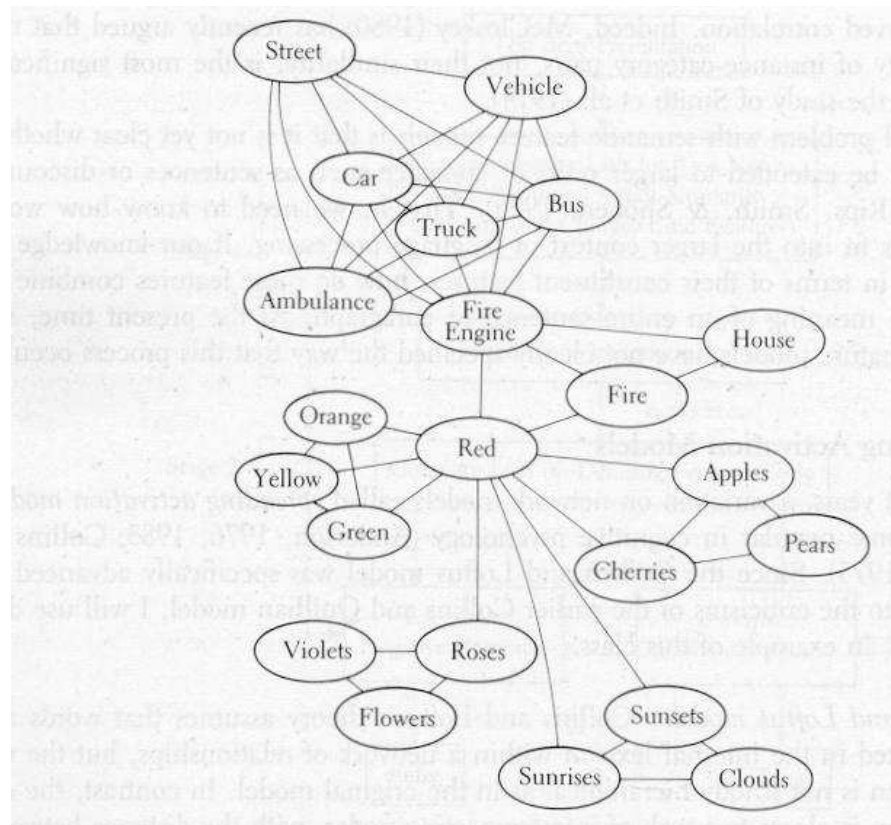


Abbildung 2.24 Netzwerkmodell zur Konzeption der Sprachorganisation

Das Modell von Allan M. Collins und Elizabeth Loftus [Collins, Loftus 1975] sieht die Bedeutung eines Wortes und die dazugehörigen semantischen Eigenschaften durch Knoten in einem solchen Netzwerk repräsentiert (**Abbildung 2.24**). Ein Begriff wird, gemäß diesem Modell, über die Anzahl der Verbindungen zu anderen Begriffen kategorisiert. Je mehr Verbindungen ein Begriff im Netzwerk hat, desto leichter ist es, sich an den Begriff zu erinnern (Gebrauchshäufigkeit). Die Verbindungen zwischen den einzelnen Knoten werden Gedächtnisspuren genannt.

Die Basisüberlegung hinter dem Allgemeinen Netzwerkmodell ist die Theorie der Aktivationsausbreitung. Das heisst, eine Aktivierung eines bestimmten Begriffes erfolgt aufgrund der Gedächtnisspuren im Netzwerk. Aufgrund der Versuche mit Reaktionszeiten wird diese Theorie bestätigt. Das heisst das Auffinden von direkt verbundenen Begriffen, die jedoch nicht semantisch verbunden sein müssen (z.b. nur assoziativ verbunden wie Brot und Butter), dauert wesentlich weniger lange, als das Auffinden von indirekt verbundenen Begriffen. Diese Verbindungen werden "assoziative primings" genannt.

2.4.6.4 Netzwerk-Beispiel: Angst vor Schlangen

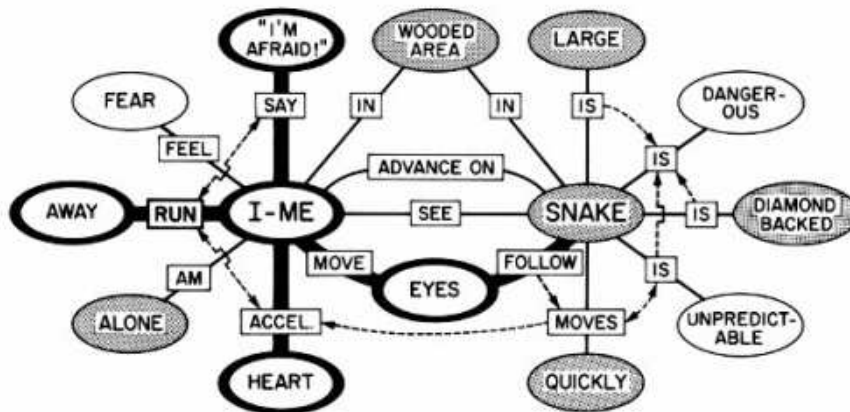


Abbildung 2.25 Beispiel eines semantischen Netzwerkes: Angst vor Schlangen

Komplexe Zusammenhänge wie beispielsweise die Angst vor Schlangen können als relativ einfache semantische Netzwerke dargestellt werden (Abbildung 2.25).

2.4.6.5 Feature Comparison Model

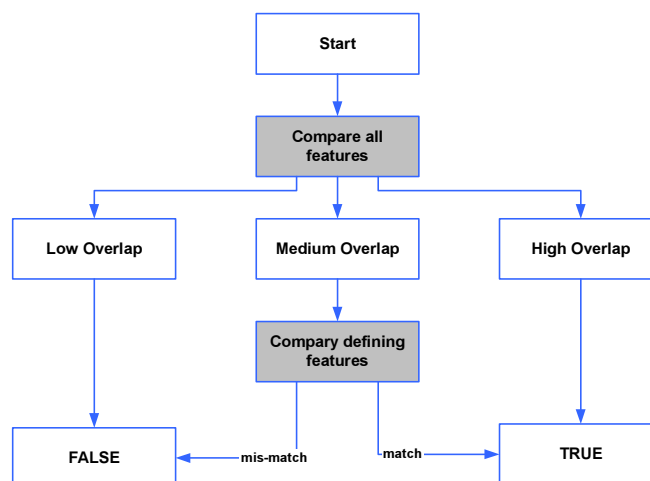


Abbildung 2.26 Ablauf des Modells zum Vergleich von Attributen (Features)

Der Ablauf des Feature Comparison Model als Modell der mentalen Organisation des Wissens ist in **Abbildung 2.26** dargestellt. Die von James D. Hollan, einem Human Computer Interaction Experten, 1975 entwickelte Theorie der Organisation von Wissen durch den Vergleich von Eigenschaften, basiert auf folgenden Elementen [Hollan 1975]:

- Ein Konzept ist durch zwei Typen von Attributen (Features), den "defining Attributes" und "characteristic Attributes" repräsentiert.
- Defining Attributes definieren die Haupteigenschaften eines Konzeptes (Kategorie) und sind allen Entitäten der entsprechenden Kategorie gemeinsam.
- Characteristic Attributes definieren, wie typisch oder repräsentativ eine bestimmte Entität beurteilt wird.
- Der Prozess zur Verifizierung eines Konzeptes (z.b. Ein Lachs ist ein Fisch) werden die Attribute in zwei Schritten verglichen: Zunächst werden alle Attribute verglichen, anschließend nur noch die definierten Attribute.

2.4.6.6 Prototyp Modelle

Der Grundansatz aller Prototyp Modelle der mentalen Organisation des Wissens ist, dass Kategorien um zentrale Prototypen herum organisiert sind. Eine Kategorie wird durch einen Prototypen der Kategorie repräsentiert. Um zu entscheiden, ob ein bestimmtes Element zu einer Kategorie gehört, muss die Summe aller Eigenschaften einen bestimmten Schwellwert der Summe aller Eigenschaften des Prototyps erreichen.

Prototyp Modelle basieren auf folgenden Annahmen:

- Konzepte (Kategorien) haben eine Struktur von Prototypen: Ein Prototyp ist entweder eine Sammlung von charakteristischen Attributen oder aber der beste Repräsentant (die besten Beispiele) seiner Kategorie.
- Es existiert keine abschliessende und umfassende Menge von Eigenschaften, die die Zugehörigkeit zu einer Kategorie bestimmen. Die Zugehörigkeit eines Elements zu einer bestimmten Kategorie ist oft nur durch die Nähe des Elements zur Kategorie definiert.
- Die Grenzen einer Kategorie sind fließend. Ein Element kann auch mehreren Kategorien angehören.

Prototyp Modelle werden in der Informatik im Bereich Kategorisierung durch neuronale Netze verwendet.

2.4.7 Relationale Modelle

Relationale Konzepte erweitern die "isa"-Relation der ursprünglichen semantischen Netzwerke durch die Einführung von definierbaren Relationen wie beispielsweise "gibt" oder "trifft". In der Informatik werden relationale Modelle im Bereich Semantic Web eingesetzt.

2.4.7.1 Relation durch Prädikatenlogik



Relationen können durch Prädikatenlogik dargestellt werden:

HIT(Agent, Object, Instrument)

COLLIDE(Object 1, Object 2)

HIT und COLLIDE sind Prädikate, die Argumente sind in Klammern. Also wird der Satz "Michael trifft den Ball mit dem Stock" durch HIT(Michale, Ball, Stock) repräsentiert. Semantische Netze werden durch Prädikatenlogik erweitert, um ganze Wissensräume abzubilden.

2.4.7.2 Semantische Dekomposition

Die semantische Dekomposition ist eine Theorie, die von Roger Schank, einem Informatiker der Universität Yale, 1972 entwickelt worden ist. Schank schlug eine Ordnung von 12-15 so genannte "primitive actions" vor, die alle Relationen umfassen:

Tabelle 2.3 Die wichtigsten semantischen Dekompositionen

| Primitive Action | Meaning | Example |
|------------------|--|----------------------|
| ATRANS | Transfer of possession | Give, lend, take |
| PTRANS | Physical transfer from one location to another | Move, walk, drive |
| MTRANS | Transfer of mental information | Order, advise |
| MBUILD | Build memory structures | Remember, understand |
| ATTEND | Receive sensory input | Seeing, hearing |
| PROPEL | Application of force to physical object | Push, hit, squeeze |
| MOVE | Move a body part | Wave, lift leg |
| INGEST | Intake of food or air | Breathe, eat |
| EXPEL | Reverse of ingest | Excrete, vomit |

2.4.8 Complex Organisation – Schemata, Frames & Scripts

Modelle, die auf Objekten und deren Attributen zur Erklärung der mentalen Organisation des Wissens basieren, können komplexe Ereignisse und Zusammenhänge nur sehr eingeschränkt erklären. Modelle, die auf Schemata, Frames und Scripts basieren, versuchen genau diese Ereignisse, respektive deren mentale Repräsentation abzubilden. Ein Schema ist strukturierter Cluster von Konzepten. Die Struktur ist situativ und erfolgt aufgrund des bereits vorhandenen Wissens, der eintretenden Ereignisse und deren Abfolge, von Relationen und sogar auf Objekten.

2.4.8.1 Schemata und Scripts

Schemata und Scripts repräsentieren generell wenn – dann Abfolgen von Ereignissen in bestimmten Situationen. So wird ein Ablauf, wie beispielsweise "Zwei Menschen verabreden und treffen sich zum Essen in einem Restaurant" aufgeteilt in einzelne Teilschritte:

- 1. Zwei Menschen verabreden sich
- 2. Ein Mensch geht zum Restaurant
- 3. Ein Mensch sucht den Tisch im Restaurant

Generelle Charakteristika von Schemata's und Scripts sind:

- Schemata bestehen aus verschiedenen Beziehungen, Variablen und Werte für die entsprechenden Variablen.
- Die Beziehungen können verschiedene Ausprägungen haben. Simple Beziehungen wie beispielsweise "trifft" oder "gibt" oder komplexere Beziehungen wie "verursacht" oder "begehrt".
- Variablen können wiederum Schemata / Scripts sein.
- Werte beziehen sich auf verschiedene spezifische Konzepte, die entsprechenden Variablen instanzieren.
- Schemata codieren generelles oder generisches Wissen, welches in spezifischen Situationen angewendet werden kann.

Schemata werden oft mit "default concepts" initialisiert, die dann zum Einsatz kommen, wenn eine Variable nicht durch einen konkreten Wert bestimmt wird.

2.5 Fragen zum Kapitel

| Nr | Frage |
|----|---|
| 1 | Was ist Computer Pattern Recognition und mit welchen Mitteln werden die zwei wichtigsten Aufgabenstellungen gelöst? |
| 2 | Was hat die Kognitive Psychologie mit der Informatik gemeinsam? |
| 3 | Welche Hauptaufgaben muss unser Wahrnehmungssystem bei der Objekterkennung durchführen? |
| 4 | Erklären Sie den Unterschied zwischen dem semantischen und episodischen Gedächtnis |
| 5 | Was ist Computer Pattern Recognition und mit welchen Mitteln werden die zwei wichtigsten Aufgabenstellungen gelöst? |
| 5 | Welche Entsprechung findet das mehrstufige Gedächtnismodell in der Informatik? |
| 6 | Welche Objektkonzepte zur Organisation des Wissens kennen Sie? |
| 7 | Wie gehen die Kognitions-Wissenschaftler bei der Modellierung vor? |
| 8 | Was ist das zentrale Element, welches in den meisten Modellen zur Erklärung des Hörvorgangs verwendet wird? |
| 9 | Was ist der Shadowing Effekt? |
| 10 | Erklären Sie die Spotlight-Metapher |