

Kapitel 1a: Visuelle Wahrnehmung

Einleitung

- Sinnestäuschung: Hermannsches Gitter und Präsidentenwahl 2005
- Wahrnehmungswelt ist keine 1:1 Abbildung der Realität, wahrnehmen ist kein passives Aufnehmen von Informationen nach festgelegten Regeln
- Kurzfristige Zustände des Systems können unsere momentane Wahrnehmung bestimmen
- Ziel der Wahrnehmungsforschung: Analyse aller Verarbeitungsprozesse, die erklären, wie aus Umweltinformationen unsere Wahrnehmung entsteht, welche schließlich unser Empfinden und Handeln steuert.
- Das Auge als Kamera (Descartes Versuche am Rinderauge): beide erzeugen ein seiten- und höhenverkehrtes Bild, aber: Wahrnehmungsleistung erst durch Verarbeitungsprozesse im Gehirn
- Auge liefert Rohmaterialien, Wahrnehmung ist die Verarbeitung dieser Rohmaterialien
- *Reizgetriebene Verarbeitung* (Bottom-Up): Durch einen Reiz ausgelöste und dann weitgehend automatische ablaufende Prozesse, die von kognitiven Funktionen wenig beeinflussbar sind
- *Top-Down Verarbeitung*: mit zunehmender Verarbeitungstiefe steigt der Anteil des Kognitiven.
- keine strikte Trennung zwischen frühen kognitiv unbeeinflussten und späteren kognitiv beeinflussten visuellen Wahrnehmungsmechanismen
- Ohne den Bezug zu bestehenden Wissensbeständen ist Wahrnehmen nicht möglich.
- Wahrnehmung vollzieht sich aktiv: Platons Wahrnehmungsstrahl (Vergleich Fledermaus)
- rein Phänomenorientiertes Vorgehen in der Wahrnehmungsforschung :(

Das Auge und die visuellen Verarbeitungspfade

- Bildgebende Verfahren zur Untersuchung von Hirnprozessen
 - *Positronenemissionstomographie* (PET): Messung von radioaktiven Markersubstanzen, die zuvor injiziert werden; + räuml. Auflösung mm-Präzision, - zeitl. Auflösung 10s
 - *funktionelle Kernspintomographie* bzw. Magnetresonanz (fMRI): Erfassung von magnetischen Feldern; zeitl. Auflösung 1s, räuml. Auflösung mm-Bereich durch zusätzliches MRI
 - *ereigniskorreliertes Potenzial* (EKP, ERP): Erfassung und Summierung aller elektrokortikalen Potenziale, die vor/während/nach einem Reiz- oder Reaktionsereignis im *Elektroenzephalogramm* (EEG) auf der Kopfoberfläche messbar sind; Klassifizierung von Aktivitätsmustern nach ihrer Ausrichtung (positiv/negativ) und ihrem zeitlichen Auftreten + zeitl. Auflösung im Millisekundenbereich, schlechte räuml. Auflösung
 - *Magnetenzephalographie* (MEG): elektrische Ströme im Gehirn erzeugen magnetische Felder. Messung dieser magnetischen Felder mit Hilfe von SQUIDS + hohe räuml. Auflösung, aber Messort muss aufwendig abgeschirmt werden

Die Retina

- Kameraanalogie reicht bis zur Retina, aber nicht weiter
- 126 Millionen Photorezeptoren
 - *Stäbchen* (rods, 120 Mio): hohe Lichtempfindlichkeit, achromatisches skotopisches Sehen, relative Stäbchendichte steigt je weiter man sich von der Fovea entfernt
 - *Zapfen* (cones, 6 Mio): achromatisches photopisches Sehen (Farbsehen bei Helligkeit), Dichte ist in der Fovea Centralis am höchsten und nimmt mit zunehmender Entfernung ab höhere räumliche und zeitliche Auflösung als Stäbchen.
- rezeptives Feld: Bereich des Gesichtsfeldes, der an ein einziges nachgeschaltetes Neuron Informationen weiterleitet
- Die kreisförmigen rezeptiven Felder der Ganglienzellen weisen eine antagonistisch verschaltete Zentrum-Umfeld-Organisation auf → hohe Empfindlichkeit für örtliche Kontrastveränderungen
- erste funktionelle Spezialisierung der *Ganglienzellen*

- *M-Typ*: magnozellular; große rezeptive Felder wegen weit verzweigten Dendritenbäumen grobe achromatische Reizung führt zu schneller transientser Aktivierung; signalisieren nur kurzfristige Veränderungen eines Lichtreizes (keine Dauerbeleuchtung)
- *P-Typ*: parvozellular, kleine rezeptive Felder wegen kleinen Dendritenbäumen fein achromatische und chromatische Reizung führt zu langsamer tonischer Aktivierung farbempfindliche da die Eingangssignale der 3 Zapfen getrennt verarbeitet werden P-Zellen bleiben während der gesamten Reizdauer erregt.

Die Bahn des Sehnervs zwischen Auge und Cortex

- die nasalen Retinahälften kreuzen sich im *Chiasma Opticum*, so dass das jeweilige Gesichtsfeld kontralateral projiziert wird.
- 10% des Sehnervs in *Colliculus Superior* (Steuerung von Blickbewegungen)
- Rest zum Corpus Geniculatum Laterale (CGL): 6 Schichten
 - Schicht 1, 2: retinotop organisierte magno-zelluläre Schicht
 - Schicht 3-6: retinotop organisierte parvo-zelluläre Schicht
- Schiller, Logothetis & Charles 1990: Experimente an Affen
 - Schädigung von Schicht 1,2 → Störung der Bewegungswahrnehmung
 - Schädigung von Schicht 3-6 → gestörte Wahrnehmung von Farbe, feinen Texturen und Formen sowie räumlicher Tiefe

Der primäre visuelle Cortex

- sitzt im Okzipitallappen (Hinterhauptslappen); Synonyme: *Area striata*, V1
- räumlich retinotope Organisation der Zellen (wie in CGL), wobei den fovealen Regionen weit mehr Platz eingeräumt wird als den peripheren Regionen
- Die *Fovea Centralis* (Punkt schärfsten Sehens) nimmt nur 0.01% der Retina ein beansprucht aber einen großen Teil des primären visuellen Cortex → *corticaler Vergrößerungsfaktor*
- V1 besteht aus 9 Schichten (1-6,4):
 - Schicht 4 ist die Haupteingangsschicht der Axone vom CGL; besteht aus einfachen Zellen
 - Schicht 4Ca: hier terminieren die Axone der magnozellularen Schichten 1,2 des CGL
 - Schicht 4Cb: hier terminieren die Axone der parvozellulären Schichten 3-6 des CGL
- In V1 gibt es 3 verschiedene Zelltypen:
 - *einfache* Zellen: z.T. bewegungssensitiv, orientierungsselektiv, positionsrestriktiv
 - *komplexe* Zellen: zu finden in Schicht 2,3; nicht positionsrestriktiv
 - Zellen der parvozellulären *Blob*-Bahn → farbsensitiv
 - Zellen der parvozellulären *Interblob*-Bahn → richtungs- und formsensitive Zellen
 - *endinhibierte* (hyperkomplexe) Zellen: antworten auf Streifen, Ecken, Winkel bestimmter Länge, die sich in einer bestimmten Richtung über ihr rezeptives Feld bewegen
- Je weiter man sich von der Retina entfernt, desto spezialisierter reagieren die einzelnen Neurone auf spezifische Reizeigenschaften
- Die Zellen von V1 fungieren als erste Merkmalsdetektoren (wird angenommen)

Die weiteren corticalen Verarbeitungspfade

- Verarbeitungsfluss verläuft nicht strikt seriell, ab V3 bzw. V4 teilt sich der parvo- und magnozellularer visuelle Informationsfluss in einen temporalen (*ventralen*) und einen parietalen (*dorsalen*) Verarbeitungspfad.
- Ungerleider und Mishkin 1982: Welche Information wird in den beiden Pfaden verarbeitet?
 - temporaler „Was“-Pfad → Objekterkennung
 - parietaler „Wo“-Pfad → Objektlokalisierung
- Milner und Goodale 1995: Wozu dient die Information in den beiden Strängen?
 - ventraler „Was“-Pfad: Kodierung von Objektmerkmalen → bewusste Objekterkennung
 - dorsaler „Wie“-Pfad: visuelle (nicht notwendigerweise bewusste) Steuerung von Handlungen

- Verarbeitungsprozesse der beiden Pfade unabhängig von einander (umstritten)
- Rossetti und Pisella 2002: die beiden Verarbeitungspfade repräsentieren ein sensomotorisches und ein kognitiv-sensorisches System, die je nach Stimulustyp zum Einsatz kommen.
- Mit zunehmender Verarbeitung findet man in den entsprechenden Hirnregionen eine zunehmende funktionelle Neuronenspezialisierung. Diese geht umgekehrt proportional einher mit der Größe der zugehörigen rezeptiven Felder.
- verteilte Kodierung von Reizeigenschaften in verschiedenen Hirnregionen → Bindungsproblem

Visuelle Wahrnehmung

- psychophysische Methoden (Gustaph Theodor Fechner 1860)
 - *Grenzmethode*: absteigendes und aufsteigendes Messverfahren (Reizsteigerung bzw. –reduzierung in festgelegten Schritten) → Mittelwert mehrerer ab- /aufsteigender Messungen; Staircase-Variante: Mittelwert der Umkehrpunkte bei gemischten Durchgängen (iterativ)
 - *Konstanzmethode*: in zufälliger Reihenfolge werden immer alle Reizausprägungen gezeigt; Auswertung anhand der Urteilswahrscheinlichkeiten U_w (absolute Schwelle bei 50% U_w); Bei überschwelligen Reizen: PSE-Wert „Punkt subjektiver Gleichheit“ bei 50% U_w ; Untere/Obere Unterschiedsschwelle bei 25% bzw. 75% Urteilswahrscheinlichkeit
Sehr genau aber aufwendiger als die Grenzmethode
 - *Herstellungsmethode*: Beobachter stellt selbst die Reizintensität ein
→ die Schwellenwerte ergeben sich aus dem Mittelwert mehrerer Einstellungen
Sehr einfach, allerdings weniger genau wegen möglicher Antworttendenzen

Visuelle Sehschärfe und Sensitivität

- Die Sehschärfe ist abhängig vom retinalen Ort der Reizung
- Höhere foveale Sehschärfe schon im Aufbau der Retina begründet: Rezeptoren sind in fovealen Regionen dichter und weniger verschaltet (kleinere rezeptive Felder) als in der Peripherie
- Standardmethoden zur Untersuchung der Sehschärfe:
 - *Landolt'sche Sehprobe*: Ring an einer Seite geöffnet, Öffnung soll erkannt werden
 - *Vernier-Sehprobe*: Erkennen der Versetzung von zwei übereinander angeordneten Strichen
- bei bestimmten Reizvorlagen wird der Zielreiz im peripheren Gesichtsfeld leichter entdeckt als im fovealen Zentrum
- Meinecke und Kehler 1994: *fovealer Leistungseinbruch*
 - Textursegmentierungsaufgabe, kleinere Winkel in größeren Winkeln entdecken
 - Anstieg der Entdeckbarkeit bis 3° retinaler Exzentrizität, dann deutliche Verschlechterung
- Die Sehschärfe ist abhängig von Reizdauer und Reizintensität (Leuchtdichte)
- *Bloch'sches Gesetz*:
 - Sehschärfe bleibt konstant, wenn mit zunehmender Reizdauer die Leuchtdichte reduziert wird
 - Erkl.: Reizenergie an den Rezeptoren wird (bis zu bestimmtem Intervall) zeitlich aufsummiert
- Die räumliche Auflösungsfähigkeit des vis. Systems wird auch durch eine Sukzessivität der Darbietung negativ beeinflusst (Experiment von Müsseler, Verschiebung des Zielreizes nach außen)
- Die Sehschärfe ist vom Adaptionszustand des visuellen Systems abhängig
- Hell- und Dunkeladaptation
 - durch Veränderung der Pupillengröße
 - durch veränderte photochemische Lichtempfindlichkeit der Zapfen und Stäbchen
- *Kohlrausch-Knick*: Übergang vom Zapfen- zum Stäbchensehen (Schnittpunkt der Dunkeladaptionskurven)
- *Simultankontrast*: grau auf weiß wirkt dunkler als auf schwarz
 - *laterale Inhibition*: Lichtreizung von Rezeptoren hemmt Entladung benachbarter Rezeptoren
 - zusätzlich kortikale Faktoren

- *Farbsimultankontrast*: graues Feld auf rotem Hintergrund erscheint leicht grünlich
- *Hermannsches Gitter*: auch durch laterale Inhibition erklärt (4x Hemmung an den Kreuzungen)

Farbwahrnehmung

- Menschliches Auge ist empfindlich für Wellenlängen zwischen 400 und 700 nm und kann zwischen 2 und 7 Millionen Farben differenzieren
- Farbempfindung bestimmt sich (neben der Wellenlänge) aus der Intensität (Helligkeit) eines Farbreizes und dessen Sättigung
- *Dreifarbentheorie* nach Thomas Young und Hermann von Helmholtz (19. Jhdt)
 - 3 Grundfarben rot, blau, grün
 - 3 Rezeptorsysteme mit jeweils unterschiedlicher spektraler Empfindlichkeit (kurz-, mittel- und langwellig; der Anteil entscheidet über die Farbempfindung)
 - *Metamerie*: trotz unterschiedlicher Lichtzusammensetzung bleibt der Farbeindruck gleich
- *Gegenfarbentheorie* nach Ewald Hering (19. Jhdt):
 - 3 antagonistisch wirkende Farbpaare, die jeweils Gegenfarbenmechanismus auslösen, so dass auf eine Farbe pos. und auf die andere neg. reagiert wird (rot/grün, blau/gelb, schwarz/weiß)
 - neurophysiologische Bestätigung 1960 durch entsprechende Zellen im CGL des Rhesusaffen: z.B. B₊G₋-Zellen empfindlich für blaues Licht, inhibiert durch gelbes Licht
 - solche Gegenfarbentellen wurden auch auf retinalem und corticaalem Niveau nachgewiesen
- Dreifarben- und Gegenfarbentheorie ergänzen einander, Erklärung verschiedener Phänomene

Raum- und Tiefenwahrnehmung

- entsteht aus zweidimensionalen Projektionen unserer dreidimensionalen Umwelt auf der Retina
- relative Ortsinformation ohne Tiefe: 2 Trugschlüsse
 - 1) Umwelt auf der Retina seiten- und höhenverkehrt abgebildet
„Umdrehen“ ist Leistung des Verarbeitungsapparates → falsch!
 - 2) Position-as-code-for-position: Raumwahrnehmung wird durch die Existenz einer topographischen Gehirnkarte erklärt, die der retinalen Abbildung ähnelt → falsch!
Homunkulus-Problem: Wer liest dann diese Karte?
- Durch die retinale Stimulation werden zwar die lokalen Nachbarschaftsbeziehungen der Objekte festgelegt, es bedarf aber eines zusätzlich global operierenden Codes (*multi-local code*), um die wahrgenommene Position eines Objektes zu bestimmen.
- Tiefenwahrnehmung bei zweidimensionalen Vorlagen (monokulare Tiefenkriterien)
 - *Linearperspektive* und *Texturgradient*: Linien laufen in Fluchpunkt bzw. sind dichter gepackt insbesondere geprägt durch da Vinci (Farbperspektive, Luftperspektive/ Sfumato)
 - *(Teil-)Verdeckung*
 - *relative Größe* und *Bekanntheitsgrad* von Objekten
Mondtäuschung: der Mond erscheint größer, wenn er in Horizontnähe steht weil dann mehr Anhaltspunkte (Bäume, Häuser etc.) vorhanden sind, anhand derer die Entfernung und somit die Größe des Mondes beurteilt werden kann. Wenn der Mond im Zenit steht gibt es diese Anhaltspunkte nicht und die Entfernung wird unterschätzt.
- Raum- und Tiefenwahrnehmung in dreidimensionalen Anordnungen
 - Querdisparation
 - Okulomotorische Faktoren
 - Bewegungsinduzierte Raum- und Tiefenwahrnehmung
- *Querdisparation*
 - Verschiedenheit der Bilder der rechten/linken Netzhaut aufgrund des Augenabstandes
 - *Horopter*: virtueller Kreis durch den fixierten Punkt und den Augenmittelpunkt
 - *Panum-Areal*: Bereich um den Horopter, in dem die Objekte der beiden Netzhäute noch zu einem Bild fusioniert werden. Außerhalb dieses Bereichs Doppelbilder wahrgenommen.

- alle anderen Punkte unseres Gesichtsfeldes fallen auf nicht-korrespondierende Netzhautstellen und es entsteht die Querdissipation.
- unterschiedliches Ausmaß der Querdissipation lässt unterschiedlich wahrgenommene Entfernungen der Objekte entstehen. Je weiter ein Objekt vom Horopter entfernt ist, desto größer ist der Dissipationswinkel.
- Objekt vor dem Horopter → Abbildung auf temporalen Netzhautbereich → *gekreuzte Q*
- Objekt hinter Horopter → Abbildung auf nasalen Netzhautbereich → *ungekreuzte Q*
- *Korrespondenzproblem*: Vergleich eines Objektbilds auf der rechten Netzhaut mit dem Abbild desselben Objekts auf der linken Netzhaut → bis heute ungeklärt
- **Selbstversuch zur binokularen Querdissipation (Daumenexperiment)**
- Okulomotorische Faktoren (binokulare Tiefenkriterien)
 - *Konvergenz*: Stellung der Augen zueinander, Konvergenzwinkel ist bei Fixation eines nahen Objekts größer als bei Fixation eines entfernten Objekts
→ drehen der Augen nach innen (nahes Objekt) bzw. nach außen (entferntes Objekt, Diverg.)
 - *Akkommodation*: Anpassung der Linsenform beim Fixieren (bauchiger bei nahen Objekten, flacher bei entfernten Objekten)
- Bewegungsinduzierte Raum- und Tiefenwahrnehmung
 - okulomotorische Veränderungsinformation (durch Konvergenz und Akkommodation)
 - als Folge der Eigenbewegung des ganzen Körpers
 - *Bewegungsparrallaxe* (Helmholtz 1866): ein stationäres Objekt am Horizont "bewegt" sich langsamer als ein nahes Objekt und bleibt länger im Gesichtsfeld (z.B. Beobachter im Zug)
 - Gibsons (1979): *visuelle Flussmuster*, abhängig von Eigenbewegung und Fixationspunkt
 - Kriterium der zunehmenden Auf- und Verdeckung
- Welche Tiefeninformationen? → bekannt, aber wie werden sie genutzt????

Bewegungswahrnehmung

- Objektbewegungen liefern Infos über Form, Tiefe und Größe eines Objekts
- Bewegungswahrnehmung im MT-Areal (bewegungs- und richtungsempfindliche Neurone)
- Scheinbewegungen
 - Bewegungsnacheffekt (Wasserfallsbeispiel)
 - stroboskopische Bewegungen:
 - Phi-Phänomen* (1912 Wertheimer): kurzes Aufblitzen zweier Lichtstreifen, Bewegungseindruck abhängig von Lichtintensität (I), räuml. (R) und zeitl. Abstand (T)
 - Korte's Gesetz*: $> R \rightarrow > T; =R \text{ und } < I \rightarrow > T; =T \text{ und } > R \rightarrow > I; =T \text{ und } < R \rightarrow < I$
 - Interpretation von Scheinbewegung als Spezialfall der realen Bewegung
Wie wird dann das Korrespondenzproblem gelöst? Integration von zeitl. separaten Infos
- Reale Bewegungen
 - Wahrgenommene Geschwindigkeit entspricht nicht $v=s/t$ sondern ist vom Kontext abhängig
 - *Induzierte Bewegung* (Wallach 1959): Bedeutung des Hintergrunds
 - Flussmuster und kinetische Verdeckung des Hintergrunds durch Reizbewegung (Gibson)
 - Brown (1930er): Reizbewegung in Fenstern unterschiedlicher Größe
→ Kontexteffekte zeigen, dass die wahrgenommene Geschwindigkeit nicht durch die sukzessive Reizung aneinandergrenzender Netzhautstellen und deren Rezeptiver Felder bestimmt werden kann.
- Misslokalisationen in Bewegungsrichtung
 - 1) *Fröhlich-Effekt* (1923): Reiz wird in Bewegungsrichtung verschoben wahrgenommen
→ Effekt reflektiert Zeit, die bis zum Aufbau der 1. phänomenalen Repräsentation verstreicht
 - 2) *Flash-Lag-Effekt* (Nijhawan 1994): Balken rotiert um Mittelpunkt und wird durch stroboskopische Lichtblitze flankiert. Blitzwahrnehmung hinkt bewegtem Reiz hinterher
→ längere Latenzzeit des stationären Blitzes gegenüber dem bewegten Reiz (Metzger '32)
→ stationärer Stimulus weist größere Wahrnehmungspersistenz auf (Krekelberg, Lappe '00)

→ Extrapolationsmechanismus kompensiert die Diskrepanz zwischen dem physikalischen und den (aufgrund von Wahrnehmungslatenzen verzögerten) phänomenalen Positionen des Reizes (Nijhawan 1994)

3) *repräsentationales Momentum*: Wenn der Endpunkt einer Bewegung bestimmt werden soll, lokalisiert man den Reiz an einem Ort, den er noch gar nicht erreicht hat

→ höhere Gedächtnisprozesse (Erfahrungen) repräsentieren Bewegungstendenzen

- *Bugwellenmodell* zur Erklärung von 1)-3): Erlhagen und Jancke 2002

- Repräsentation eines Reizes erfolgt durch erregende und hemmende Prozesse
- Reizpräsentation führt zum Aufbau eines Aktivierungsmusters, das kontextuelle Infos der angrenzenden Areale des visuellen Gesichtsfeldes integriert (Ringe)
- wenn sich ein Reiz bewegt, trifft er auf die durch ihn selbst voraktivierten Areale; dadurch verschiebt sich das Aktivierungsmuster in einer Art Welle.
- zu 1): entsteht in der Aufbauphase der Bugwelle. Wenn die Wahrnehmungsschwelle erreicht wird besitzt die Welle schon eine gewisse Schiefe → die ersten Positionen gehen verloren
- zu 2): der bewegte Reiz wird durch die von ihm selbst voraktivierten Areale schneller verarbeitet als der stationäre Reiz
- zu 3): Übergang von überschwelliger zu unterschwelliger Wahrnehmung; Welle schwappt über den Endpunkt hinaus (bereits voraktivierte Stellen)

Objektwahrnehmung

- Organisationsprinzipien

- *Figur-Grund-Problem*: um ein Objekt zu erkennen, muss man es zunächst vom Hintergrund trennen

- Kippbilder: *Rubin'sche Figur*: spontane Wechsel der Figur-Grund-Zuordnung

- Figur → "dinghaft"; Hintergrund → "ungeformt"; trennende Kante wird der Figur zugeordnet

- *Gestaltgesetze* (Zusammenfassung nach Metzger 1966):

- Gleichartigkeit in Bezug auf Form, Farbe, Helligkeit etc.

- Nähe

- gemeinsames Schicksal, z.B. sich in die gleiche Richtung bewegend

- Voreinstellung, neue Elemente werden nach dem gleichen Prinzip wie alte gruppiert

- Aufgehen ohne Rest

- durchgehende Linie

- Geschlossenheit

- abstraktes übergeordnetes Organisationsprinzip: Gesetz der guten Gestalt (*Prägnanzprinzip*)

- Willkürlichkeit der Gruppierung: Textsegmentierungsaufgabe TTLL, gekipptes T

→ Orientierung ist wichtigerer Faktor als Formgleichheit

- Figur-Grund- und Textsegmentierung sind Vorstufen der Objekterkennung

- Wahrnehmungskonstanzen

- *Formkonstanz* (Objektkonstanz, perspektivische Invarianz): Die wahrgenommene Form eines Objekts bleibt unverändert - unabhängig von seiner Orientierung.

→ Verrechnung der Distanzen zu einer konstanten relativen Objektform

- *Größenkonstanz*: Objekte werden trotz unterschiedlicher Entfernung in konstanter Größe

wahrgenommen → System berechnet eine Größenschätzung aus Distanzinformationen

Bsp: *Ponzo-Täuschung* durch den Kontext induzierte Tiefe beeinflusst Größewahrnehmung

- *Farb- und Helligkeitskonstanz*: Wie hell/farbig ein Objekt erscheint ist weitgehend

unabhängig von dem Betrag an Licht, der unser Auge erreicht. Entscheidend ist das

Verhältnis der Intensitäten: bei gleichem Verhältnis der von Zielobjekt und Umgebung

reflektierten Lichtmengen entsteht der gleiche Helligkeitseindruck (Wallach 1948)

→ das visuelle System bezieht sein Umfeld in seine Berechnungen mit ein

- Wahrnehmung von Größe, Form, Farbe und Helligkeit unabhängig von Orientierung, Distanz und Beleuchtungsstärke → Stabilisierung unseres Wahrnehmungseindrucks

- Wahrnehmen als (Wieder-)Erkennen
- Bruner 1957: wir nehmen Dinge in kognitiven Kategorien wahr
- Vertrautheitseffekt: Im Wissensgedächtnis gespeicherte Buchstaben/Wörter werden aufgrund ihrer Vertrautheit schneller und besser verarbeitet als gespiegelte oder rotierte Buchstaben.
→ Beleg für Wissensbeeinflüsse auf frühe visuelle Verarbeitungsstufen.
- Wie treten die Inhalte des Wahrnehmungsprozesses mit der Wissensrepräsentation in Verbindung?
 - *Schablonenvergleich* (template matching): Identifizierung durch Deckungsgleichheit
→ Kritik: Anzahl der Schablonen, Problem der Reizgeneralisierung/Kategorisierung
 - *Merkmalsanalyse* (feature analysis): Objektunterscheidung anhand kritischer Merkmale
Pandämonium-Modell (Selfridge, Neisser 1967): Morsecode-, später Buchstabenerkennung
Merkmalsdämonen, kognitive Dämonen, Entscheidungs-dämonen
- *Merkmalsintegrationstheorie* (Treisman 1980): Extraktion von Reizmerkmalen automatisch und parallel auf früherer Stufe der visuellen Verarbeitung, Integration dieser Merkmale zu einem Objekt setzt fokale Aufmerksamkeit voraus.
- *Bindungsproblem*: Welche Merkmale gehören zu welchen Objekten?
→ Lösung: Identitäts- und Positionsinformationen werden in unterschiedlichen aber interagierenden Pfaden verarbeitet. Objektposition im Raum ist also bindendes Element.
Verhaltensexperimente zur Identifikation und Positionsbestimmung belegen dies.
→ Alternativ: Objektposition unterscheidet sich nicht von den anderen Merkmalen, Identitäts- und Positionsinformationen sind unkorreliert.
→ Heute: Bindung durch synchrones Oszillieren einzelner Zellen oder Zellregionen
- Theorie des Objekterkennens durch grundlegende Teilkomponenten (Biedermann 1987)
 - begrenzte Anzahl an Geons (geometrische Ionen)
 - jedes Objekt unserer Wahrnehmung ist in Geons zerlegbar
 - durch neue Kombinationen von Geons können neue Objekte kreiert werden
 - Geons werden abstrakt wahrgenommen, also unabhängig von Größe und Lage im Raum
 - ein konkretes Objekt ergibt sich aus einer Liste der Teilkörper (Geons) zusammen mit einer Beschreibung ihrer strukturellen Beziehungen → strukturell beschreibendes Merkmalsmodell
- Objekterkennungsansätze haben nur dann Erklärungswert, wenn sie zur Informationsreduktion beitragen → Immer Klassifizierungs- und Kategorisierungsfragen, Was ist ein Elementarmerkmal?

Theorien der Wahrnehmung

- 3 verschiedene Herangehensweisen:
 - Psychophysik: Wie hängt das Wahrnehmungserleben von den zugrundeliegenden Reizverhältnissen ab?
 - Gestaltpsychologie: Nach welchen Prinzipien wird das Reizmaterial bei der Wahrnehmung organisiert?
 - Kognitive Psychologie: Wie wird der Wahrnehmungsinhalt von den verfügbaren Gedächtnisinhalten beeinflusst?
 - ökologischer Ansatz: Welche Bedeutung hat die Struktur der von den Oberflächen der Gegenstände reflektierten Lichtwellen für den Organismus?

Die Klassische Psychophysik

- Analyse und Bestimmung der quantitativen Transformationsgleichungen zwischen sensorischer Eingangsgröße und einer am Empfinden und Verhalten orientierten Ausgangsgröße
- also einfacher: Suche nach der exakten Beschreibung der Beziehung zwischen Reiz und Empfinden
- Wie ändert sich die wahrgenommene Größe, Helligkeit oder Farbe eines Objekts wenn man seine physikalische Größe, Helligkeit oder Farbe ändert?
- Fechner 1860: Abbildung objektiver Reizeigenschaften auf subjektives Reizerleben und –empfinden
 - Rationalskala (Nullpunkt und gleiche Intervalle → gemessene Werte ins Verhältnis setzbar)

- Absolutschwelle = Nullpunkt, Unterschiedschwelle = messbare Intervallgröße
- *Weber'sche Konstante*: Die relative Unterschiedschwelle ist konstant (k für Helligkeit ca. 1/100)
 $\Delta I/I = k$, d.h. die Größe des eben merklichen Unterschieds wächst proportional mit dem Standardreiz
- *Fechner'sches/ Weber-Fechner Gesetz*: $E = c * \log(I)$ gültig nur innerhalb gewisser Grenzbereiche
- *Stevens'sche Potenzfunktion* (1957):
 - $E = a * I^b$, wobei a abhängig von skalierten Maßeinheit und b jeweiliges Sinnesgebiet
 - Validation durch Methode der direkten Größenschätzung (keine Unterschiedsschwellen mehr)
- Kritik: neurophysiologische Aspekte kommen zu kurz
- Signalentdeckungstheorie SDT (Swets und Green 1961)
 - ursprünglich entwickelt für Signal-Rausch-Abstand technischer Kommunikationssysteme
 - unterschiedliche Erkennbarkeit eines konstanten Reizes → Sensitivitätsschwankungen
 - zusätzlich: Entscheidungskriterium des Beobachters
 - SDT: getrennte Betrachtung von Sensitivität und Entscheidungskriterium
 - Entdeckungsaufgabe: Beobachter muss Reiz (Signal) vom Hintergrund (Rauschen) trennen
 - 2 Zustände: S und S+R → 4 mögl. Urteile
 - Vierfelderschema: Treffer, korrekte Ablehnungen, Verpasser, falsche Alarmer
 - *Sensitivitätsparameter d'* : wie gut trennen die VPn Signal und Rauschen
Je stärker der Reiz desto besser kann S und S+R unterschieden werden, desto größer wird d'
 $d' = 0$ wenn S und S+R nicht unterschieden werden können#
 - *Antwortendenz c* : $c=0$ → falsche Antworten gleich auf Verpasser und falsche Alarmer verteilt
 - d' und c sind statistisch unabhängig voneinander: Prüfbar durch Variieren der Auftretenswahrscheinlichkeit des Signals
 - *Isosensitivitätskurven* (ROC-Kurven): Kurven mit d' gleich, aber c verschieden und zusätzlich Variation der Reizstärke. Krümmung gibt Auskunft über d'
 - d' ist nicht Maß für sensorische Sensitivität, andere Aufgabentypen (z.B. Gedächtnisaufg.) lassen sich damit ebenso analysieren.

Die Gestaltpsychologie

- Schulen von Wertheimer, Koffka, Lewin, Köhler
- Gegenströmung zur Elementenpsychologie Anfang 20. Jhd. (Das Ganze ist mehr als die Σ der Teile)
→ z.B. Scheinbewegung: Bewegungsempfindung basiert hier nicht auf Einzelempfindungen
- Scheinkontur (Kanizsa, 1979): Wahrnehmung eines nichtvorhandenen Sechsecks
→ die Wahrnehmung der Teile eines Reizmusters wird von der Gesamtkonstellation bestimmt
- Unabhängigkeit der wahrgenommenen Objekteigenschaften von den lokalen Retinaverhältnissen
- Koffka: Warum sehen die Dinge so aus wie sie aussehen? → Antwort: Gestaltgesetze
- Kritik an Gestaltpsychologie: fehlende Kriterien für die beste und einfachste Gestalt
- Gestaltgesetze beschreiben eher als dass sie erklären → keine wissenschaftliche Theorie

Der wahrnehmungsökologische Ansatz von James J. Gibson

- Frage: Wie schätzen Piloten im 2. Weltkrieg die Entfernung bei Landeanflug ein?
→ Entfernung ist bereits in Oberflächeninformationen enthalten, sie muss nur aufgenommen werden
- das retinale Bild als Grundlage für Wahrnehmung wird aufgrund seiner Mehrdeutigkeit abgelehnt!
- optische Anordnungen (optic arrays) der Oberflächen und deren Veränderungen spezifizieren eindeutig das Layout und die Ereignisse unserer Umwelt.
- Invariante (z.B. Texturgradient): Entfernungsinformo des Gradient bleibt trotz Eigenbewegung erhalten
- Erkennen solcher invarianten Informationen beeinflusst maßgeblich unsere Wahrnehmung
- *Horizontverhältnis* (Gibson 1979): Anteil eines Objektes, der über den Horizont ragt geteilt durch den Anteil desselben Objektes, der unter dem Horizont bleibt.
Objekte mit einem identischen Horizontverhältnis haben die gleiche Größe.
Beobachter mit 1.60 Augenhöhe am ersten Pfahl → alle Schnittpunkte mit Horizont 1.60 hoch

- *direkte/unmittelbare Wahrnehmung*: Information steckt bereits in der räumlichen Anordnung und muss nur noch aufgenommen (keineswegs verarbeitet) werden.
- eindeutige Objektwahrnehmung bedarf immer der umgebenden Flächenanordnung → ökol. Ansatz
- Flussmuster sind von besonderer Bedeutung: Wahrnehmen ohne Bewegungen des Beobachters im Raum ist kaum denkbar. Erst durch Eigenbewegungen werden Objektverdeckungen reversibel, wodurch sich der Eindruck einer stabilen Welt herausstellt.
- Konzept des Angebots (affordance), Gibson (nach Koffkas Aufforderungscharakter von Objekten):
 - Ein Beobachter nimmt in seiner Umwelt die Angebote der Objekte wahr.
 - Gibson: diese Angebote können direkt aus der optischen Anordnung entnommen werden
- Gibsons Ansatz ist sehr umstritten, vor allem weil empirisch weder beweis- und widerlegbar
- Aber: lenkt das Augenmerk auf eine genauere Analyse der Umweltinformationen und der darin enthaltenen Invarianten sowie auf die Bedeutung der Eigenbewegung
- Kombination des wahrnehmungsökologischen mit dem Informationsverarbeitungsansatz denkbar

Der computationale Ansatz von David Marr

- informationsverarbeitender Ansatz (1982) und Verbindung zur Künstlichen Intelligenz
- zur Zeit vielleicht die umfangreichste Theorie zur visuellen Wahrnehmung
- Betrachtung naturalistischer Szenen
- Ausgangspunkt: retinales Abbild; Endpunkt: subjektiver Wahrnehmungseindruck
- reale Welt wird durch symbolische Repräsentationen dargestellt und verarbeitet → 2 Fragen:
 - Was wird repräsentiert? Objekterkennung als Ziel
 - Und wie? Modulare Verarbeitung
- Information durchläuft sukzessive mehrer Stadien:
 - 1) *retinales Abbild*: räumliche, retinale Verteilung der versch. Lichtwellen und Intensitäten
 - 2) *primäre Rohskizze*: Berechnung der Elementarmerkmale einer Szene aus den Intensitätsübergängen im retinalen Abbild, Konturen, Ecken, Kanten, Kleckse, Flecke, ...
 - 3) *2.5D-Skizze*: Gruppierung der Elementarmerkmale aus der Rohskizze; enthält Repräsentation von Flächen und ihren Anordnungen mit grober Tiefeninfo (2.5D) beobachterzentriert, kein Bezug zur externen Umwelt
 - 4) *3D Modellrepräsentation*: Zusammenfassung der Flächen und ihren Anordnungen zur Repräsentationen der 3D Umwelt; beobachter- und perspektivenunabhängig
→ für Vergleich mit Gedächtnisinhalten geeignet
- Der Übergang zwischen den Stadien soll algorithmisch fassbar sein
- Extraktion eines einfachen Merkmals aus dem retinalen Abbild:
 - Determination der 0-Schnittpunkte
 - Intensitätsänderungen durch 2fache Ableitung (Intensität, retinale Position)
 - Kreuzung der 0-Schnittpunkte = Übergang von retinalem Abbild zu primärer Rohskizze
 - Die Kreuzungen der 0-Schnittpunkte stellen eine Repräsentation von markanten Intensitätsänderungen im ursprünglichen Abbild dar.
 - Es ist allerdings unwahrscheinlich, dass ein neuronaler Mechanismus das so kann
- räumlicher Frequenzfilter (*DOG-Filter*): ähnlich wie in Ganglienzellen der Retina mit rez. Feldern
→ Arbeitsweise kann besser mit der neuronalen abgeglichen werden
- Außerdem nach Biedermann: generalisierte Prototypen von Kegeln und Kuben
- Kritik: Zu oft geht Marr von reizgetriebener Bottom-Up Verarbeitung aus, da diese die präferierte Verarbeitungsrichtung des Computers ist. Muss beim Menschen nicht auch so sein.
- Kann die Beschreibung visueller Prozesse in Form eines Algorithmus überhaupt Erkenntnisse über die Arbeitsweise des visuellen Systems liefern?

Ausblick

- Wahrnehmungsforschung ist stark interdisziplinäres Gebiet
- Auffassen von Wahrnehmung als eine wie auch immer geartete Transformation der Eingangsinfo.

- Aber: zu reduktionistisch ausgelegte Sichtweise, führt zur Verarmung, andere Sinne unbeachtet
- Außerdem vernachlässigt: Funktion des Wahrnehmungsprozesses → Sinne sind lediglich Hilfsmittel, um ein erfolgreiches Handeln des Individuums mit der Umwelt zu ermöglichen

Kapitel 1c: Aufmerksamkeit

Einleitung

- Cocktailparty-Phänomen: Alle an unserem Ohr ankommenden akustischen Reize werden sensorisch kodiert, jedoch wird nur ein kleiner Ausschnitt bewusst wahrgenommen.
- Definition von William James 1890: Aufmerksamkeit implies withdrawal from some things in order to deal effectively with others
- Selektive Aufmerksamkeit: Auswahl von bestimmten Inhalten mit dem Ziel, bestimmte Information dem Bewusstsein bzw. der Steuerung von Denken und Handeln zugänglich zu machen.
- *perzeptive Selektion*: bestimmte von vielen sensorischen Reizen auswählen
- *handlungssteuernde Selektion* (selection for action): handlungsvermittelnde Funktion der Aufmerksamkeit; Selektive Aufmerksamkeit zur Handlungssteuerung
- biologische Notwendigkeit für einen attentionalen Mechanismus der sensorischen Kontrolle zielgerichteter Handlungen. Bsp. Obst pflücken, Gazellen jagen (Allport 1987)
- *Selection-for-Action-Ansatz* (Neumann 1987):
 - Handlung = Sequenz von Bewegungen, die durch dieselbe interne Kontrollstruktur gesteuert werden
 - Fertigkeiten (skills) = als hierarchische Schemata im LZG gespeichert und steuern die Handlungen
 - Zwei Selektionsprobleme im Selection-for-Action Ansatz:
 - Effektorrekrutierung: Vergleich mit Bahnnetz; zentrale Kontrolle oder multiple dezentrale
 - Spezifikation der Handlungsparameter
- Kapazitätslimit: "one ongoing action inhibits all other possible actions"; nur eine begrenzte Anzahl von Handlungen kann zu einem Zeitpunkt ausgeführt werden.
- Worin besteht die Beschränkung? Untersuchung der funktionellen Architektur des Verarbeitungssys.

Selektive Aufmerksamkeit

- Aus der Gesamtmenge der eingehenden Informationen muss ständig die relevante Teilmenge ausgewählt werden, um effizientes und störungsfreies Handeln zu ermöglichen.

Klassische Ansätze

- *Dichotisches Hören* (Cherry 1953): Cocktailparty-Phänomen
 - Beschatten der Nachricht in einem Ohr, im anderen Ohr eine weitere Nachricht
 - Bedeutung der nichtbeachteten Nachricht kann nicht wiedergegeben werden.
 - Es wurde aber bemerkt, wenn die Stimme von Mann auf Frau wechselte oder Beep-Ton
 - 2 Nachrichten in derselben Stimme im gleichen Ohr → schwer zu beschatten
- *Split-Span Paradigma* (Broadbent 1954;1958):
 - Sequenz von simultanen Ziffernpaaren an beiden Ohren.
 - Ergebnis: Wiedergabe bevorzugt nach Ohren und nicht nach Darbietungspaaren
 - aufgabenirrelevante Nachrichten werden vor ihrer Verarbeitung abgeblockt
 - physikalische Merkmale der Eingangsinfo sind effektive Hinweisreize (clues) um die Nachrichten auseinander zu halten.
 - nur physikalische Merkmale der nichtbeachteten Nachricht können entdeckt werden
 - Nachrichtenselektion erfolgt auf der Basis physikalischer Reizmerkmale
- *Psychologische Refraktärperiode* (PRP; Welford 1952)
 - Zwei Reize in schneller Aufeinanderfolge; möglichst schnelle Reaktion auf beide Reize
 - Die Reaktionszeit auf S_2 ist umso länger, je kürzer das Zeitintervall zwischen der Darbietung von S_1 und S_2 ist; *SOA (stimulus onset asynchrony)* Zeitverzögerung zwischen S_1 und S_2 .
 - Reaktionszeitverlängerung durch psychologische Refraktärperiode
 - Engpass im Verarbeitungssystem wegen serieller Verarbeitung: Die Verarbeitung von S_2 kann erst beginnen, wenn die Verarbeitung von S_1 abgeschlossen ist.
 - S_1 und S_2 werden sensorisch unmittelbar registriert: PRP als Evidenz für zentrale Beschränkung in der menschlichen Informationsverarbeitungskapazität.

- *Filtertheorie* (Broadbent 1958): basiert auf Einkanalhypothese von Welford 1952
 - Zwei gleichzeitig dargebotene Reize gelangen parallel in einen sensorischen Speicher
 - Nur einer darf aufgrund seiner physikalischen Merkmale einen selektiven Filter passieren
 - Der andere Reiz bleibt im sensorischen Speicher für evtl. späteren Zugriff
 - Filter schützt kapazitätslimitiertes, strikt seriellles Verarbeitungssystem vor Überlastung
 - Hier wird die Eingangsinfo gründlich (semantisch) verarbeitet und kann ins LZG gelangen.
 - frühe Selektion, Alles-oder-Nichts-Weiterleitung, Einkanalhypothese (1 zentraler Prozessor)
 - *Multiplexing*: Aufmerksamkeitsteilung zwischen 2 Kanälen erfordert Umschalten des Filters
- Revision der Filtertheorie: Ob und wie viele Infos vom nichtbeachteten Kanal werden verarbeitet?
 - Durchbruch von nichtbeachteter Info durch den Filter: 1/3 der VPn entdecken ihren eigenen Namen im nichtbeachteten Kanal (Moray 1959)
 - Infos im nichtbeachteten Kanal werden semantisch bis zu bestimmter Stufe verarbeitet und können Infos im beachteten Kanal beeinflussen (Wright, Anderson, Stenman 1975)
 - Entdeckung kritischer Info im nichtbeachteten Kanal kann durch Übung deutlich gesteigert werden (Underwood 1974)
- *Attenuationstheorie* (Treisman 1964):
 - abgeschwächte Weiterleitung der nichtbeachteten Information (Mehr-oder-Weniger-Prinzip)
 - Ort der Selektion flexibel aber relativ früh auf einer perzeptiven Stufe
 - Hierarchie von Verarbeitungsstufen; erreichtes Analyseniveau hängt von der verfügbaren Verarbeitungskapazität ab
 - *Modell der Worterkennung* (Treisman 1960): Verarbeitungssystem enthält lexikalische Einheiten, die jeweils einem Wort entsprechen. Jede Einheit ist mit perzeptiven und semantischen Verarbeitungseinheiten verknüpft. Einheiten feuern, wenn ihre Aktivierung eine Schwelle übersteigt, wodurch die Wortbedeutung bewusst wird. Die Schwelle hängt von der Salienz und der Auftretenshäufigkeit des Wortes ab. Wenn der Attenuator eine Reduktion des perzeptiven Inputs im nichtbeachteten Kanal bewirkt, so muss die Aktivierungsschwelle einer Einheit sehr niedrig sein, um dennoch zu feuern (beim eigenen Namen ist das so)
- *Theorie der späten Selektion* (Deutsch und Deutsch 1963)
 - Selektion näher am Ausgabeende der Verarbeitung (Reaktion)
 - Volle Analyse aller Eingangsreize
 - Weiterverarbeitung (z.B. Speicherung im Gedächtnis, motorische Reaktion) erfolgt nur für die Reize, die für die momentane Aufgabe am relevantesten sind.
 - effizienter Gewichtungprozess für alle Eingangsreize erforderlich
 - Parallel arbeitender Prozessor (Vergleich mit Bestimmung des größten Schülers)
- *frühe vs späte Selektion*:
 - Je mehr Verarbeitungsstadien vor der Selektion durchlaufen werden desto höher ist der Kapazitätsbedarf. Um den Kapazitätsbedarf zu minimieren, erfolgt die Selektion so früh in der Verarbeitung wie es die Aufgabenanforderungen erlauben. (Johnston und Heinz 1978)
 - Ob die Selektion früh oder spät erfolgt hängt von den Anforderungen der Aufgabe an die Zielreizselektion (perceptual load) ab. (Lavie 1995)
 - Geringe attentionale Anforderungen → irrelevante Distraktoren werden mit verarbeitet
Zielreizselektion beansprucht Aufmerksamkeit vollständig → frühe Selektion
 - Prüfung mittels abgewandeltem Flankierreiz-Paradigma: Experiment 1: 1-6 Zielreize;
→ nur bei geringer perceptual load FKE der auf Mitverarbeitung der Flankierreize hindeutet.
 - Experiment 2: High-Load Bedingung und Low-Load Bedingung (go/nogo-Aufgabe)
→ High-Load reduzierte Interferenzwirkung eines zusätzlichen Distraktors
- Der Ort der Selektion ist flexibel und abhängig von spezifischen Aufgabenfaktoren.

Selektive Visuelle Aufmerksamkeit

- **ortsbasierte visuelle Aufmerksamkeit**

- *Flankierreiz-Paradigma* (Eriksen und Eriksen 1974)
 - Buchstabenfolge z.B. BAB. Auf Zielreiz A soll bestimmte Reaktion erfolgen
 - Falls die Flankierreize B eine damit inkompatible Reaktion erfordern kann es zu einer Verlängerung der Reaktionszeit kommen (*Flankierreiz-Kompatibilitäts-Effekt*, FKE)
 - Dieser Effekt lässt sich reduzieren, wenn der Ort des Zielbuchstaben vor der Präsentation der Buchstabenreihe durch einen Markierungsstimulus angezeigt wird.
 - Interferenzwirkung von inkompatiblem Flankierreiz auf die Zielreaktion reduziert sich mit zunehmender Zeitverzögerung (SOA) zwischen dem Hinweisreiz und der Buchstabenreihe.
- Aufmerksamkeit als eine *variable Gummilinse* (zoom lens), mit zwei Einstellungsmöglichkeiten:
 - fokussiert: kleiner Bereich in hoher Auflösung oder
 - unfokussiert: weiter Bereich mit verringerter Auflösung
 - engste Einstellung der Aufmerksamkeit: minimal 1° Sehwinkel Durchmesser

- *Spatial-Cueing Paradigma* (Posner, 1980)

- VPn sollen eine einfache Entdeckungsreaktion ausführen
- spatial cue zeigt die Position eines nachfolgenden Zielreizes mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit an → die ortsbezogene Aufmerksamkeit wird auf die angezeigte Position gerichtet und andere Positionen werden ignoriert.
- Cue-Validität: valide, neutral (Cue als zeitliches Warnsignal), invalide
- Art des Cues: zentral durch symbolischen Reiz am Fixationsort (z.B. Pfeil nach rechts) oder peripher durch kurzzeitige Luminanzänderung am indizierten Ort
- Bei validen Cues entstehen Reaktionszeitgewinne, bei invaliden Durchgängen längere Reaktionszeiten (Kosten) als bei neutralen Cues.

- Lichtkegelmetapher der Aufmerksamkeit (Posner et al. 1978, 1980)

- Stimuli, die an einem attentional illuminierten Ort erscheinen werden rascher und gründlicher verarbeitet als Stimuli an anderen Orten.
- Durchmesser des Lichtkegels ist von konstanter Größe
- Verlagerung des Lichtkegels durch kontinuierlich-analoge Bewegung
- Posner 1988: Orientierung der Aufmerksamkeit durch 3 separate Mechanismen:
 - 1) Move: Verlagerung der Aufmerksamkeit von einem Ort an einen anderen
 - 2) Disengage: löst die Aufmerksamkeit vor der der Verlagerung von einem Objekt ab
 - 3) Engage: bindet die Aufmerksamkeit nach der Verlagerung an den neuen Ort

- *Gradientenmodell* (Downing 1988): Die attentionale Auflösungskraft innerhalb der beobachteten Region fällt vom Maximum im Zentrum kontinuierlich zur Peripherie ab. Die Steilheit des Gradienten hängt von den Aufgabenanforderungen ab.

- *Aufmerksamkeitsorientierung*: Zwei komplementäre Mechanismen

- *exogen*: reizgetriggert, reflexiv; Orientierung auf periphere Cues; kurze Latenz (~ 50 ms); transiente Aktivierung (50-200 ms); relativ automatische Funktionsweise
- effektive Hinweisreize: transiente Luminanzveränderung (Onsets besser als Offsets; Jonides)
- *endogen*: intentional, willentlich; Orientierung auf zentrale Cues; lange Latenz (> 200 ms); lange aufrecht erhaltbare Aktivierung (>500 ms); kontrollierte Funktionsweise
- exogene Orientierung kann unabhängig von einer Zweitaufgabe ablaufen und selbst durch örtlich nichtinformative Hinweisreize ausgelöst werden (Jonides 1980)
- endogene Orientierung auf valide Cues kann durch exogene Triggerreize unterbrochen werden. Dabei hängt die Unterbrechung von der Cue-Validität ab (Yantis, Jonides 1990)

- *Sakkadische Augenbewegungen*: Aufmerksamkeitsausrichtung an bestimmten Ort kann offen (overt) oder verdeckt (covert) stattfinden. Enger Zusammenhang zwischen verdeckter Aufmerksamkeitsorientierung und sakkadischen Augenbewegungen.
 - Richtung der Aufmerksamkeit ist an die Richtung der Augenbewegung gekoppelt.
 - Der Augenbewegung an den Ort eines peripheren Cues geht eine Aufmerksamkeitsbewegung voraus (Posner 1980)
 - 50-100 ms vor einer Sakkade können nur Objekte am Sakkadenziel diskriminiert werden
 - In einer kritischen (späten) Periode der Fixation muss die Aufmerksamkeit auf das nächste Sakkadenziel ausgerichtet werden, damit die Sakkade ausgeführt werden kann. Eine Aufmerksamkeitsverlagerung vor dieser kritischen Periode verkürzt die Sakkadenlatenz nicht und reduziert die Reizdiskrimination an anderen Positionen.

- *Gap-Paradigma*: Bevor die Aufmerksamkeit auf einen neuen Stimulus in der Peripherie verlagert werden kann, muss sie vom Fixationsstimulus abgelöst werden (disengage). Diese Aufmerksamkeitsablösung kann beschleunigt werden, indem man den Stimulus am Fixationsort noch vor dem Einsetzen des peripheren Sakkadenziels auslöscht
 - Zeitlücke zwischen dem fixierten und dem neu zu fixierenden Stimulus (*Express-Sakkaden*)

- *Inhibition of Return (IOR)*: Hemmung der Reorientierung der Aufmerksamkeit auf einen vorher beobachteten Ort.
 - Posner'sches Cueing-Paradigma: Wenn Zeitverzögerung zwischen Hinweisreiz und Zielreiz größer als 300 ms ist, verlangsamt sich die Reaktionszeit.
 - Der frühe Erleichterungseffekt für die indizierte Position (SOA < 300 ms) verkehrt sich in einen späten Inhibitionseffekt (SOA > 300ms)
 - erschwerte Reorientierung der Aufmerksamkeit auf die indizierte Position durch inhibitorische Markierung dieser Position für die erneute Aufmerksamkeitsverlagerung. Vorher werden neue Orte im visuellen Feld abgesucht.

- *Sensitivitäts- vs Kriteriumseffekte* der ortsbezogenen Aufmerksamkeit: Worin besteht die Wirkung der Aufmerksamkeit, wenn sie einmal auf einen bestimmten Ort gerichtet ist?
 - Bessere Signalqualität oder herabgesetzte Reaktionsschwelle?
 - Untersuchungen mittels Signalentdeckungstheorie
 - Die ortsbezogene Aufmerksamkeit beeinflusst sowohl die perzeptive visuelle Sensitivität als auch das Entscheidungskriterium. Sensitivitätseffekte sind abhängig von den Anforderungen der Aufgabe an die Zielreizverarbeitung (größer bei komplexen Diskriminationsaufgaben als bei einfachen Entdeckungsaufgaben).
 - mögliche Ursache: Präaktivierung von Detektormechanismen am beachteten Ort

- **objektbezogene visuelle Aufmerksamkeit**
- Aufmerksamkeit wird nicht auf einen abstrakten Ort, sondern auf ein Objekt an einem Ort gerichtet.
- Paradigma von Duncan 1984:
 - Zwei überlappende Objekte mit jeweils zwei unabhängigen Attributen (Rechteck; Linie)
 - Aufgabe: entweder Einzelurteil (1 Attribut von einem Objekt) oder duale Urteile (2 Attribute von einem Objekt oder 2 Attribute von 2 Objekten)
 - Ergebnis: duale Urteile über ein Objekt ebenso genau wie Einzelurteile; reduzierte Genauigkeit für duale Urteile über 2 Objekte, obwohl am selben Ort dargeboten
 - Aufmerksamkeit nicht orts- sondern objektbezogen (nur ein Objekt zur Zeit möglich)
- Experiment von Baylis und Driver 1993:
 - 3 Vielecke nebeneinander ohne Lücke in zwei Farben (rot/grün)
 - Einstellen der VPn auf bestimmten Zielreizfarbe, z.B. rot
 - VPn nehmen entweder zentrales rotes Objekt wahr oder zwei seitliche rote Objekte
 - Aufgabe: Beurteilung der Höhe der Knickpunkte direkt anschließender Grenzkonturen

- Ergebnis: trotz identischem Verlauf erfolgt Höhenvergleich schneller, wenn die Knickpunkte von einem zentralen Objekt zu vergleichen waren als von zwei Flankervielecken
- Es kann nur ein Objekt zur Zeit für perzeptive Urteilsprozesse repräsentiert werden.
- Tipper et al. (1994): Untersuchung des IOR-Effekts in dynamischen Displays
 - peripher indiziertes Objekt bewegt sich in kreisförmiger Bahn um Fixationspunkt.
 - IOR-Effekt ist objektzentriert und bewegt sich mit dem peripher indizierten und dann inhibitorisch markierten Objekt mit.
- Welche Art der Objektrepräsentation liegt der objektzentrierten visuellen Selektion zugrunde?
 - Initiale Objektselektion basiert auf einer Struktur ähnlich dem *grouped spatial array* von Marr
 - Objektbasierte visuelle Selektion ist wesentlich ortsbezogen
- **dimensionsbasierte visuelle Aufmerksamkeit**
- Selektion ist durch die Art der geforderten Diskrimination zwischen unterschiedlichen Stimulusattributen (Form, Farbe, Bewegung ...) limitiert.
- *Analysatorentheorie* (Treisman 1969; Allport 1971) Bei dualen Diskriminationsleistungen, die die gleichen dimensionsspezifischen Analysatoren beanspruchen, kommts zu wechselseitiger Interferenz
- *Dimensions-Gewichtungs-Ansatz* (Müller, Heller, Ziegler 1995) attentionale Gewichtung von Objektdimensionen. Wenn z.B. die Farbdimension gewichtet ist, wird die Farbverarbeitung für alle Objekte erleichtert. Da aber der Gesamtbetrag an Dimensionsgewicht limitiert ist, ist die Verarbeitung anderer Objektattribute (z.B. Form) beeinträchtigt.
 - Bestätigung durch Müller und O'Grady (2000): Versuchsaufbau nach Duncan
 - Beurteilung von 2 Formattributen, 2 Farbattributen oder 1 Farb- und 1 Formattribut
 - Entweder auf ein Objekt oder auf zwei Objekte bezogen
 - Ergebnis: Genauigkeit dualer Urteile größer, wenn sie sich auf Attribute derselben Dimension bezogen, unabhängig davon, ob ein oder zwei Objekte zu beurteilen waren.
- Dimensionseffekt unabhängig von Objekteffekt und umgekehrt!
- Dimensions- und Objektbasierte Selektionsprozesse werden innerhalb desselben räumlichen Mediums wirksam. Aufmerksamkeit kann auf komplexe Objektstrukturen gerichtet werden, wobei dimensionsbasierte Prozesse mitbestimmen, welche Strukturen im räumlichen Selektionsmedium Salienz erreichen (hervorgehoben werden).
- Selektionsprozesse relativ „früh“, noch bevor alle Attribute eines Objektes verfügbar sind.

Visuelle Suche

Das Paradigma der visuellen Suche

- Suchdisplay mit variabler Anzahl an Distraktorstimuli und einem Zielreiz (an- oder abwesend)
- möglichst schnelle Target-anwesend oder abwesend Entscheidung
- Displaygröße = Gesamtanzahl der Stimuli
- *Such-Reaktionszeit-Funktion*: Reaktionszeit = Basisreaktionszeit + Suchrate (ms/item) * Displaygröße
- Reaktionszeit = $a + b * n$
- Unterscheidung zwischen zwei Modi: parallele und serielle Suche (Treisman, Gelade 1980)
 - $b \leq 10$ ms/Item: die Suchfunktion steigt mit zunehmender Displaygröße nur wenig an, d.h. alle Items im Display werden simultan abgesucht → *parallele Suche*
 - $b > 10$ ms/Item: Suchfunktion steigt linear an, d.h. einzelne Displayitems werden sukzessive abgesucht → *serielle Suche*: *erschöpfend* (exhaustive) oder *selbst-abbrechend* (serial self-terminating)
- serielle erschöpfende Suche: Target-abwesend-Entscheidung braucht n serielle Suchschritte
- serielle selbst-abbrechende Suche: Target-anwesend-Entscheidung braucht $n/2 + 1/2$ Suchschritte
- d.h. im Durchschnitt wird das Target nach Absuchen der Hälfte aller Displayitems gefunden
- negative Suchfunktion (seriell erschöpfende Suche) hat doppelte Steigung der positiven Suchfunktion (seriell selbst-abbrechende Suche)

- *Merkmals-Integrations-Theorie* der visuellen Aufmerksamkeit (MIT, Treisman 1980)
 - Jeder Stimulus lässt sich als eine Kombination von basalen Merkmalen beschreiben, wobei ähnliche Merkmale (z.B. grün, rot, gelb) eine Merkmalsdimension (z.B. Farbe) bilden.
 - Merkmalsdimensionen: modulare Systeme, bestehend aus spezialisierten Merkmalsdetektoren
 - Ähnliche Merkmalsdetektoren sind topographisch in Merkmalskarten organisiert
 - bestimmte Orte in den Merkmalskarten entsprechen bestimmten Stimulusorten (Hauptkarte der Orte) im visuellen Feld → korrespondierende Orte können einander zugeordnet werden
→ *Bindungsproblem*: Wie werden die separat kodierten Objektmerkmale später zu einer kohärenten Objektrepräsentation verbunden?
- Evidenz für MIT aus visuellen Suchexperimenten
 - *simple feature search*: Target unterscheidet sich von Distraktoren durch ein Merkmal
→ flache Suchfunktion, Target-Entdeckung durch parallele präattentive Suche (popout)
 - *feature conjunction search*: Target unterscheidet sich durch eine Kombination von Merkmalen von den Distraktoren. → lineare Steigung mit Verhältnis 2:1 von negativen zu positiven Funktionen
→ Target-Entdeckung durch serielle attentionale Suche
- Erklärung für feature conjunction search: Die einzelnen Displayitems müssen sukzessive mit fokaler Aufmerksamkeit abgetastet werden. Die separat kodierten Merkmale des inspizierten Items werden zu einer kohärenten Objektrepräsentation integriert und mit Target-Beschreibung im Objektgedächtnis verglichen. Die Zuweisung der fokalen Aufmerksamkeit erfolgt ortsbezogen. Die Aufmerksamkeit wird auf einen Ort in der Hauptkarte der Orte (*master map of locations*) gerichtet, wodurch der Output der verschiedenen Merkmalsdetektoren (Merkmalskarten) am entsprechenden Ort verfügbar wird.
→ *Bottleneck* im seriell arbeitenden und Aufmerksamkeit erforderndem Bindungsstadium: Merkmalsbindung kann nur für ein Objekt zur Zeit erfolgen.
- *Illusionäre Konjunktionen* (Treisman 1982): bei kurzzeitiger Darbietung können die Merkmale nichtbeachteter Objekte falsche Bindungen eingehen
→ nur die Zuweisung von fokaler Aufmerksamkeit garantiert korrekte Merkmalsintegration
- Kritik an MIT: einige Befunde nicht kompatibel mit einfacher Dichotomie zwischen präattentiver paralleler und attentionaler serieller Suche; Variationen zwischen flachen und steilen Suchfunktionen; Ähnlichkeit des Targets zu den Distraktoren und der Distraktoren untereinander.
- *Theorie der gesteuerten Suche* (GST, guided search theory; Wolfe et al. 1990, 1994):
 - ortsbasierte *Hauptkarte der Aktivierungen* (overall map of activations): Steuert die Allokation der fokalen Aufmerksamkeit (auf den Ort mit der höchsten Hauptkartenaktivierung).
 - Bindung der am höchstaktivierten Ort registrierten Objektmerkmale durch fokale Aufmerk.
 - Berechnung der Hauptkartenaktivierungen: Bottom-Up oder Top-Down Mechanismus
 - 1) *Bottom-Up* (parallel): berechnet Karten von Merkmalsdifferenzen (Salienzen) gleichzeitig für jede Dimension. Die dimensionsspezifischen Salienssignale werden dann von Einheiten der Hauptkarte über alle Dimensionen aufsummiert. Aufmerksamkeitszuweisung auf Target nach parallelem Winner-take-All-Auswahlprozess. (Bottom-Up für einfache Merkmalsuche)
 - 2) *Top-Down* (seriell): involviert eine wissensbasierte Aktivierung der bekannten Targetmerkmale (z.B. rot und X). Dadurch erreichen alle roten Items und alle Xe eine höhere Salienz im Farb- und im Formsistem. Das Target ist das einzige Item, das eine höhere Aktivierung in beiden Dimensionen erreicht. → Target müsste höchste Gesamtaktivierung in der Hauptkarte haben und für die Aufmerksamkeit ausgewählt werden.
ABER: Aktivationsdifferenz von Target und Distraktoren geringer als bei einfacher Merkmalsuche und mögliche Fehler in der Salienzberechnung (Rauschen). Deshalb kann es vorkommen, dass Distraktoren eine höhere Aktivierung als das Target erreichen und somit vorher inspiziert (und zurückgewiesen) werden. → serieller Suchprozess, allerdings nicht zufällig, sondern auf wahrscheinliche Target-Kandidaten beschränkt (Top-Down Berechnung der Salienzen für Merkmalskonjunktionssuche)

- Erklärung von Ähnlichkeitseffekten: Je ähnlicher das Target und die Distraktoren sind, desto geringer sind die Bottom-Up (einfach Merkmalssuche) und die Top-Down (Merkmalskonjunktionssuche) berechneten Salienzdifferenzen zwischen Target und Distraktoren und umso stärker wirkt sich Rauschen auf die Berechnung der Gesamtaktivierungen aus. → Umso mehr Distraktoren müssen inspiziert und zurückgewiesen werden, bevor das Target entdeckt wird → die Anzahl der benötigten seriellen Suchschritte steigt. Gruppierungsprozesse zwischen Items spielen hier keine Rolle.
- *Ähnlichkeitstheorie der visuellen Suche* (ÄT, similarity theory; Duncan, Humphreys 1989, 1992):
 - Alle Suchen verlaufen parallel; Ähnlichkeitseffekte basieren auf Gruppierungsprozessen
 - Suchschwierigkeit (Steigung der Suchfunktion) bestimmt durch Target-Distraktor-Ähnlichkeit und Distraktor-Distraktor-Ähnlichkeit
 - Objektbindung (Kodierung struktureller Objekteinheiten) erfolgt parallel-präattentiv
 - *strukturelle Einheit* = gebundene Menge von Merkmalen, die zum selben Objekt gehören
 - strukturelle Einheiten konkurrieren um Zugang zum *visuellen Kurzzeitspeicher (VSTM)*,
 - VSTM: kapazitätsbeschränkt auf 4 Einheiten (bewusst und handlungsrelevant)
 - *Selektionsgewicht* für jede strukturelle Einheit ($\sum w_i=1$)
 - Vorwissen des Zielreizes führt zur Aktivierung eines *Templates* (Suchbild) des Targets
 - Selektionsgewicht wird den Einheiten proportional zur Ähnlichkeit mit dem Template zugewiesen
Große Ähnlichkeit → höheres Selektionsgewicht
 - *ähnlichkeitsbasierte visuelle Gruppierung*: Selektionsgewichte von strukturellen Einheiten mit ähnlichen Merkmalen sind miteinander verbunden (*weight linkage*)
 - Zurückweisung eines Distraktors → Selektionsgewicht = 0 → *spreading suppression*
Also eine parallele Unterdrückung von Distraktorgruppen.
 - Kein Bottleneck in der Merkmalsbindung sondern im VSTM → Theorie der späten Selektion

Neurokognitive Mechanismen der selektiven visuellen Aufmerksamkeit

- neuronale Grundlagen der selektiven visuellen Aufmerksamkeit
 - Einzelzelleableitung am wachen Tier (Affen)
 - Messung ereigniskorrelierter Potenziale an der Schädeloberfläche des Menschen
 - Untersuchung der Folgen von lokalen Hirnschädigungen
 - bildgebende Verfahren: fMRT, PET
- 2 Charakteristika des visuellen Systems:
 - Parallelität funktional spezialisierter Verarbeitungsmechanismen
 - Quasi-hierarchische Organisation dieser Mechanismen
- V1: erste corticale Stufe der visuellen Informationsverarbeitung
- Multischrittkonzeption:
 - Eingangsstufe der Verarbeitung V1/V2: Berechnung elementarer visueller Merkmale
 - nachfolgende höhere Stufen: ventraler Pfad Objekterkennung; dorsaler Pfad räumliche Info
 → *Hierarchisch*: elementare visuelle Info bildet die Grundlage für die Berechnung komplexerer Infos aus höheren Stufen.
 - Mit zunehmender Ebene in der Hierarchie nimmt die Komplexität des berechneten Attributs zu.
- *quasi-hierarchisch*: auch neuronaler Aktivitätsfluss in absteigender Richtung bzw. direkte Verbindung von niedrigen zur höchsten Stufe (V1 nach V4). Außerdem gibt's kein Areal, in dem alle parallel-verteilt berechneten Infos konvergieren. → Bindung also auch verteilt
- Größe der rezeptiven Felder nimmt mit zunehmender Hierarchieebene zu. Zellen in V1 haben z.B. kleine rezeptive Felder, Zellen im IT (höchste Stufe im ventralen Pfad) sehr große haben.
- *visuelles Gehirn*: Parallel und verteilt arbeitendes System, in dem visuelle Information in einer Reihe von quasi-hierarchischen Schritten berechnet wird, die von niedrigeren zu höheren Ebenen fortschreiten und durch eine zunehmende rezeptive Feldgröße der entsprechenden Neuronen gekennzeichnet sind.

- Computationale *Theorie der visuellen Aufmerksamkeit* (TVA, Bundesens, 1990, 1998)
 - Multiple Objekte im visuellen Feld treten einen Wettlauf (*race*) um die Identifikation an.
 - Identifikation involvierte Kategorisierung nach Merkmalen und diese ist gleichbedeutend mit der Enkodierung in den kapazitätslimitierten VSTM.
 - Konkurrenz unterliegt Bias, der die Verarbeitungsrate für ein Objekt im Wettlauf moduliert.
 - Ergebnis des Konkurrenzprozesses wird bestimmt durch:
 - 1) *Exponentielle Verarbeitungsdynamik*: nur 1 Objekt im visuellen Feld → Wahrscheinlichkeit der Identifikation wächst exponentiell in Abhängigkeit von der Darbietungszeit
 - 2) *Konkurrenz durch Modulation der Verarbeitungsrate*: mehrere gleichzeitig zu identifizierende Objekte im visuellen Feld → reduzierte Verarbeitungsrate für die einzelnen Objekte; Konkurrenz im Sinne von kapazitätslimitierter paralleler Verarbeitung
 - 3) *Bias durch Attentionale Gewichtung*: Zuordnung von Aufmerksamkeitsgewichten w_i für jedes Objekt i ; Basisrate der Verarbeitung eines Objekts i (r_i).
Für jedes Objekt i : Verarbeitungsrate für Objekt $i = r_i * w_i / \sum w$
→ Objekte mit hohem Gewicht werden schneller verarbeitet und produzieren starke Interferenz mit der Verarbeitung anderer Objekte ($\sum w$ im Nenner wird größer)
→ Objekte mit geringem Gewicht werden nur langsam verarbeitet und erzeugen kaum Interferenz, da sie den Nenner nur geringfügig erhöhen.
→ Das Gewichtsverhältnis für ein Objekt moduliert die Verarbeitung aller Merkmale dieses Objekts, d. h. der kritische Faktor ist die relative Gewichtung aller Objekte im Feld und nicht welche Merkmale dieser Objekte verarbeitet werden. (*objektbasierte Konkurrenz*)
 - 4) *Gewichtszuordnung entsprechend der Passung mit einer Target-Kategorie*:
 1. Verarbeitungsphase: Berechnung der Aufmerksamkeitsgewichte w_i durch Vergleich jedes einzelnen Objekts mit einer Menge pertinenter (aufgabenspezifischer) Target-Kategorien. Je ähnlicher ein Objekt i der Target-Kategorie ist, desto mehr wird sein Gewicht w_i erhöht.
→ Flexibilität der Selektionsregeln; Pertinenzwerte werden aufgabenspezifisch festgelegt
 - Unterscheidung von 2 Phasen der Selektion:
 - 1) Selektion von Elementen (*filtering*): durch Pertinenzwerte und attentionale Gewichte
 - 2) Selektion von Kategorien (*pigeonholing*): durch perzeptiven Entscheidungsbias; Biasparameter bestimmt, wie die Elemente kategorisiert werden.
- TVA gestattet genaue quantitative Anpassung an Datensätze aus unterschiedlichen Arten von Experimenten; z.B. Teilberichts-, visuellen Such- und anderen Aufgaben.
- Kritik: begrenzter Anwendungsbereich?

- *Hypothese der integrierten Konkurrenz* (Duncan 1996)

- keine detaillierte Korrespondenz zwischen den in behavioralen Studien dargestellten Prinzipien und den neuronalen Mechanismen
- Versuch der theoretischen, neurokognitiven Integration durch ein Rahmenschema objektbasierter attentionaler Konkurrenz im Sinne der TVA:
 - die Verarbeitung in den meisten Gehirnsystemen erfolgt in kompetitiver Weise. Erhöhte neuronale Aktivität auf ein Objekt geht mit einer verminderten Aktivität auf andere Objekte einher.
→ neuronales Äquivalent zur attentionalen Konkurrenz auf behavioraler Ebene.
 - kompetitiver Vorteil für verhaltensrelevante Objekte durch Präaktivierung/ Bahnung relevanter neuronaler Populationen → Biasing attentionaler Konkurrenz auf behavioraler Ebene.
 - Konkurrenz verläuft in integrierter Weise zwischen dem einen und dem anderen Gehirnsystem. Tendenz zu einem Zustand, in dem dasselbe Objekt überall dominant ist.
- Zusammenhang zwischen behavioraler und neuronaler Ebene nicht in einem lokalisierten Gehirnsystem: Sondern Aufmerksamkeit als ein Zustand des Netzwerks als ganzes

Aufmerksamkeit und Performanz

- Aufmerksamkeit ist zentral für die Vermittlung zielgerichteter Handlungen (Selection for action)

Aufgabenkombination und geteilte Aufmerksamkeit

- Wie gut kann man die Aufmerksamkeit zwischen zwei oder mehr parallel auszuführenden Tätigkeiten teilen?
- Interferenz und Leistungseinbrüche bei der Ausführung multipler Aufgaben → Rückschlüsse auf die Limitationen des menschlichen Informationsverarbeitungssystems
- Zwei alternative Erklärungsansätze:
 - zentrale Kapazität: ein zentraler *Allzweck-Prozessor* (GPLCP) mit limitierter Kapazität
 - Modulare Theorien: multiple spezifische modulare Verarbeitungssysteme
- Theorien der geteilten Aufmerksamkeit beruhen auf unterschiedlichen Auffassungen mentaler Verarbeitung: a) Broadbent (serieller von Neumann-Rechner, bottleneck in der Informationsverarbeitung) vs b) Deutsch und Deutsch (parallel-multipler Vergleichsprozess zur Bestimmung der aktivsten Signale, bottleneck im VSTM) → parallel distributed processing
- Determinanten der Mehrfachaufgabenperformanz: Aufgabenähnlichkeit und –schwierigkeit, Übung
- **Aufgabenähnlichkeit** (im Sinne der Informationseingangs- und Reaktionsausgabemechanismen):
 - Allport, Antonis, Reynolds 1972: Beschatten einer auditiven Nachricht und gleichzeitig entweder a) auditive Wörter oder b) visuelle Bilder erinnern. → a) sehr schlecht, b) 90%
 - Profipianisten: unbekanntes Stück vom Blatt spielen und gleichzeitig Prosastücke beschatten. → Nach kurzer Übung klappte beides zusammen genauso schnell wie einzeln.
 - McLeod 1977: manuelle Tracking-Aufgabe zusammen mit Tonidentifikationsaufgabe, die a) eine vokale und b) eine manuelle Reaktion erfordert. → Tonidentifikationsaufgabe kaum fehleranfällig; Tracking-Leistung in b) deutlich geringer als bei a)
- *Theorie multipler Ressourcen* (Wickens 1984): Die gleichzeitige Ausführung zweier Aufgaben führt in dem Maße zu Interferenz, in dem sie die gleiche Stimulusmodalität involvieren; die gleichen Verarbeitungsstadien beanspruchen; und auf die gleichen Gedächtniskodes (räumlich vs verbal) zugreifen.
- Befunde zur Reaktionsähnlichkeit: Posner und Boies 1971 bzw. McLeod 1977
 - Buchstabenvergleichsaufgabe (S1-S2) → rechtshändige Gleich-Ungleich-Reaktion (R1)
Tonentdeckungsaufgabe → einfache linkshändige Reaktion (R2)
 - Ergebnis: verlangsamte R2 bei Tondarbietung zwischen S1 und S2, am langsamsten ist R2 bei Tondarbietung gleichzeitig mit S2 → Anzeichen für generelles Aufmerksamkeitslimit?
 - Nein: bei vokaler Reaktion auf Tonentdeckungsaufgabe keine Interferenz zwischen Vergleichs- und Entdeckungsaufgabe → Begrenzung liegt in der gleichzeitigen Ausführung ähnlicher Reaktionen auf unterschiedliche Aufgaben.
- *Kompatibilität der Reiz-Reaktions-Zuordnung*: McLeod und Posner 1984
 - Kombination einer visuellen Buchstabenvergleichsaufgabe (A_{visuell}) mit einer auditiven Tonentdeckungsaufgabe (A_{auditiv})
 - 4 unterschiedliche Versuchgruppen
 - 1) Shadowing group: A_{visuell} → manuelle Reaktion für gleich/ungleich (Hebel links/rechts)
 A_{auditiv} → vokale Beschattungsreaktion (up → "up", down → "down")
 - 2) Semantic auditory: A_{visuell} → wie oben
 A_{auditiv} → vokale Reaktion mit semantisch assoziiertem Wort (up → "high", down → "low")
 - 3) Mixed word-tone: A_{visuell} → wie oben
 A_{auditiv} → vokale Reaktion (high → "up"; 400 Hz Ton → "low")
 - 4) Modality cross-over: A_{visuell} → vokale gleich/ungleich – Reaktion
 A_{auditiv} → manuelle Reaktion (up → Hebel rauf, down → Hebel runter)

- Ergebnisse:
 - Doppelaufgabeninterferenz am geringsten für Gruppe 1 und am größten für Gruppe 4.
 - Effekt kurz nach Darbietung des ersten Buchstabens besonders groß
 - Gruppe 3 zeigt mehr Interferenz bei der Reaktion auf den Ton als bei der auf das Wort
- Erklärung:
 - Bei Gruppe 1 ist die Beschattungsaufgabe ideomotorisch kompatibel, d.h. die Reaktion ist dem Stimulus ähnlich und wird durch eine privilegierte Schleife vermittelt, die beim Hören des Wortes automatisch das für das Aussprechen erforderliche artikulatorische Programm startet.
 - Die VPn aus Gruppe 4 stellen sich auf die vokale gleich-ungleich-Reaktion auf den Buchstabenvergleich ein. Wird der auditive Stimulus währenddessen dargeboten, so wird die artikulatorische Reaktion auf das Wort automatisch aktiviert (automatische Verknüpfung zwischen auditivem Input und vokaler Reaktion); so kommt es zu erhöhter Interferenz.
- Es gibt privilegierte Mechanismen zur Stimulus-Reaktions-Übersetzung

- Experiment mit Schreibmaschinenschreiberinnen: Schaffer 1975
 - Copy-typing und Beschatten geht ohne Interferenz: visuelle Informationsaufnahme mit manueller Reaktion sowie auditive Informationsaufnahme mit vokaler Reaktion
 - Audio-typing und Vorlesen geht nicht zusammen: auditiver Infoaufnahme mit manueller Reaktion sowie visuelle Infoaufnahme mit vokaler Reaktion. Zwar unterschiedliche Eingangsmechanismen, aber die auditive Wortinfo (aus dem Diktiergerät) aktiviert automatisch die motorischen Programme zur Aussprache dieser Wörter und stört somit das laute Lesen.

- Aufgabenähnlichkeit, im Sinne der an der Aufgabenausführung beteiligten Teilprozesse, beeinträchtigt die Doppelaufgabenperformanz.

- **Übung** macht den Meister
- Experiment von Spelke, Hirst und Neisser 1976: Zweifel von Broadbent 1982
 - 2 Studenten erhalten 5 Trainingsstunden/Woche über 4 Monate
 - Gleichzeitig Kurzgeschichten lesen und Diktat niederschreiben
 - Vor dem Training: Lesegeschwindigkeit, Verständnisleistung und Handschrift litten dölle
 - Nach dem Training: Kurzgeschichten konnten fast so schnell gelesen und verstanden werden wie beim alleinigen Lesen. Die Handschrift verbesserte sich und Kategorien der geschriebenen Worte konnten berichtet werden.
 - Vermutung: es gibt vielleicht keine Beschränkungen der kognitiven Leistungsfähigkeit
 - Mögliche Erklärungen:
 - Ausführung einer Aufgabe könnte automatisiert worden sein, so dass sie kaum noch kognitive Anforderungen stellt (aber VPn haben semantisches Wissen über Diktat)
 - Strategie des raschen Alternierens der Aufmerksamkeit zwischen den Aufgaben (aber kein Einbruch der Doppelaufgabenperformanz bei wenig redundantem Material)
 - Bei genauer Betrachtung gibt's doch Anzeichen von Interferenz: z.B. Rechtschreibfehler bei Doppelaufgaben. → Übung minimiert die Doppelaufgabeninterferenz aber eliminiert sie nicht.

- Übung fördert die Doppelaufgabenperformanz, weil
 - 1) die VPn neue Strategien zur Ausführung jeder Aufgabe entwickelt, um die Aufgabeninterferenz zu minimieren.
 - 2) die Aufgabenanforderungen an Aufmerksamkeits- oder andere zentrale Ressourcen im Verlauf der Übung reduziert werden.
 - 3) Übung eine ökonomischere Funktionsweise ermöglicht, die mit weniger Ressourcen auskommt.

- **Aufgabenschwierigkeit:**

- *Theorie von attention and effort* (Kahnemans 1973) Aufmerksamkeit als eine limitierte, flexibel einsetzbare, energetisierende Allzweckressource. Sie kann auf eine Tätigkeit konzentriert oder auf mehrere verteilt werden. Schwierige Aufgabe → erhöhter Einsatz erforderlich
Die Gesamtkapazität ist vom generellen Erregungsniveau (Arousal) abhängig.
- *Yerkes-Dodson-Gesetz* (1908): Eine Zunahme im Arousal verbessert die Leistung bis zu einem bestimmten Punkt, eine weitere Erhöhung des Arousals verschlechtert die Leistung (U-Kurve)
- Kritik von Allport 1980: Zirkularitätsproblem → kein unabhängiges Maß für Aufg.schwierigkeit (Schwierigkeit aus Interferenz mit Zweitaufgabe und Interferenz als Indikator der Schwierigkeit)

- Werkzeuge zur Aufgabenanalyse: PRF und POC

- *Ressourcentheorie der Aufmerksamkeit* (Norman und Bobrow 1975)

- *performance-resource-function* (PRF): Abb. der Leistung als Funktion eingesetzter Ressourcen
- Eine Aufgabe ist *datenlimitiert*, wenn es einen Punkt gibt, ab dem ein weiterer Einsatz von (noch verfügbaren) Ressourcen zu keiner Leistungssteigerung führt. Bis zu diesem Punkt ist die Aufgabe *ressourcenlimitiert* (Leistung ändert sich durch Erhöhung/Verminderung eingesetzter Ressourcen).
- Additivitätsannahme: Mehrfachtätigkeit bringt zusätzliche Anforderungen der Koordination und der Vermeidung von Interferenz mit sich, d.h. die Ressourcenanforderungen von zwei Aufgaben, wenn sie gleichzeitig auszuführen sind, entsprechen nicht genau der Summe ihrer Anforderungen, wenn sie einzeln ausgeführt werden ("cost of concurrence")
 - Experiment von Duncan (1979) schnelle rechts- oder linkshändige Reaktion auf Stimuli; S-R entweder kompatibel oder inkompatibel. Geringste Leistung wenn S-R-Zuordnung für einen Stimulus kompatibel, für den anderen inkompatibel. Besser noch bei zwei inkompatiblen.
- *performance-operating-characteristic* (POC-Kurve; Wickens 1992) Abbildung der Leistung in einer Aufgabe als Funktion der Leistung in einer anderen Aufgabe.
Aufgabe A und B ressourcenlimitiert → L(A) wird schlechter wenn L(B) besser wird und umgekehrt
L(A) verändert sich nicht in Abhängigkeit von L(B) → Aufgabe A ist datenlimitiert
L(A), L(B) genauso hoch wie bei Einzelausführung → separate Ressourcen bzw. Ressourcenpools
- Kritik: Zirkularitätsproblem; es gibt keine unabhängige Weise, die Ressourcenanforderungen einer Aufgabe zu messen bzw. zu bestimmen, ob die beanspruchten Ressourcen aus den gleich oder aus unterschiedlichen Ressourcenpools stammen.

- **Ein-Kanal-Theorien**; Engpass-Theorien

- Filtertheorie von Broadbent: Aufgabenkombination durch rasches Hin- und Herschalten des Filters
 - Wie ist dann Klavierspielen vom Blatt und gleichzeitige Textbeschattung möglich? (Allport 1972)
VPn nutzen Redundanzen im Stück bzw. Text, um auf die jeweils andere Aufgabe umzuschalten
- Psychologische Refraktärperiode von Welford (später Pashler 1990, 1993):
 - PRP-Effekt nur mangels Übung, schnell auf zwei unmittelbar aufeinander folgende Stimuli zu reagieren? → auch nach 10.000 Übungsdurchgängen ist der PRP-Effekt noch beobachtbar
 - Hängt der PRP-Effekt kritisch von der Ähnlichkeit der Stimuli oder der Reaktionen ab?
 - Experiment von Pashler 1990: PRP-Effekt tritt trotz fehlender Ähnlichkeit auf; bei bekannte Reihenfolge war der Effekt größer als bei unbekannter; hier war die Reaktion auf den ersten Stimulus verlangsamt. Die VPn konnten sich nicht auf beide Stimuli vorbereiten.
 - PRP-Effekt reflektiert echten strukturellen Engpass
- Ist der bottleneck objektbasiert? Experiment von Fagot und Pashler (1992)
 - 1. Bedingung: zwei unterschiedliche Reaktionen auf zwei Attribute eines Objekts
 - 2. Bedingung: zwei unterschiedliche Reaktionen auf dasselbe Attribut eines Objekts
 - bottleneck in Reaktionsselektion nur in der ersten Bedingung. In der 2. Bedingung ist wohl nur ein Reaktionsselektionsvorgang erforderlich.

- **Theorien zentraler Kapazität** (GPLCP; Moray 1967; Kahnemann 1973)
 - Strikt limitierte Gesamtkapazität, die flexibel verteilt werden kann. Bei Doppelaufgaben kommt es zu Interferenz, wenn die Ressourcenanforderungen der beiden Aufgaben die Gesamtkapazität überschreiten. → Kritische Determinante: Aufgabenschwierigkeit (Ressourcenanforderung)
 - Kritik: Aufgabenanforderung nicht unabhängig messbar (Zirkularitätsproblem); Erklärung von Effekten der Aufgabenähnlichkeit (reduzierte perzeptuelle Sensitivität wenn sich beide Aufgaben auf dieselbe Modalität bezogen; spricht eher für multiple verteilte Subsysteme)
- **Modulare Theorien** (Norman und Bobrow 1975; Wickens 1984; Allport 1989)
 - multiple spezialisierte Verarbeitungssysteme /Ressourcen.
 - Kritische Determinante der Doppelaufgabenperformanz: Aufgabenähnlichkeit
 - Interferenz → beide Aufgaben konkurrieren um dieselben Ressourcen/Subsysteme
 - Kritik: 1) *Zirkularitätsproblem*; keine unabhängige Weise, zu bestimmen, ob die beanspruchten Ressourcen/ Subsysteme gleich oder unterschiedlich sind. 2) *Problem der Falsifizierbarkeit*: Natur und Anzahl der spezialisierten Subsysteme ist nicht unabhängig bestimmbar. 3) *Koordinationsproblem*: wie werden diese vielen Subsysteme koordiniert?
- **Synthesetheorien** (Norman und Shallice 1986; Baddeley 1986)
 - hierarchisches System mit zentralem Prozessor (central executive). Zentrales Aufmerksamkeitssystem koordiniert und kontrolliert die fortlaufenden Handlungen.
 - Spezifische Verarbeitungsmechanismen auf untergeordneter Stufe funktionieren weitgehend unabhängig voneinander.

Automatische Verarbeitung

- Einige Verarbeitungsvorgänge hören im Verlauf der Übung auf, Anforderungen an die zentrale Kapazität (Aufmerksamkeit) zu stellen, d.h. sie werden automatisiert.
- Kennzeichen automatischer Prozesse
 - 1) sie laufen rasch ab
 - 2) *Load-Kriterium*: sie reduzieren nicht die zur Erledigung anderer Aufgaben verfügbare Kapazität
 - 3) *Unvermeidbarkeits-/ Intentionalitätskriterium*: sie sind unvermeidbar, d.h. sie werden immer ausgelöst, wenn ein geeigneter Stimulus (auch außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus) erscheint.
 - 4) sie sind dem Bewusstsein nicht zugänglich

- *Stroop-Effekt* (Stroop 1935)

- VPn soll möglichst schnell die Farbe eines Farbwortes nennen
- inkongruente Bedingung: "blau" in roter Schrift → richtige Antwort: rot wird als mühsam erlebt und erst verzögert gegeben während das Lesen des Wortes unproblematisch ist.
- Die Fähigkeit zur selektiven Reaktion auf die Farbe wird gestört durch die Wortinformation → Wort aktiviert seine Aussprechreaktion automatisch; Zeitverzögerung ergibt sich, während die intendierte Farbnennreaktion Kontrolle über die offene Reaktion gewinnt.
- → automatische parallele Verarbeitung beider Aspekte bis kurz vor die offene Reaktion
- Variante: Zahlen-Stroop-Effekt 777 → richtige Antwort: 3
- Interferenz lässt sich reduzieren, wenn man die inkongruente Farbe und das Wort getrennt voneinander darbietet → Effekt ist nicht rein reizgesteuert

- *Automatische Bahnung und kontrollierte Hemmung* (Posner und Snyder 1975)

- Unterscheidung zwischen automatischen Aktivationsprozessen (als Ergebnis vergangenen Lernens: ohne Intention, ohne Bewusstsein, ohne Interferenz mit anderen mentalen Vorgängen) und Prozessen unter bewusster Kontrolle (Grundannahme eines GPLCP)

- Bahnungsexperiment: Buchstabenvergleich (AA) vorher neutraler Prime (Kreuz) oder Buchstabenprime mit hoher/niedriger Validität.
- Aus der automatischen Aktivierung der Prime-Repräsentation resultiert keine Hemmung der Reaktion falls der Buchstaben nicht identisch mit dem zu vergleichenden Paar ist. Es kommt nur dann zur Hemmung anderer Signale, falls zusätzlich zu dem automatischen Bahnungseffekt durch den prime, die VPn bewusst ihre Aufmerksamkeit in die Verarbeitung des primes investiert.
- Ergebnis: unzuverlässiger prime → Gewinne für valide primes, keine Kosten für invalide primes
hoch valider prime → Gewinne und Kosten, wobei Gewinne schneller generiert wurden.
→ Die Zuordnung bewusster Aufmerksamkeit nimmt mehr Zeit in Anspruch als automatische Aktivierungsvorgänge

- *Automatische und kontrollierte Verarbeitung* (Schneider und Shiffrin 1977)
 - Unterscheidung zwischen automatischen und kontrollierten Prozessen.
 - automatische Prozesse: nicht kapazitätslimitiert, keine Aufmerksamkeit, schwer modifizierbar
 - kontrollierte Prozesse: limitierte Kapazität, erfordern Aufmerksamkeit, flexibel anpassbar
 - Experiment: visuelle Suchaufgabe mit variablem memory-set und variabler display-set-size (1-4) gefordert ist eine einfach An-/ Abwesend-Reaktion, Art der Zuordnung wurde variiert:
 - a) konsistente Zuordnung: memory-set enthält nur Buchstaben, Distraktormenge nur Ziffern
 - b) variable Zuordnung: memory-set und Distraktormenge gemischt aus Buchstaben und Ziffern
 - Ergebnis: a) Reaktionszeiten relativ unabhängig von Größe der Gedächtnis- und Distraktormenge.
b) Reaktionszeiten nehmen mit zunehmender Gedächtnis- und Distraktormenge zu.
 - Erklärung: Bei b) erfordert die Suche einen kontrollierten Prozess serieller Vergleiche während die Suche bei a) ein automatischer Entdeckungsprozess (Ergebnis langer Erfahrung mit Buchstaben und Ziffern) involviert, der parallel über das komplette Suchfeld abläuft (Target popout)
 - Kritik: "automatische" Prozesse sind nicht strikt automatisch; Ansatz ist eher deskriptiv als erklärend: Was ändert sich im Verlauf der Übung? Nur schnellerer Ablauf oder strukturelle Veränderung?

- *Modifizierbarkeit und Unterdrückbarkeit automatischer Prozesse* (Shiffrin und Schneider 1977)
 - Experiment: Übungsphase mit 2100 Durchgängen (Erlernen automatisierter Prozesse), danach Umkehrung der Zuordnungsregeln und weitere 2400 Durchgänge
 - Ergebnis: VPn benötigten fast 1000 Durchgänge um das Anfangsleistungsniveau zu erreichen
 - kein Leistungseinbruch wenn Übungsphase mit variablen Zuordnungen durchlaufen wurde
→ Automatischen Prozessen mangelt es an Flexibilität; kontrollierte Prozesse leichter modifizierbar
 - Automatische Entdeckungsprozesse auch auf Stimuli außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus?
 - Experiment: 2x2 Suchdisplay; Übungsphase: Entdecken eines Targets an beliebigem Ort
Danach Instruktionsänderung: nur noch Zielreize in bestimmten Teilbereich entdecken, die anderen sollen ignoriert werden.
 - Ergebnis: VPn waren geringfügig aber signifikant beeinträchtigt, Teilbereiche zu ignorieren.
Insbesondere reduzierte Trefferrate, wenn ein zu ignorierender Zielreiz gleichzeitig mit einem zu entdeckenden Zielreiz dargeboten wurde. Massive Beeinträchtigung, wenn VPn anfangs bestimmte Zielreize zu entdecken lernten und diese dann in der Versuchsbedingung an zu ignorierenden Orten dargeboten wurden.
→ Die Entwicklung automatischer Prozesse stört die spätere Leistung aufgrund von automatischen (Entdeckungs-) Reaktionen auf zu ignorierende Stimuli außerhalb des Fokus der Aufmerksamkeit. Wenn zu ignorierende Stimuli keine automatische Reaktion hervorrufen, können kontrollierte Prozesse die Verarbeitung solcher Stimuli effektiv verhindern.
→ Eine einmal erworbene automatische Entdeckungsreaktion spricht auch auf Stimuli außerhalb des Fokus der Aufmerksamkeit an. Sie ist nicht unterdrückbar und kann nur durch ausgedehnte Übung wieder "verlernt" werden.

- *Automatizität und Supervisory Attention* (Norman und Shallice 1986)
- Unterscheidung zwischen 3 Stufen kognitiver Verarbeitung (zunehmendes Bewusstseinsniveau)
 - 1) *vollautomatische* Verarbeitung: kontrolliert von Handlungsschemata, die durch ihre entsprechenden Triggerstimuli im Umfeld ausgelöst werden
 - 2) *teilautomatische* Verarbeitung: Konfliktregulationsprozess (unbewusst), der einem dieser Schemata auf Basis von Umweltinfos den Vorrang verschafft (contention scheduling)
 - 3) *willentlich-intentionale* Kontrolle: Supervisory-Attention-System (SAS) für flexibles Reagieren in neuen Situationen und bei Handlungsfehlern (trouble-shooting)

- *Automatizität als Gedächtnis Retrieval* (Logan 1988)
- Übungseffekte werden dadurch erklärt, dass bei Verarbeitung eines Stimulus separater Gedächtnisspuren angelegt werden. Mehrmalige Begegnung mit demselben Stimulus führt also dazu, dass vermehrt Information über diesen Stimulus gespeichert wird. Die übungsbedingte Zunahme im Wissensbestand ermöglicht einen raschen Zugriff auf relevante Infos wenn der Stimulus erneut dargeboten wird. ("single-step direkt-access retrieval of past solutions")
- Ohne Übung erfordert die Reaktion auf einen Stimulus bewusste Kontrolle und die Regelanwendung.
- Die Leistung eines Ungeübten ist also auf einen Mangel an Wissen zu erklären und nicht durch einen Mangel an Ressourcen. Nur der Wissensbestand ändert sich durch Übung.

- *Automatizität und Handlungsspezifikation* (Neumann 1984)
- Primäre Kriterien für automatische Prozesse (AP)
 1. Art der Funktion: AP erfordern keine Kapazität und erleiden/verursachen keine Interferenz
→ schwer nachweisbar; wenn Reaktionen ähnlich sind führen auch geübte Aufgaben zu Interferenz
 2. Art der Kontrolle: AP stehen unter Kontrolle der Stimulation, nicht unter Kontrolle von Intentionen
→ Distraktoren generieren Interferenz nicht durch ihre bloße Anwesenheit sondern durch ihre Verbundenheit mit der intendierten Handlung. Z.B. Stroop-Effekt nicht rein reizgesteuert (getrennte Darbietung von Wort und Farbe führt zu reduzierter Interferenz). Sowohl Wort als auch Farbe sind mit dem aktuellen Aufgabenset verbunden. Interferenz kommt also durch die strategische kontrollierte Einstellung des kognitiven Systems auf Farbe zu reagieren.
 3. Art der Repräsentation: AP führen nicht notwendigerweise zu bewusstem Gewahrsein
→ Es gibt mit der Ausführung der Aufgabe zusammenhängende intentionale Prozesse, die dem Bewusstsein nicht zugänglich sind. Z.B. *Tip-of-the-tongue-Phänomen*: Latent ablaufende Tätigkeit, abhängig von Intentionen aber ohne oder mit wenig Bewusstsein.
- Sekundäre Kriterien:
 1. AP sind fest verdrahtet und durch Übung gelernt
 2. AP sind einfach, schnell und inflexibel (nur durch ausgedehnte Übung modifizierbar)
- Alternativer Vorschlag: Der Unterschied zwischen automatischer und kontrollierter Verarbeitung liegt im Niveau der erforderlichen Kontrolle.
 - Ausführung einer Handlung nur möglich, wenn alle Parameter spezifiziert sind.
 - einige Parameterspezifikationen sind als Fertigkeiten (skills) im LZG gespeichert, andere stammen vom Stimulus selbst. Die übrigen müssen von einem Aufmerksamkeitsmechanismus bereitgestellt werden.
 - Der Aufmerksamkeitsmechanismus stellt also die Spezifikationen bereit, die nicht aus der Verbindung zwischen Eingangsinfo und Fertigkeiten erhältlich sind.
 - Ein Prozess ist also dann automatisch, wenn alle seine Parameter durch Fertigkeiten in Verbindung mit Eingangsinformationen spezifiziert sind. Ist dies nicht der Fall, wird Aufmerksamkeit benötigt → Bewusstsein; Interferenz
- Beleg durch Experimente mit metakontrastmaskierten Bahnungsstimuli, die die Parameter für eine intendierte Handlung auf einen überschwelligeren imperativen Stimulus direkt spezifizieren.

- Automatische Prozesse sind bestenfalls teilautomatisch und stehen enger mit bewusst-intentionalen Prozessen in Zusammenhang als bisher gedacht.

Kapitel 1d: Bewusstsein

Einleitung

- Beispiel „Democrats – Rats“, Cola und Popcorn
- unbewusste Webbotschaften haben nur kurzfristigen Einfluss auf unsere Einstellungen
- Bewusstsein: Individuelles Erleben der Außen- und Innenwelt, eigene Identität
- Bewusstsein als Kriterium für das Menschsein
- Vielschichtigkeit des Bewusstseinsbegriff (seit 1719, Wolff *conscientia*)
 - Grade der Wachheit
 - Erlebnisqualität der Sinnesempfindungen interner und externer Reize
 - Gewährsein der eigenen Person (Selbstbewusstsein)
 - Kontrollierbarkeit von Gedanken und Handlungen
 - eine moralische oder politische Einstellung
- philosophische Sicht: von Körper/Gehirn unabhängiger Geist, durch Introspektion zugänglich
- früher: Untersuchung nichtbeobachtbarer mentaler Vorgänge galt als unwissenschaftlich
- heute: fester Bestandteil der emp. Kognitionsforschung aber kein kohärentes Bild
- Theorien für menschl. Verhalten basieren i.d.R. auf dem Informationsverarbeitungsansatz (Dritte-Person-Perspektive), aber Bewusstseinsphänomene nur aus der Ersten-Person-Perspektive erfahrbar
→ Bewusstsein hat im Rahmen des Informationsverarbeitungsansatzes keinen Erklärungswert

Bewusstsein – ein heterogener Begriff

- früher: Bewusstsein = moralisches Wissen, inneres Wissen
- modern: Bewusstsein = Kenntnis der mentalen Zustände, zentrales Merkmal des Mensch (Descartes)
- Verständnis stark von kultureller Entwicklung abhängig, in manchen Sprachen gibt's kein Wort dafür
- „synthetisierender Charakter“: B integriert verschiedene Sinnesempfindungen, Gedanken etc.
- objektive und subjektive Kriterien für B, aber willkürlich und nicht integrierbar
- B als Wachheitszustand eines Systems gut erforscht, gilt auch für Tiere
- B als Eigenschaft mentaler Repräsentationen (4 Arten von B nach Block 1995, 1996)
 - *phänomenales Bewusstsein*: individuelles Erleben von Sinneswahrnehmungen und Gedanken, z.B. „die Röte des Rots“, gebunden an 1.Person-Perspektive → Kernproblem der Forschung
 - *Zugriffsbewusstsein*: Repräsentation ist Gegenstand übergeordneter, koordinierter und kontrollierter Verarbeitungsprozesse; Grundlagen für Entscheidungen und Handlungen, beschreibbar aus 3.Person-Perspektive → unproblematisch für BForschung
 - *Monitoring-Bewusstsein*: Wissen über die eigenen Wahrnehmungen und Gedanken
 - *Selbst-Bewusstsein*: Wissen von und Einstellung gegenüber der eigenen Person
- Insbesondere die Differenzierung zwischen Zugriff phänomenalem Bewusstsein ist von Bedeutung

Theoretische Ansätze zur Erklärung von Bewusstsein

- Unterscheidung von BTheorien anhand von 2 Dimensionen
 - Prozessdimension: B als Ergebnis mentaler Prozesse (Prozesstheorien) oder B als intrinsische Eigenschaft mentaler Repräsentationen (Repräsentationstheorien)
 - Spezifitätsdimension: B als Funktion eines spezifischen kognitiven Moduls oder B mit einem beliebigen Informationsverarbeitungsmodul assoziiert

Psychologische Ansätze

- Kurzzeitgedächtnismodell von Atkinson Shiffrin 1968 → spezialisierte Repräsentationstheorie
 - Inhalt des Kurzzeitspeichers entspricht dem Inhalt des phänomenalen Bewusstseins
 - Kontrollprozesse (z.B. aktives Wiederholen) entsprechen Zugriffsbewusstsein
- Arbeitsgedächtnismodell von Baddely 1986 → spezialisierte Prozesstheorie

- Inhalt des verbalen bzw. visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses = phänomenales B
- Zugriffsbewusstsein ist Funktion der zentralen Exekutive
- Aber: im KZD können ca. 7 Elemente gespeichert sein, davon sind aber nur 1-3 phänomenal bewusst
- Selektive Aufmerksamkeit ist eine notwendige Voraussetzung dafür, dass eine Repräsentation phänomenal bewusst wird aber nicht alle Reize, auf welche die Aufmerksamkeit gerichtet ist werden auch bewusst wahrgenommen (Maskierung)
- Kontrolliertheit kognitiver Prozesse (Posner und Schneider 1975)
 - kontrollierte Prozesse: langsam, kapazitätsbeschränkt, intentional, bewusst, Inhibition konkurrierender Repräsentationen
 - nicht-kontrollierte automatische Prozesse: schnell, nicht intentional steuerbar, interferieren nicht mit anderen Prozessen
 - Zugriffsbewusstsein liegt dann vor, wenn ein kognitiver Prozess kontrolliert abläuft
- DICE-Modell nach Schacter 1989 (Dissociable Interactions and Conscious Experience)
 - Einbettung von phänomenalem B und Zugriffsbewusstsein in eine funktionale kognitive Architektur
 - Dissoziation zwischen bewusstem Erleben mentaler Repr. und ihrer Verhaltenswirksamkeit
 - *Conscious Awareness System (CAS)* – wahrnehmen, erinnern, wissen
 - Vorliegen von phänomenalem B ist notwendige Voraussetzung für Zugriffsbewusstsein
 - Kritik: Aufmerksamkeitsprozesse nur unzureichend berücksichtigt
 - Kritik: Welche Prozesse innerhalb des CAS führen zu bewusstem Erleben?
 - Kritik: Warum und wie gehen mentale Repräsentationen mit bewusstem Erleben einher?

Evolutionäre Ansätze

- menschliches B = Ergebnis einer Wechselwirkung zwischen der Entwicklung eines immer komplexer werdenden Gehirns und der kulturellen Entwicklung
- Zusammenhang zwischen phylogenetischer Entwicklung von Bewusstsein und Sprache
- nach Donald 1995: phänomenales B ist Ergebnis eines evolutionären Anpassungsprozesses, der die Integration multimodaler expliziter Repräsentationen erforderte
 - betont die mögliche kulturelle Bedingtheit des Bewusstseins
 - Drei Punkte die erklärt werden müssen
 - 1) *Kodierung/Übersetzungshierarchie*: Infoaustausch zwischen multimodalen Repr.modulen
 - 2) *Explizites Gedächtnis*: Gedächtnisabruf durch (nicht-)sprachliche Abrufreize (autocueing)
 - 3) *Entwicklung neuer Repräsentationsformate*: modalitätsunabhängige symbolische Formate
 - Entstehung des Bewusstseins eng an Gehirnentwicklung gekoppelt
- Enzephalisationsquotient hat stark zugenommen, insbesondere der Anteil an tertiären Cortexarealen ist gestiegen (Areale mit hoher Plastizität)
- Entwicklung des Bewusstseins eng mit Kommunikation verknüpft
- nach Prinz 1996 Konstitution des mentalen "Ichs" ist zentraler Bestandteil für die B-Entwicklung
 - entsteht durch Auseinandersetzung des Individuums mit seiner soziokulturellen Umwelt
 - 2 Voraussetzungen für die Entwicklung Ich-bezogener Repräsentationsmodi
 - 1) *Duale Repräsentation*: getr. Verarbeitung wahrgenommener und vergegenwärtigter Infos
 - 2) *Gedankenattribution*: Vergegenwärtigungen können systemintern erzeugt werden
 - Attributionsproblem (wer macht das? – das Ich)
 - Handlungen werden als selbstverursacht erlebt, wenn sie das Individuum dem Ich zuschreibt
 - Ich-Konzept → Selbstbewusstsein ist Voraussetzung für phänomenales Bewusstsein
- Ansätze von Donald und Prinz rein spekulativ, emp. Basis sind Knochenfunde etc. Aber sie weisen auf mögliche soziale und kulturelle Bedingtheit von B hin (bei kognitiven Ansätzen vernachlässigt)

Neurowissenschaftliche Ansätze

- Suche nach dem neuronalen Korrelat des Bewusstseins
- Crick und Koch 1990, 1995: visuelle Wahrnehmung wird phänomenal bewusst, wenn Neuronen im visuellen Cortex phasensynchron feuern. Die entstehenden Aktivitätsmuster bilden die neuronale

- Grundlage des Bewusstseins (aber nur wenn visuelles Areal mit dem Frontalhirn, wo das Arbeitsgedächtnis lokalisiert ist, verbunden ist) Gilt also nicht für visuellen Cortex!
- Global Workspace nach Baars 1989, 1997: Inhalt des phänomenalen und Zugriffsbewusstseins bilden den Inhalt eines global workspaces und sind so für andere Hirnprozesse verfügbar
 - Verfeinerung des GW durch Dehaene und Naccache 2001
 - der GW besteht aus Hirnarealen, die auch über eine räumliche Distanz ausgeprägte wechselseitige Verknüpfungen aufweisen (also anteriorer cingulärer und präfrontaler Cortex)
 - Hirnareale, die dies nicht tun, stellen ihre Repräsentationen nicht global zur Verfügung. Deren Inhalte sind dadurch auch nicht der Introspektion zugänglich (zB. Blutdruck)
 - Kategorien neuronaler Systeme die den GW bilden:
 - perzeptuelle S: liefern Infos über aktuellen Zustand der Umwelt
 - LangzeitgedächtnisS: Wiederherstellen von früheren Zuständen des GW
 - Motorsysteme: Vorbereitung und Ausführung kontrollierter Handlungen
 - Bewertungssysteme: emotionale Valenz aufgrund früherer Erfahrungen
 - AufmerksamkeitsS: selektives Bahnen von Inhalten, die den Fokus des Interesses darstellen
 - einzelne Systeme können situationsabhängig zum GW beitragen → dynam. Mobilisierung
 - bewusste und unbewusste Modi, im bewussten Modus sind Repräsentationen global verfügbar
 - keine Einigkeit über die dem Bewusstsein zugrunde liegenden neuronalen Mechanismen

Philosophische Ansätze

- Bewusstsein ist eine Erfindung der Philosophie
- zentrale Frage: "Lässt sich B allein auf psychologische und/oder neuronale Prozesse zurückführen?"
- *Dualismus* (Descartes) strikte Trennung von Geist und Körper/Gehirn aber der Geist bedient sich des Körpers um mit der Umwelt zu interagieren (Körper = Automat, hydraulisch → Reflexbogen)
- *eliminativer Materialismus (Physikalismus)*: Bewusstseinsphänomene = Gehirnprozesse, reduktionistische Strategie zur Bewusstseinsforschung (Mikroebene erklärt Makroebene → Physik)
- Churchland 1988/1996 *Identitätstheorie*: B mit Gehirnprozessen gleichsetzen statt es damit erklären
- Dennett 1991 *funktionalistischer Ansatz*: Gehirn = Hardware auf dem Bewusstseinsprogramm läuft
 - Es reicht aus, Bewusstsein anhand von Verhaltensleistungen zu untersuchen
 - Theorie der multiplen Entwürfe: konkurrierende Repräsentationstränge, die zum koordinierten Handeln beitragen (Zugriffsbewusstsein)
 - es gibt kein phänomenales Bewusstsein
- Erklärungslücke: das phänomenale Bewusstsein entzieht sich grundsätzlich einem empirisch wissenschaftlichen Zugang, weder psychologische noch neuronale Mechanismen geeignet

Empirische Bewusstseinsforschung

- derzeitig vorhandene Bewusstseinstheorien sind zu allgemein formuliert, als dass im Experiment testbare Hypothesen abgeleitet werden könnten.
- empirische Arbeiten
 - an gesunden Probanden, Patienten mit spezifischen Störungen, Tieren
 - erfassen von Verhaltensleistungen (z.B. Reaktionszeit, Fehlerraten) und neurophysiologische Maße für die Gehirnaktivität

Bewusste und Unbewusste Wahrnehmung

- Reize, die im Fokus der Aufmerksamkeit stehen, werden i.A. bewusst wahrgenommen.
 - mit phänomenalem Erleben verbunden, Berichtbarkeit, Erinnern
- phänomenales B über Reize kann durch Manipulation ausgeschaltet werden → Maskierungstechniken
- Maskierung: vor und/oder nach einem sehr kurz dargebotenen Zielreiz wird die Maske präsentiert
 - welchen Einfluss haben bewusst und unbewusst wahrgenommene Reize auf kognitive Prozesse bzw. Verhaltensleistungen?

- welche Rolle hat das phänomenale B bei der Informationsverarbeitung?
- vor allem visuell eingesetzt: Muster-Maske, Metakontrast-Maske, Vier-Punkt-Maske
- Maske wird vom Zielreiz räumlich überlagert; Vorwärts- oder Rückwärtsmaske
- *Modell zur visuellen Maskierung* (Enns und Di Lollo 2000)
 - für einen bewussten Perzept muss eine Konsolidierung (Verfestigung) der Repräsentation im visuellen System stattfinden → stabiler visueller Input (ca. 100ms) notwendig
 - ein Reiz aktiviert den primären visuellen Cortex, welcher wiederum höhere Areale aktiviert.
 - durch Rückprojektionen entsteht eine Verarbeitungsschleife von den Arealen zum vis. Cortex.
 - durch Reiz ausgelöstes Aktivierungsmuster muss über mehrere Verarbeitungszyklen einen stabilen Zustand erreichen, dieser stellt die Grundlage für das bewusste Perzept dar.
 - das von einem Reiz ausgelöste Aktivitätsmuster zerfällt in den höheren visuellen Arealen schneller als im primären visuellen Cortex
 - Interferenz zwischen dem durch die Maske ausgelösten aktuellen und dem von höheren Arealen rückprojizierten Aktivitätsmuster des Zielreizes.
 - bei andauernder Präsentationsdauer der Maske zerfällt das Aktivitätsmuster des Zielreizes nach und nach so dass das Aktivitätsmuster der Maske das Perzept dominieren kann.
 - *Maskierung durch Objektsubstitution*
- maskierte und nicht bewusst wahrgenommene visuelle Reize können Reaktionen auf nachfolgend dargebotene Stimuli beeinflussen → *Bahnungsparadigma*
- Grundlage für Bahnungseffekte: Beziehung zwischen Bahnungs- und dem Zielreiz
 - *Reaktionsbahnung*: Beschleunigung einer geforderten Reaktion auf einen Zielreiz auf Grund der Voraktivierung der Reaktion (direkte Spezifikation der motorischen Parameter)
 - *Semantische Bahnung*: Erleichterung der Reaktion auf einen Zielreiz auf Grund der vorherigen Darbietung eines semantisch verwandten Bahnungsreizes (lexikal. Entscheidungsaufgabe)
 - beides funktioniert auch wenn der Bahnungsreiz nicht bewusst wahrgenommen wurde!
- Erklärung von Bahnungseffekten durch
 - *automatische Aktivationsausbreitung*: semantisch verwandte Worte werden in benachbarten Konzeptknoten kodiert. Die Aktivierung eines Konzeptknotens breitet sich schrittweise aus und erhebt die Aktivierungsniveaus weiterer Knoten der Nachbarschaft. Näher liegende Konzeptknoten werden also stärker aktiviert als entferntere Knoten von unverwandten Worten. Der Zielreiz wird als Wort erkannt, sobald die Aktivierung des zugehörigen Konzeptknotens eine kritische Schwelle erreicht hat. Dies geschieht schneller, wenn das Aktivierungsniveau durch die Ausbreitung der Aktivierung eines benachbarten Kontextknotens bereits erhöht wurde. Die Aktivierungsausbreitung selbst ist jedoch an keine Schwelle gebunden → auch unbewusst wahrgenommene Bahnungsreize führen zum Effekt
 - *kontrollierte Prozesse*: vorausgesetzt wird eine bewusste Wahrnehmung des Bahnungsreizes
 - erwartungsbasierte Bahnung: SOA > 700ms, erwartete Wörter werden schneller erkannt
 - Bahnung durch Vergleich: expliziter Vergleich zwischen Bahnungswort und Zielwort
- Sichtbarkeitstest: Sicherstellen, dass der maskierte Reiz nicht bewusst wahrgenommen wurde.
 - Annahme: Zufälliges Verhalten in diesem Test zeigt fehlende Bewusstheit der Reizwahrnehmung an.
 - Funktioniert nur, wenn keine Antwortstrategien verwendet werden.
- Probleme bei der Operationalisierung der Bewusstheit/Unbewusstheit von Reizen
 - Verbale Berichte: nicht zuverlässig wegen Antworttendenzen
 - Verhaltensberichte, objektive Maße: Sichtbarkeitstest, Berechnung des Sensitivitätsindex d'
 - Problem: Antwort- und Entscheidungsstrategien der VPn
 - Problem: Unterschiedlicher Schwierigkeitsgrad der Aufgaben im Sichtbarkeitstest
 - Lösung: Konsens über einfachste Aufgabe
 - Problem: unbewusst wahrgenommene Info kann motorische Reaktion beeinflussen
 - Ausweg: in einem Experiment unterschiedliche Kriterien anwenden und dann Ergebnisvergl.

- Derzeit gibt es keine theoretisch begründbaren Kriterien für die Bewusstheit der Wahrnehmung
- maskierte/unmaskierte Reize rufen qualitativ untersch. Effekte hervor → untersch. Prozesse beteiligt
- *Selektion kontextadäquater Information* (Marcel 1980, Worttripelversuch „bank, park, sitzen“)
 - nur bei bewusster Wahrnehmung möglich
 - nur bei unmaskierter Präsentation des Kontextwortes werden Wörter, die nicht dem Kontext entsprechen inhibiert.
- *Zeitverlauf maskierter und unmaskierter Bahnungseffekte*
 - Bahnungseffekte aus Maskierung zerfallen rasch (~ 200ms)
 - Unmaskierte B-Effekte werden umso größer, je mehr Zeit für die Verarbeitung verfügbar ist
→ Erklärung: strategische Verarbeitungsmechanismen werden erst später wirksam
 - Abbildung von Hirnaktivierungen auf Grund semantischer Bahnung durch EKP
 - *N400-Potenzial*: spezifisch für semantische Informationsverarbeitung
→ Amplitude spiegelt kognitiven Aufwand für die Aktivierung einer Wortbedeutung wieder
 - N400-Bahnungseffekt: Amplitude ist bei semantisch verwandten Wortpaaren verringert
 - Experiment: SAO kurz/lang, Bahnungsreiz maskiert/unmaskiert, Messung EKP
→ bewusste und unbewusste Reize lösen semantische Aktivierungen in identischen Hirnarealen aus, diese Aktivierungen weisen aber zeitlich unterschiedliche Zerfallscharakteristiken auf.
- *Aufmerksamkeitsblinzeln*: RSVP-Paradigma
 - 2 Zielreize in Reizfolge enthalten, Unterschied zu Distraktoren besteht in einem Merkmal. Nach der Reizdarbietung müssen die VPn die entdeckten Zielreize identifizieren
 - Identifikationsrate des 2. Zielreizes in Abhängigkeit vom Abstand zum 1. Zielreiz weist einen U-förmigen Verlauf auf → Einbruch in Identifikationsrate = Aufmerksamkeitsblinzeln
 - dies gilt jedoch nur, wenn der 1. Zielreiz erkannt wird!
→ Defizit bei der aufmerksamkeitsbasierten Selektion des 2. Zielreizes, da die Verarbeitung des ersten noch andauert. Alternativ: Wettbewerb beim Abruf der 2 Reize aus dem visuellen KZG
→ Keine gute Erklärung für Ausbleiben des Blinzeln bei direkter Folge von 1. und 2. Zielreiz
 - Verfeinerung: Verwendung von 3 Zielreizen, der 2. Innerhalb des Aufmerksamkeitsblinzeln. Untersuchung der Bahnungseffekte des 2. Zielreizes auf die Wahrnehmung des 3. Zielreizes
→ auch unbewusst wahrgenommene Worte werden bis zur semantischen Ebene verarbeitet!
- Zeitliche Stabilität des visuellen Inputs und aufmerksamkeitsbasierte Selektion des Stimulus spielen eine Rolle für die bewusste Wahrnehmung:
 - *Wiederholungsblindheit* (Kanwisher 1987): wird ein Reiz in einer raschen sequenziellen Präsentation unmittelbar nacheinander wiederholt, so wird das 2. Auftreten nicht erkannt
 - *Veränderungsblindheit* (Rensik und Clark 1997): Große Veränderungen innerhalb einer Szene bleiben unbemerkt, wenn die Aufmerksamkeit nicht auf den entsprechenden Abschnitt gerichtet ist. → Fehlende Selektion eines Objekts oder eines Teils einer Szene
→ Aber: Zusammenwirken der beiden Aspekte bisher noch unklar

Störungen des visuellen Bewusstseins bei hirnverletzten Patienten

- modularer Aufbau des visuellen Systems → Läsionen in Arealen betreffen nur Teilleistungen
- Auch nach Läsionen werden Reize auf verschiedenen Stufen weiterverarbeitet und in motorische Handlungen einbezogen, obwohl ihre bewusste Identifikation nicht mehr möglich ist
- *Blindsight*: Schädigung des primären visuellen Cortex
 - Durchf. von Sakkaden in Richtung eines Reizes, der ins blinde Gesichtsfeld projiziert wurde
 - Trotz Hemianopsie können Patienten bei der Vorbereitung einer Greifhandlung ihre Handöffnung der Größe des zu greifenden Objekts anpassen
→ Dissoziation zwischen beeinträchtigter bewusster Wahrnehmung und weitgehend erhaltenen visuomotorischen Leistungen
- Milner & Goodale 1995: *ventraler* „Was“ Pfad und *dorsaler* „Wo“ Pfad
 - Verarbeitung im ventralen Pfad resultiert in visueller Objektidentifikation (Großmutterneuron)

- dorsaler Pfad: Neuronen sensibel für den Ort eines Objektes und für die Vorbereitung von visuomotorischen Handlungen mit Objekten
- Phänom. B bei der Objektwahrnehmung entsteht durch neuronale Aktivität im ventralen Pfad.
- Visuomotorische Leistungen der Blindsight-Patienten durch den dorsalen Pfad vermittelt, welcher auch auch bei Schädigung des primären visuellen Cortex funktionsfähig bleibt.
- Ein intakter primärer visueller Cortex ist eine Voraussetzung für bewusste Wahrnehmung.
- Zweifel durch Befunde: Blindsight-P, die Farbe und Bewegung bewusst wahrnehmen können
- *Agnosie*: Schädigung höherer visueller Areal im ventralen Pfad (primärer visueller Cortex intakt) Einfache Stimuli (Lichtpunkte, Linien) können identifiziert werden, komplexe jedoch nicht.
- Integration von visuellen Merkmalen zu einem einheitlichen Perzept gestört.
- *apperzeptive A* (visuelle Formagnosie): Unterscheidung von Objektformen nicht möglich
Bsp: Patientin kann Greifbewegung perfekt vorbereiten
- *assoziative A*: Objektwahrnehmung nicht möglich, weil die Bedeutung des Objekts (das Konzept) nicht mit der visuellen Wahrnehmung assoziiert werden kann.
- *Prosopagnosie*: Erkennen von Gesichtern gestört, Bsp: Patient zeigt elektro-dermale Reaktion
- *Farbagnosie*: Assoziation von Farben mit Objekten nicht möglich
- *Extinktion*: Schädigung im oberen Parietallappen (Wechsel von Aufmerksamkeit)
Patienten können einen Reiz, der in einem Gesichtsfeld präsentiert wird, nicht bewusst wahrnehmen, wenn gleichzeitig im anderen Gesichtsfeld ein ähnlicher Reiz dargeboten wird.
- *visuospatialer Neglekt*: Schädigung des rechten unteren Parietallappens
 - Stimuli, die ins linke Gesichtsfeld fallen werden nicht bewusst erkannt. Dies betrifft auch vorgestellte visuelle Szenen sowie die Seite von Objekten unabhängig von der Orientierung
 - Fokus der Aufmerksamkeit liegt immer in der linken Gesichtshälfte, Wechsel nicht möglich
 - Alternativ: Defizit bei der Repräsentation von räumlichen Relationen zwischen Objekten
- Experiment (Schweinb.): Gesunde VPn, Neglekt-Patienten, Patienten mit linksseitiger Hemianopsie
→ Bahnungseffekte bei Neglekt-Patienten belegen eine unbewusste Verarbeitung von Worten bis hin zur lexikalischen bzw. Bedeutungsebene

Das neuronale Korrelat des visuellen Bewusstseins

- Tierversuche und mittlerweile auch bildgebende Verfahren an Menschen:
 - Aktivitäten in welchen Hirnarealen korrelieren mit einem bestimmten Wahrnehmungserlebnis
 - Identifikation neuronaler Mechanismen, die mit einem bewussten Wahrnehmungserlebnis einhergehen
- mit bildgebenden Verfahren lassen sich nur relativ große Neuronenpopulationen nachweisen
- Selbstversuch zur *binokularen Rivalität* (Logothetis 2000)
 - Versuch mit Pappröhre vor rechtem Auge, Hand 10 cm vor dem linken Auge
 - Betrachter nimmt kein zusammengesetztes Bild wahr, Perzepte wechseln sich ab
 - Das Wahrnehmungserlebnis bleibt jeweils für einige Sekunden stabil, dann dominiert der Reiz des anderen Auges.
- identische visuelle Stimulation führt mit der Zeit zu unterschiedlichen Wahrnehmungserlebnissen
- Leopold und Logothetis (1996): Experimente an wachen Affen
 - In welchen Arealen des ventralen Pfades korreliert die Aktivität von Neuronen mit dem Perzept einer visuellen Stimulation?
 - Gittermuster mit verschiedenen Orientierungen
 - Vor allem die neuronale Aktivität in einem sehr späten Abschnitt des visuellen Verarbeitungsstranges – spezifisch in Objekterkennung involviert – trägt zum bewussten Wahrnehmungserlebnis bei.
- Übertragung auf den Menschen mittels fMRI-Studien:
 - Nur die Hirnaktivität im unteren Temporallappen, nicht aber die im primären visuellen Cortex korrelierte mit dem Wahrnehmungserlebnis.

- Der Übergang zwischen zwei phänomenal bewussten Zuständen wird begleitet von einer Veränderung der Hirnaktivität in mehreren Hirnarealen, korreliert jedoch nicht mit der Aktivität eines Hirnareals.
- Tierexperimentelle Studien zum Thema phasensynchroner Aktivität
 - Feuerraten auch räumlich entfernt liegender Neurone sind phasengekoppelt, wenn sie Merkmale desselben Objektes kodieren. Keine Veränderung in der absoluten Feuerrate.
 - Inwieweit korrelieren phasensynchrone Aktivität von Neuronen mit bewusster Wahrnehmung?
→ Studie zu binokularen Rivalität bei Katzen
 - Engel et al. (1999): synchrone neuronale Aktivität = Grundlage für bewusste Wahrnehmung. Sie korreliert bereits im primären visuellen Cortex mit dem Wahrnehmungserleben.
- Widerspruch Logothetis und Engel; Kritik: Experimente nicht vergleichbar
- Zusammenfassung: neuronales Korrelat
 - Stärke der neuronalen Aktivität in einem bestimmten Netzwerk von Arealen (Logothetis)
 - oder: Phasenkopplung von Neuronenverbänden (Engel)

Bewusstsein und höhere kognitive Funktionen

- *selektive Aufmerksamkeit* ist Voraussetzung für phänomenales Bewusstsein
- *Zugriffsbewusstsein* und *exekutive Kontrolle* sind identische Konzepte
- Reize sind phänomenal bewusst, wenn ihre Repräsentationen eine Spur im *episodischen Gedächtnis* hinterlassen (beinhaltet Wissen, eingebettet in räumlich-zeitlichen Kontext)
- Bewusstheit von Gedächtnisinhalten stellt wichtiges Kriterium zur Abgrenzung zwischen episodischem Gedächtnis (als Teil expliziter Gedächtnisstrukturen) und impliziten Gedächtnisstrukturen dar.
- *Handlungsauswahl und Entscheidung*:
 - Vorbereitung & Einleitung willentlich initiiert motorischer Handlungen sind subj. bewusst.
 - Libet 1985: das Bewusstsein hinkt der aktuellen Verarbeitung 400 ms hinterher, dh. die Intention entsteht zunächst unbewusst und aktiviert die Vorbereitung (Zeigerexperiment) Unterstützt durch Haggard & Eimer 1999
 - Castiello (1991): Korrektur schneller Greifhandlungen (300ms vor bewusster Wahrnehmung!) Experiment mit 3 Stäben.
Ergebnis: Korrektur der Greifbewegung erfolgt durch schnelle unbewusste Verarbeitung im dorsalen Pfad des visuellen Systems, während die bewusste Objektidentifikation auf langsameren Prozessen im ventralen Pfad beruht.
 - Kritik an beiden Ansätzen: Auftrittszeitpunkt des Bewusstseins wird mit dem Zeitpunkt der Artikulation gleichgesetzt. Mögl. Aufgabenpriorisierung nicht berücksichtigt.
- Beeinflussung komplexer Entscheidungen durch unbewusste *emotionale Bewertungsprozesse*:
 - Studie von Bechara und Co. (1997): Glücksspielaufgabe
 - Operationalisierung: emotionale Erregung = elektrodermale Reaktion der Haut
 - nach 10 Spielrunden: Prä-Vorahnung: keine berichtete Präferenz aber unbewusste emotionale Bewertung (nicht verhaltenswirksam)
 - nach 50 Spielrunden (Vorahnung): „komisches Gefühl“, jedoch kein Regelwissen
 - nach 80 Spielrunden: bewusstes Regelwissen
 - Eine unbewusste emotionale Bewertung von Handlungskonsequenzen liegt zu einem früheren Zeitpunkt vor und kann Handlungsentscheidungen beeinflussen noch bevor ein berichtbares, bewusstes Regelwissen über den Zusammenhang zwischen Handlung und Handlungsergebnis erworben wurde.

Empirische und Theoretische Bewusstseinsforschung - Gegenüberstellung

Kapitel 3a: Konditionieren und Implizites Lernen

Einleitung

- Das ganze Leben besteht aus Lernen
- "Lernen ist ein Prozess, der als Ergebnis von Erfahrungen relativ langfristige Änderungen im Verhaltenspotenzial erzeugt"
- Betrachtung von Lernen als das Bilden von Verbindungen (Assoziationen) zwischen Ereignissen.
- Aristoteles: 3 Prinzipien der Assoziationsbildung
 - 1) Kontiguität (zeitlich und räumlich)
 - 2) Ähnlichkeit
 - 3) Kontrast
- Was wird eigentlich gelernt?
- Klassisches Konditionieren: der bedingte Stimulus kündigt den unbestimmten an (Zahnarztbsp)
- Operantes Konditionieren: Reaktion hat wünschenswerten oder unangenehmen Reiz als Konsequenz
- Implizites Lernen: komplexe Folgen von Reizen und Reaktionen

Klassisches Konditionieren

- Little Albert (11 Monate): Konditionieren emotionaler Reaktionen (Watson 1920)
 - Experiment zur Furchtkonditionierung mit 11 Monate altem Sohn.
 - Hypothese: Emotionale Reaktionen sind gelerntes Verhalten
 - Weiße Ratte gepaart mit lautem Geräusch
 - anfängliche positive Reaktion auf die Ratte kehrte sich um
- Technik des Gegenkonditionierens in der Verhaltenstherapie. Unerwünschtes Verhalten wird durch neue erwünschte Verhaltensweise ersetzt
- Erste Experimente von Ivan Pavlov (1849-1936)
 - Physiologie der Verdauungstätigkeit am Hund: Fleischpulver, Messung des Speichelfluss
 - antizipatorische Reaktion: *konditionierter Reflex*
- Basisanordnung (Pavlov 1927): Hund, Futter, Speichelfluss, Glockenläuten
 - unkonditionierter Reiz (US) löst unkonditionierte Reaktion (UR) aus; Futter → Speichelfluss
 - Paarung von US mit neutralem konditionierten Reiz (CS); z.B. Glockenläuten
 - konditionierte Reaktion (CR) auf CS; d.h. ehemals neutraler Reiz wird konditionierter Reiz

Erwerb und Löschung

- Statt an Tieren können Basisphänomene des KK anhand der *Lidschlagkonditionierung* am Menschen untersucht werden: US = schwacher Luftstoß auf Cornea des Auges; UR = Lidschlussreaktion
- Lernstärke = Häufigkeit mit der die CR als Funktion der Anzahl der US-CS-Paarungen auftritt
 - typische Erwerbskurve: schneller Anstieg und dann asymptotisches Niveau
- schnelleres Kond. der CR durch US mit hoher Intensität: Stärke(CR) abhängig von Intensität(US)
- *Löschung* der CR wenn CS nicht mehr von US gefolgt; ist aber mehr als Verlernen; eher überschreiben durch neue Reaktion "Nicht-Reagieren" (retroaktive Interferenz)
 - *Spontanerholung* einer bereits gelöschten CR möglich
- *Reinstatement*: geringe Veränderungen der Umgebung könne gelöschte CR wieder herstellen
- *CS-US-Intervall* beeinflusst die Lernstärke: McAllister 1953
 - Häufigkeit der CR ist am höchsten, wenn CS-US-Intervall 250 – 700 ms beträgt.
 - verzögert und Spuren Konditionieren ist am effektivsten; simultan nicht so gut
 - rückwirkendes Konditionieren gibt's auch (beim Konditionieren höherer Ordnung)
 - Mögliche Abfolgen von CS und US: verzögert, Spuren, simultan, rückwirkend
- *exzitatorisches Kond.*: CS kündigt Eintreffen von US an (positive Relation zwischen CS und US)
- *inhibitorisches K*: CS signalisiert Abwesenheit von US (negative Relation zwischen CS und US)

Merkmale des CS: Generalisierung und Diskrimination

- CR wird auf Reize generalisiert, die dem Trainingsreiz ähnlich sind → *Generalisationsgradient* (Experiment mit Lidschlussreaktion am Kaninchen und Ton einer bestimmten Frequenz)
- *Diskriminationslernen*: CR generalisieren normalerweise auf eine ganze Klasse von Reizen, es kann aber auch gelernt werden, zwischen Reizen zu unterscheiden. (Exp. mit Licht rechts/links)

Merkmale der CR

- CR ist der UR meistens sehr ähnlich; CS aktiviert inneres Bild von US → reflexartige Reaktion
- CR=UR Lernen durch *Reizsubstitution*: auf den CS wird so reagiert, als ob er der US wäre
- alternativ: CS liefert Information über US; CR eine Vorbereitung auf den US, keine Reaktion auf ihn
- CR ≠ UR gibt's auch: Ratten kriegen Stromschläge: US → erhöhte Aktivität; CS → keine Aktivität
CR ist also das Gegenteil von UR; aber CR adaptiv: Bsp. Feind: nicht Entdeckt werden und Angriff

CS-US-Zusammengehörigkeit (assoziative Präferenzen)

- rein empiristische Auffassung (Skinner): Organismen kommen als Tabula rasa auf die Welt; alles Wissen wird allein aus Erfahrung erworben → alle Ereignisse sollten gleich gut assoziiert werden
- Assozierbarkeit von Stimuli wird stark von biologischen Prädispositionen bestimmt; einige CS lassen sich also besser mit einem gegebenen US assoziieren als andere.
- Beispiel: *Geschmacksaversion* (Garcia und Koelling, 1966)
 - Experiment mit Ratten; süßer Geschmack; audiovisueller Reiz; Übelkeit; Stromschlag
 - one-trial learning; CR Menge des Wassertrinkens
 - Übelkeit wird eher mit Geschmacksreizen assoziiert als mit äußeren Reizen
 - Schmerz in Folge des Stromschlags eher mit dem audiovisuellen Reiz als mit inneren Reizen
- *Assoziative Bevorzugen*: Manche CS-US-Relationen haben einen höhere biologische Relevanz oder Zusammengehörigkeit als andere → angeboren

Erklärungsansatz I: Reflextradition

- UR ist unbedingte, reflexartige Reaktion
- CS löst CR aus, die dem Reflex ähnelt → "konditionierter Reflex"
- CS erwirbt durch Konditionieren eine direkte Verbindung zur UR (durch Reizsubstitution)
- Inhalt des Lernens = neue S-R-Verbindung (CS-UR); setzt Kontiguität von CS und UR voraus
- Kritik: Reflextheorie fordert CR = UR; das ist aber nicht immer so
sensorisches Konditionieren: Reaktion ist für die Bildung der Assoziation gar nicht nötig
Kontiguität ist nicht die entscheidende Voraussetzung sondern Informationsgehalt des CS

- Neurophysiologische Grundlagen des KK: marine Nacktschnecke (Kandel und Hawkins 1992)
 - unbedingte Reaktion Kiemenrückzugreflex durch Berührung am Mantel oder Siphon (CS+/-)
 - Paarung von CS+ mit Stromschlag → verstärkte CR
 - CS- nach wie vor normale CR; Beleg für Klassisches Konditionieren eines Reflexes
 - Motoneuron, modulatorisches Neuron bewirkt präsynaptische Bahnung
 - Konditionierung durch zeitl. Koppelung der Aktivität des modulatorischen Neurons und des beteiligten sensorischen Neurons (Kontiguität von CS und US); US muss 500ms nach CS erfolgen: Erregung des mod. Neurons erreicht Synapse wenn sens. Neuron gefeuert hat.
- Übereinstimmung der erforderlichen zeitlichen Verhältnisse zwischen CS und US mit denen bei höheren Mechanismen → ergibt sich bei ihr aus neurophysiologischen Gegebenheiten
- *Hebb-Lernregel*: Eine Assoziation zwischen zwei miteinander verbundenen Neuronen wird dadurch verstärkt, dass sie beide gleichzeitig aktiv sind → Voraussetzung für Lernen: Kontiguität

S-R-Lernen oder S-S-Lernen? Und wie unterscheiden

- *S-R-Lernen*: Neue direkte Verbindung zwischen CS und UR
- *S-S-Lernen*: Assoziation zwischen CS und US (CS aktiviert Erinnerung an US), antizipatorische CR
- Pearce 1997 (Kognitivist): *Konditionieren als Informationsverarbeitungsprozess*
Ereignis; Sensorisches Register; Gedächtnis; Reaktionsgenerator
- Untersuchung des S-R-Lernens mit *Paradigma der Reaktionsverhinderung* (Light und Gantt 1936)
 - Wenn keine Reaktion auf US erfolgt, kann diese auch nicht mit CS assoziiert werden.
 - Experiment mit Hund: Summton (CS), Stromschlag (US), Wegziehen der Pfote (UR)
 - Hund zieht Pfote weg wenn Summton erscheint, obwohl UR vorher verhindert wurde
 - spricht für S-S-Lernen und nicht S-R-Lernen
 - Aber: Pearce „Reaktion im Gedächtnis repräsentiert, motorische Ausführung nicht notwendig“
- *US-Entwertungspaarung* (Holland und Rescorla 1975)
 - Entwertung des US nach dem Konditionieren
 - Experiment mit Ratten: Licht (CS), Futter (US), erhöhte Aktivität (CR)
 - CR tritt nicht mehr auf, wenn die Ratten nicht hungrig sind; also wenn der Grund fehlt
 - spricht für S-S-Lernen. Licht kündigt Futter an, CR ist Vorbereitung auf Futtergabe
- *Paradigma des sensorischen Vorkonditionierens* (Rizley und Rescorla 1972)
 - Experiment: Beobachtungsphase CS2 (Licht) vor CS1 (Ton) → CS2-CS2 Assoziation
 - Paarung von CS2 mit US (Stromschlag) führt zu CR (Pfote wegziehen)
 - Danach löst auch CS1 die CR aus, obwohl nie zusammen aufgetaucht
 - S-S-Lernen (CS2-CS1 Assoziation und CS1-US Assoziation)
- *Konditionieren höherer Ordnung* (Holland und Rescorla 1975)
 - Experiment mit Ratten: 1.+2. wie sensorisches Vorkonditionieren nur umgekehrt
 1. Paarung Licht und Futter (CS1 + US) → CR (erhöhte Aktivität)
 2. Paarung Ton und Licht (CS2 + CS1) → auch CS2 führt zu CR
 - Bis hier keine eindeutige Evidenz für S-R oder S-S; deshalb Entwertung des US
 - 3. CS1 löst keine CR mehr aus; CS2 jedoch schon!
 - Ein CS höherer Ordnung wird eher direkt mit der Reaktion assoziiert (S-R Lernen) wohingegen sich Assoziationen erster Ordnung auf die CS-US-Relation beziehen (S-S-Lernen)
- Sowohl Reize als auch Reaktionen sind Ereignisse, die darum konkurrieren, in die Assoziationen einzugehen, die dann das beobachtbare Verhalten vermitteln.

Erklärungsansätze II: Relativer Informationswert der CS-US-Relation

- Inwieweit ist die CS-US-Kontiguität Voraussetzung für klassisches Konditionieren
- Einfluss der *Basisrate des US* (Rescorla 1988): Auftretenshäufigkeit von US ohne CS
 - Auftreten des US ohne CS reduziert *Kontingenz* (Zusammenhang), jedoch nicht Kontiguität
- $\Delta P = P(\text{US} \mid \text{CS}) - P(\text{US} \mid \text{-CS})$ (Kontingenz = CS-US-Kontiguität – Basisrate)
 $\Delta P=1$ bei perfekter CS-US-Kontingenz
 - reduzierte Kontingenz: CS enthält weniger Infos über das Auftreten des US
- Einfluss der *CS-US-Kontingenz* aufs KK (Rescorla 1988)
 - Experiment mit Ratten, die Hebel drücken konnten, zum Futter zu bekommen
 - Paarung von Ton (CS) und Stromschlag (US); Variation von Kontiguität und Basisrate
 - Basisrate von US wirkt sich auf Informationsgehalt von CS aus
 - CER: Einfrieren aller Aktivitäten (inkl. Hebel drücken) „*konditionierte emotionale Reaktion*“
 - CER am stärksten wenn US-Basisrate = 0 und CS-US-Kontiguität hoch
 - Kontiguität hat keinen Einfluss auf Lernen, wenn gleichzeitig die Basisrate erhöht wird
 - Bei gleichbleibender Kontiguität führt jede Verringerung der Basisrate zu besserem Lernen
- *Konditionierte Inhibition*: negative CS-US-Relation
 - CS und US treten nie gemeinsam auf, d.h. CS-US-Kontiguität = 0; aber hohe US-Basisrate
 - US wird nicht erwartet wenn der CS auftritt.
 - Experiment: CS+ (Ton) und CS-(Licht) positiv und negativ mit US (Strom) assoziiert

- Paarung CS+ mit US → CER und Paarung CS+ mit CS- → CER, diese verschwindet aber wieder
- Versuchstiere lernen, dass CR- (das Licht) CR+ (dem Ton) entgegenwirkt und US verhindert
 - Assoziation von CS- mit Abwesenheit des US
- Lernen die Versuchstiere etwas über den CS- oder bloß über die Kombination von CS- und CS+?
- *Summationstest* (Pavlov 1927 bzw. Rescorla 1974)
 - Welchen Effekt hat der CS- wenn er mit einem anderen CS+ gepaart wird?
 - Trainingsphase: Paarung CS+ mit US → CER
 - Summationstest: CS- gepaart mit CS+ → verringerte CER
 - CS- führt dazu, dass gelernte CS-US-Assoziationen negiert werden; d.h. nach dem Auftreten eines CS- wird die Abwesenheit eines US antizipiert.
- *Verzögerungstest* (retardation test)
 - direkte Paarung eines konditionierten Inhibitors CS- mit dem US
 - negative CS- -US-Relation verzögert nachfolgendes Lernen der positiven CS- -US-Relation
 - Experimentalgruppe: Paarung von CS- mit US; Kontrollgruppe: CS + US
 - ein früherer CS- lässt sich langsamer als ein neutraler CS mit einem US assoziieren.
- negative CS- -US-Relation, ohne dass die beiden jemals zusammen aufgetreten sind
 - Entscheidend fürs KK ist vor allem die Kontingenz und nicht die Kontiguität
- *Overshadowing*: Wenn zwei CS zur gleichen Zeit mit einem US gepaart werden wird vom einen eine stärkere Assoziation gebildet, die den anderen überschattet
- *Blockierungsphänomen* (Kamin 1968):
 - Erste Phase: CS1 (Geräusch) + US (Strom) → CER
 - Zweite Phase: CS1+CS2 (Licht) + US → CER
 - Tetsphase: CS2 allein führt zu keiner CER
 - Kontrollgruppe: (ohne erste Phase) CS2 → CER
 - vorherige CS1-US- Paarung führt zu einer Assoziation, die die CS2-US-Assoziation blockiert
- *Overshadowing* und *Blockierungsphänomen* widersprechen Kontiguitäts- und Kontingenzannahme
- Entscheidend ist die relative Information, die ein Reiz über einen anderen gibt. Es muss anscheinend eine Diskrepanz zwischen der Erwartung und dem Eintreten eines Ereignisses geben, damit neue Assoziationen gebildet werden.

Modelle des Klassischen Konditionierens

- *Rescorla-Wagner-Modell* (1972) quantitatives Lernmodell
 - Assoziationen zwischen Reprä(s)(CS) und Reprä(s)(US); CS kann Reprä(s)(US) aktivieren
 - Zuwachs an assoziativer Stärke (von CS-US-Assoziation) pro Durchgang:

$$\Delta V = \alpha\beta (\lambda - V)$$
 wobei α Lernrate (abhängig von der Auffälligkeit des CS)
 β Intensität des US und
 λ Maximal mögl. Stärke der CS-US-Assoziation (abhängig von β)
 - Zuwachs an assoziativer Stärke ist am Anfang besonders groß (CS maximal informativ; US überraschend). Mit jedem Lerndurchgang wird die Diskrepanz zwischen erwartetem und tatsächlichem Ereignis geringer und somit der Lernzuwachs immer kleiner.
 - leicht übertragbar auf mehrere CS: Summe der assoziativen Stärke, bzw. Konkurrenz
- Erklärung des *Blockierungsphänomen*: Das frühe Stärken der CS1-US-Assoziation blockiert das Lernen der (redundanten) CS2-US-Assoziation
- Erklärung von *Overshadowing*: Unterschiedliche CS haben unterschiedliche Lernraten α
 - der weniger auffällige CS gerät bereits nach dem ersten Lerndurchgang ins Hintertreffen
- Problem: Latente Inhibition; Konditionieren mit konfiguralen Hinweisreizen
- *Latente Inhibition*: Vor dem Lerndurchgang wird der CS einige Male alleine dargeboten
 - Alleinige Darstellung des CS führt zu einer reduzierten Lernrate
 - Problem: angenommene Anfangsstärke der CS-US-Assoziation liegt bei Null
 - Alleinige Darbietung des CS hat laut Modell keinen Einfluss auf CS-US-Assoziation
 - Stimmt nicht: Es wird die Erwartung gelernt, dass CS keine Konsequenzen hat.

- Erweiterung des Modells: frühere Darbietungen des CS machen diesen weniger auffällig, wodurch sich die Lernrate reduziert. Er kann schlechter konditioniert werden.
- *Konditionieren mit konfiguralen Hinweisreizen:*
 - Zwei Reize A und B entweder einzeln oder zusammen (AB compound)
 - Auf die Kombination der Reize AB soll anders reagiert werden als auf die einzelnen Reize; z.B. *negative patterning*: auf A und B reagieren aber nicht auf AB
 - Problem: aus Modellsicht sollte auf AB zusammen sogar stärker reagiert werden
Lösung: Einführung von Reizkonfigurationen (AB) als neuer CS (schwächt Erklärungskraft)
 - Ursprüngliche Stärke des Modells: Erklärung des Blockierungseffekts gilt dann nicht mehr.
- Derzeit gibt's kein Modell, das alles Befunde erklären kann

Zusammenfassung

- Kontingenz kann Kontiguität nicht ablösen
- Berechnung von Kontingenz erfordert Registrierung der CS-US-Kontiguität was wiederum das Lernen von CS-US-Assoziationen voraussetzt. Assoziationen müssen also gebildet werden, noch bevor die Kontingenz berechnet werden kann.
- Der Erwerb von Assoziationen ist von Kontiguität abhängig; Kontingenz entscheidet darüber, ob diese Assoziationen auch verhaltenswirksam werden.
- KK: Komplexes Lerngeschehen, bei dem Relationen zwischen Ereignissen gelernt und aktiv für die Verhaltenssteuerung nutzbar gemacht werden.

Instrumentelles Lernen (operantes Konditionieren)

- Lernprozesse in Situationen, in denen Ereignisse von der Ausführung einer Reaktion abhängen.
- Instrumentelles Lernen als Untersuchung des S-R-Lernens (Thorndike 1911)
 - Experiment mit Katzen im Käfig; Futter außerhalb des Käfigs als Verstärkung
 - Trial and Error Learning; Bildung einer S-R-Relation; Konsequenz K nur Verstärker
- *Gesetz der Wirkung*: Erfolgreiches Verhalten tendiert dazu, häufiger aufzutreten.
- Basisphänomene: Instrumentelles Konditionieren, Beobachtungslernen

Instrumentelles (Operantes) Konditionieren

- Skinner: Unterscheidung zwischen respondentem und operantem Verhalten
 - *respondent*: beim klassischen Konditionieren, Verhalten ist Reaktion auf einen Reiz
 - *operant*: instrumentelles Verhalten, das eine Konsequenz in der Umwelt herbeiführt
- Skinner-Box: Versuchskäfig mit Hebel, Futtermagazin, Licht, Elektrorost

-Verstärkung und Verstärkerpläne

- *Verstärker* (Skinner 1938): Reiz, der die Auftretenswahrscheinlichkeit einer Reaktion erhöht
 - positiv oder negativ (nicht gleich Bestrafung)
 - primäre (z.B. Schmerz, Futter) und sekundäre bzw. generalisierte (unbedingt vs gelernt)
- *Verstärkerpläne*: kontinuierlich oder intermittierend (Quoten- oder Intervallverstärkung) fest/variabel
→ Art des Verstärkerplans wirkt sich unterschiedlich auf Erwerb und Löschung aus: schneller Erwerb bei kontinuierlicher Verstärkung, allerdings auch schnelle Löschung

- Kontiguität von Reaktion und Verstärkung

- Zeitliches Intervall, das zwischen Reaktion und Verstärkung liegt
- Optimal 500 ms; deutlich längere Intervalle beeinträchtigen das Lernen

- Stufenweise Annäherung (shaping)

- Mit Verstärkung lässt sich nahezu jedes beliebige Verhalten erzeugen.
- entwickelt von Skinner zur Dressur von Tieren:

- Abwarten, bis das Tier eine leichte Bewegung in die gewünschte Richtung macht
→ sofort verstärken mit Futter → Bewegung tritt häufiger auf (law of effect)
- Als nächstes nur eine Bewegung verstärken, die noch eine Stück weiter geht usw.
- Komplexe Verhaltensfolgen durch Verkettungen (*chaining*)

- **Biologische Einschränkungen des Lernens**
- Klare Begrenzungen in der Effektivität operanten Konditionierens
- Experiment von Breland und Breland (1961): Waschbären sollen Münzen in Behälter legen und fangen an die Münzen zu waschen und zu putzen.
→ *instinctive drift*: Eindringen von artspezifischen Verhaltensmustern in sorgfältig durch shaping und chaining antrainiertes Verhalten (biologische Einschränkung der Lernmöglichkeiten)
- Thorndike: Zusammengehörigkeit bzw. biologische Passung von Verhalten und Verstärkung
→ ähnelt den assoziativen Bevorzungen beim Klassischen Konditionieren

- **Selbstaussformung des Verhaltens**
- Abergläubisches Verhalten (Skinner 1948)
 - Lernen ohne Kontingenz zwischen Reaktion und Verstärkung
 - Experiment mit Tauben in Skinnerbox: fester Intervallverstärkerplan
→ Tauben zeigen bizarre Verhaltensweisen
 - Erklärung: Jeder Verstärkung geht zufälliges Verhalten voran und wird weiter verstärkt
→ reine Kontiguität von Reaktion und Verstärkung reicht zum Lernen aus.
- Staddon und Simmelhag 1971: Tauben lernen vor allem den Zeitpunkt an dem das Futter kommt
→ nicht reine Kontiguität sondern Reaktions-Verstärker-Kontingenzen zentral fürs Lernen
- Selbstaussformung (autoshaping): Tiere lernen neues Verhalten, ohne dass dies vom Versuchsleiter beabsichtigt war. Experiment von Brown und Jenkins 1968 mit Tauben: picken beleuchtete Taste

- **Merkmale der Reizsituation: Generalisierung und Diskrimination**
- Auch operant gelerntes Verhalten tendiert dazu, auf ähnliche Stimulussituationen zu generalisieren
→ *Generalisationsgradienten*
- Experiment (Gruuman, Kalish 1956): Tauben picken auf beleuchtete Taste, auch in anderen Farben
- *Diskriminationslernen* geht auch; Taubenexperiment mit Taste picken und 1000 Hz Ton
- Beim instrumentellen Konditionieren wird auch gelernt, unter welchen Bedingungen ein bestimmtes Verhalten erfolgreich ist.

- **Merkmale operanten Verhaltens**
- Wie spezifisch ist das gelernte Verhalten?
- traditionelle Sichtweise: nur bestimmte Reaktionen werden gelernt, nämlich die die verstärkt wurden
- Macfarlane (1930): Experiment mit Ratten im Labyrinth; Ratten lernen Weg zum (Verhaltens-)Ziel
→ Es werden nicht spezifische Reaktionen gelernt, sondern instrumentelle Relationen zwischen Verhalten und Konsequenzen

Beobachtungslernen BL (soziales Lernen)

- Voraussetzung für Operantes Konditionieren: Umwelt kann kontrolliert werden
- Menschen lernen durch Beobachten der Handlungen anderer Personen; dies kann dazu führen dass das beobachtete Verhalten direkt imitiert wird.
- Früher: *Imitatives Verhalten* ist Ausdruck eines angeborenen Instinkts
- Miller und Dollard 1941: Studie mit Kindern
 - Kinder beobachten Modell das zwischen 2 Schachteln wählt und müssen dann selber wählen
 - Imitations- und Gegenimitationsbedingung (beides wird gleich schnell gelernt)
 - Kinder lernen schnell welches Verhalten in Relation zum Modell zum Erfolg führt
→ Widerspruch zur Instinkttheorie; Imitatives Verhalten wird gelernt!

- BL auch ohne Ausführung eigenen verstärkten Verhaltens möglich (*stellvertretende Verstärkung*)
- Bandura 1965: Studie zum *Lernen am Modell*; soziales Lernen
 - Kinder sehen Film, in dem ein Modell eine Plastikpuppe misshandelt
 - stellvertretende positive und negative Verstärkung
 - Kinder zeigen in einem Raum das beobachtete Verhalten ohne je verstärkt worden zu sein
- Beobachtetes Verhalten wird gelernt und bei passender Gelegenheit selber ausgeführt
- Wird hier ein spezifisches Verhalten oder das Erreichen eines Ziels gelernt?
- Studien mit 12-21 Tage alten Babys die schon Verhalten imitieren sprechen für ersteres
- Andere Studien an Kindern legen zweiten Punkt nahe; auch Ratten im Labyrinth!

Kausallernen beim Menschen

- Verstärker durch Verhalten herbeigeführt → Kausalbeziehung zw. Verhalten und seiner Konsequenz
- Tiere verhalten sich nur so als ob
- z.B. Befragung nach Experiment mit Rating-Skala (-100; 0; 100)
- Experiment von Wasserman et al. (1993): Licht auf Tastendruck oder auch nicht
 - VPn drücken Taste, daraufhin geht manchmal Licht an und manchmal nicht
 - Variation der Wahrscheinlichkeiten $P(\text{Licht}|\text{Taste})$ und $P(\text{Licht}|\neg\text{Taste})$
 - Kausales Urteil der VPn über Taste-Licht-Relation reflektiert das Verhältnis der beiden Wahrscheinlichkeiten $P(O/R)$ und $P(O/\neg R)$ ziemlich genau
- Menschliche VPn können in einem instrumentellen Konditionierungsparadigma die O-R-Kontingenzen direkt als kausale Relation beurteilen. Vgl. auch Rescorlas Rattenexperiment

Erklärungsansätze für Instrumentelles Lernen

- Welche theoretische Rolle spielt die Verstärkung für den S-R-Lernprozess?
- Skinner (1938, 1950): deskriptiver Behaviorismus (kein S-R-Lernen)
 - lehnt Annahmen über nicht beobachtbare Prozesse ab (also auch Assoziationen)
 - diskriminative Stimuli definieren Situationen, in denen operantes Verhalten erfolgreich ist
 - Es genügt, zu beobachten, unter welchen Bedingungen welches Verhalten auftritt, sodass es durch Herbeiführung dieser Bedingungen und Verstärkung kontrolliert werden kann.
- Thorndike (1913): Aufbauen neuer Assoziationen; reines S-R-Lernen
 - Assoziationen werden graduell stärker durch Wiederholung
 - Verstärker bringen Lernvorgang in Gang, sind nicht selbst Teil der Assoziation
- Guthrie (1952): reiner S-R-Ansatz; Verstärkung ist unwesentlich; Assoziation direkt etabliert
- Hull (1943; 1952): Verstärkung unbedingt erforderlich für S-R-Lernen
 - Als Verstärker kommen nur solche Reize in Frage, die einen Trieb reduzieren.
 - Triebreduktion führt dann zur Stärkung der S-R-Assoziation
 - Lerntheorie: vermittelnde Prozesse (internierende Variablen; z.B. Gewohnheit, Antrieb)
- Schwäche der S-R-Ansätze: Kein Mechanismus zur Antizipation des Verstärkers
- Toman (1932): Wesentliches Merkmal von Verhalten: zielgerichtet
 - Zielantizipation ist wichtiger Bestandteil des Lernens
 - Statt nur S-R- eher Reiz-Reaktion-Konsequenz-Verbindung
 - Erwerb von assoziativen Strukturen, die Wissen über instrumentelle Mittel-Zweck-Relationen repräsentieren (vgl. auch Ratten im Labyrinth)
- Rescorla (1998): keine lineare Verbindung sondern hierarchisch assoziativ: S-(R-O)
- Verstärkung wichtig für Ausdruck des Lernens (Performanz); nicht für den Erwerbsprozess
- Experiment von Tolman (1948): Ratten im Labyrinth ohne direkte Verstärkung
 - *Latentes Lernen* (Lernen ohne Verstärkung) zeigt sich erst in beobachtbarem Verhalten, wenn Verstärkung am Ziel eingeführt wird.
 - Es werden *kognitive Landkarten* gelernt, die für spätere instrumentelle Zielerreichung nötig sind
 - Verstärkung ist also ein *kognitiver Anreiz*, bereits gelerntes Verhalten auch auszuführen.

Gemeinsamkeiten zwischen Instrumentellem und Klassischem Konditionieren

- Sowohl beim klassischen als auch beim instrumentellen Konditionieren sind die Kontiguität (Zeitintervall zwischen Reaktion und Verstärkung bzw. CS und US) als auch die Kontingenz (Vorhersagewert der Reaktion in Bezug auf das Auftreten des Effekts bzw. Vorhersagewert des CS auf den US) relevant.
- In beiden Fällen wird eine prädiktive Relation gelernt:
 - KK: CS sagt US voraus
 - IK: CS (situativer Kontext) zusammen mit Reaktion sagt US voraus
- Rescorla-Wagner-Modell lässt sich auch auf Instrumentelles Konditionieren anwenden.
 - Stärke: Behandlung von kompetitiven Lernsituationen mit mehr als einem Prädiktor CS für den US
 - IK: situativer Kontext und Reaktion konkurrieren um die Vorhersage des US (d.h. des Verstärkers)
 - Immer wenn S und R zusammen auftreten und von US gefolgt werden, werden die entsprechenden Assoziationen gestärkt. Immer wenn US auftritt, ohne dass vorher R aufgetreten ist, wird die S-O-Assoziation gestärkt und somit die R-US-Assoziation geschwächt
- beide Arten der Konditionierung verweisen auf einen grundlegenden Lernprozess, der sich auf eine Abfolge von Ereignissen der Umwelt bezieht.

Implizites Lernen

- Frage: Beruht implizites Lernen auf einem besonderen Lernmechanismus?
- Es gibt Lernsituationen, in denen Menschen intuitiv lernen und sich der dem Lernen zugrunde liegenden Kontingenzen wenig bewusst sind.
- Lernsituationen, in denen die Person Strukturen einer relativ komplexen Reizumgebung lernt, ohne dies zu beabsichtigen. Das resultierende Wissen ist schwer zu verbalisieren (Dienes und Berry 1997)
- Drei Merkmale Impliziten Lernens
 - 1) es findet beiläufig (inzidentell) statt (also ohne Intention des Lernenden)
 - 2) weniger von Aufmerksamkeitsfaktoren abhängig als explizites Lernen
 - 3) kann auch unbewusst bleiben → strittig!

Steuerung komplexer Systeme

- dynamische Steuerungsaufgabe (Berry und Broadbent, 1984/88): *fiktive Zuckerfabrik*
 - VPn sollen Produktionsmenge steuern, indem sie die Arbeitermenge einstellen
 - Zusammenhang zwischen Arbeiteranzahl und Produktionsmenge ist nicht klar
 - VPn lernen Fabrik gut zu steuern aber können den Zusammenhang nicht verbalisieren

Lernen versteckter Kovariationen

- Studie von Lewicki (1986):
 - Fotos von Personen mit freundlich/intelligent-Bezeichnung
 - Kovariation zwischen Haarlänge und Persönlichkeitsmerkmal
 - Beurteilung neuer Personenfotos
 - Überzufällige Übereinstimmung mit Kovariation aber VPn waren sich dessen nicht bewusst
 - Urteil wird von Kriterien bestimmt (Haarlänge), die die VPn nicht nennen können.

Lernen künstlicher Grammatiken

- Experiment von Reber (1967): *implizites Grammatiklernen*
 - VPn müssen künstliche Wörter lernen, wissen nichts von dahinterstehender Grammatik
 - Anschließend werden VPn über grammatische Regeln informiert
 - VPn sollen neue künstliche Wörter klassifizieren (ob sie den Regeln entsprechen oder nicht)
 - VPn machen das überzufällig gut → 69 % korrekte Klassifikationen
 - VPn können weder Regeln nennen, noch ihr eigenes Klassifikationsverhalten erklären (Intuition)
 - implizites Grammatiklernen: VPn extrahieren unbewusst komplexe Regeln aus Reizumgebung

Sequenzlernen

- Serielle Reaktionszeit-Aufgaben: z.B. Nissen und Bullemer (1987)
- Display mit 4 Horizontal angeordneten Reizpositionen
- Reaktion auf Reiz durch Tastendruck löst nächsten Reiz aus
- VPn zeigen deutlich geringere Reaktionszeiten bei regelhaft strukturierten als bei Zufallsfolgen
- Bewusster oder unbewusster Sequenzlernprozess (geht beides)

Prädiktive Relationen beim Impliziten Lernen

- KK → Lernen von CS-US-Relationen; IK → Lernen von S(R-O)-Relationen
- Welche prädiktiven Relationen liegen implizitem Lernen zugrunde?
- Steuerung komplexer Systeme: ähnlich IK
 - Lernen von Kontingenzen zwischen Handlung und ihren Effekten
 - R-O-Relationen und vorheriger Systemzustand S. Aber nicht einzelne Relationen sondern eher Lernen von Regeln (wegen der vielen möglichen Systemzustände)
- Kovariationslernen: ähnlich KK
 - Lernen von Kontingenzen zwischen zwei Reizmerkmalen
 - z.B. Haarlänge = CS sagt die Kategoriezugehörigkeit eines Fotos voraus
- Grammatiklernen: Lernen von Kontingenzen zwischen mehr als zwei Reizmerkmalen (Buchstaben)
 - S-S-Kontingenzen werden in Form von abstrakten Regeln repräsentiert (Reber 1989)
 - Alternativ: Erinnern einzelner Lernexemplare und dann Ähnlichkeitsvergleich
- In jedem Fall: gelernte Kontingenzen müssen auf neue Situationen regelhaft übertragen werden.
- Sequenzlernen: nicht eindeutig
 - S-S-Lernen: Sequenz der Reize wird gelernt
 - R-R-Lernen: Sequenz der Reaktionen wird gelernt
- Prädisposition für das Lernen bestimmter Relationen: Lernen räumlicher Relationen präferiert
- Neu: Lernen von abstrakten Sequenzen kognitiver Aufgaben selbst wenn Sequenz der Reize und Reaktionen zufällig ist. → Lernmechanismen sind nicht auf Folgen von konkreten Reizen bzw. Reaktionen beschränkt sondern greifen auch Strukturen höherer Ordnung auf.

Unbewusstes Lernen

- Problem: wie soll Bewusstheit eindeutig operationalisiert werden?
- Zwei Kriterien für die Demonstration unbewussten Lernens: Shanks, St. John (1994)
 - 1) *Informationskriterium*: Test zur Aufdeckung bewussten Wissens muss auf die Kontingenzen gerichtet sein, die auch den vermeintlich unbewussten Verhaltenseffekten zugrunde liegen.
 - 2) *Sensitivitätskriterium*: Test zur Aufdeckung von unbewusstem Wissen darf nicht weniger sensitiv sein, als der Test für die Aufdeckung von bewusstem Wissen.
- KK: primitiver und reflexhafter Mechanismus → unbewusst? KK durch Lernen von CS-US Kontingenzen und nicht zwangsläufiger Transfer eines Reflexes von einem Reiz auf einen anderen; Keine Hinweise darauf, dass dies ohne Bewusstheit der Kontingenzen geschieht.
- *Evaluatives Konditionieren*: Bei kontingenter Darbietung eines affektiven neutralen Reizes mit einem positiven (negativen) Reiz, nimmt der ursprünglich neutrale Reiz eine positive (negative) Valenz an. Bewusst oder Unbewusst?
- Kovariationslernen: Nachbefragungen möglicherweise nicht sensitiv genug für das Aufdecken erworbenen bewussten Wissens; Befunde zum unbewussten KL konnten nicht repliziert werden.
- instrumentelle Lernaufgaben bewusst: siehe Studie von Wasserman et al.: bewusste Urteile über Kausalzusammenhänge zwischen Handlung und Konsequenz spiegeln recht genau die tatsächlichen Kontingenzen wider.
- Steuerung komplexer Systeme unbewusst? VPn mit guten Steuerungleistungen konnten später sogar schlechter über die Auswirkung der Änderung einer Input-Variable auf die Produktionsmenge berichten → Dissoziation zwischen Handlungswissen und verbalisierendem Wissen

- Erklärung: gute Steuerer erfahren weniger verschiedene Systemzustände → Sie sind nicht trotz ihrer guten Leistung in der Nachbefragung schlecht sondern wegen ihrer guten Steuerungsleistung
- Außerdem konnte durch sensitivere Tests, z.B. cued-report oder forced-choice auch subjektiv unsicheres Wissen aufgedeckt werden, welches in freien Testaufgaben nicht preisgegeben wurde.
 - unbewusstes Grammatiklernen? Nein! Kein Lernen von abstrakten Regeln sondern Wissen über bestimmte Häufigkeitsmerkmale der Buchstabenfolgen oder erinnerte Teilfolgen. Wissensfragmente können aber gelegentliche unter einer subjektiven Bewusstseinschwelle liegen.
 - unbewusstes Sequenzlernen, aber Methodenkritik: RT-Effekte auch mit bewusstem Wissen korreliert
 - Fazit: Lernen kann in bestimmten komplexen Situationen intuitiv erfolgen und lässt sich nur durch sehr strenge Testverfahren als bewusst aufdecken.
 - Dienes und Berry 1997: Beim impliziten Lernen kann subjektiv unterschwelliges und damit phänomenal unbewusstes Wissen erworben werden
 - Problem bei experimenteller Bewusstseinsforschung: Auf Grundlage des gegenwärtigen bewussten Wissens soll auf den Bewusstseinsstatus in den vergangenen Lernepisoden rückgeschlossen werden.

Neuropsychologische Basis impliziten Lernens (Sequenzlernen)

- *Erhaltenes Lernen bei anterograde Amnesie* (altes überdeckt neues)
 - Schädigung des medialen Schläfenlappens sowie des Hippocampus führt zu Unvermögen, neue Inhalte langfristig zu lernen; LGZ weitgehend unbeeinträchtigt.
 - VPn zeigen nahezu normale implizite RT-Lerneffekte, können aber weniger explizit erinnern → Beim impliziten Lernen sind neuroanatomisch distinkte Hirnstrukturen beteiligt, die nicht zwangsläufig mit expliziten Erinnerungen einhergehen.
 - Kritik: In anderen Studien wurden auch Defizite im impliziten RT-Lernen festgestellt; Studien sagen eher etwas über die Bewusstheit nach dem Lernen und nicht während des Lernens aus. Explizite Erinnerungen sind definitionsgemäß gestört bei A-Patienten → Keine Rückschlüsse möglich
- *Lerndefizite infolge neurologischer Erkrankungen* (z.B. Huntington, Parkinson)
 - Schädigung subkortikaler Hirnstrukturen (beteiligt an Steuerung von Willkürbewegungen)
 - Beeinträchtigung des impliziten Lernens, weniger des expliziten
 - Messbare Defizite im RT-Lernmaß → betroffene Hirnstrukturen sind am SL beteiligt
- Untersuchung der neuronalen Repräsentation von Sequenzwissen mit bildgebenden Verfahren
 - TMS, PET und fMRT
 - Lernen verursacht neuronale Veränderungen in Hirnregionen, die an der Bewegungssteuerung und -ausführung beteiligt sind
 - Zusätzliche distinkte Areale sind vor allem bei Bewusstheit des Lernens aktiv.

Kapitel 3c: Gedächtniskonzeptionen und Wissensrepräsentationen

Einführung und Begriffsklärung

- Gedächtnisforschung z.B. zur Verbesserung von Polizeilichen Verhörmethoden
- Trennung von Arbeits- und Langzeitgedächtnis
- Broadbents *Modell der Informationsverarbeitung* (1958)
 - Ausgangspunkt: Piloten während des 2. Weltkrieges durch technische Entwicklung zunehmend überfordert. Psychologie zur Lösung der ergonomischen Probleme
 - sequenzieller Informationsfluss durch eine Reihen von hintereinander geschalteten Systemen
 1. *präattentives Verarbeitungssystem*: physikalische Eigenschaften einlaufender Reize werden hochgradig automatisiert analysiert. Mit begrenzten Ressourcen werden so viele Reize wie möglich in wenig aufwändiger Form analysiert.
 2. *Filter*: basierend auf einfachen physikalischen Reizeigenschaften; noch keine Information über Bedeutung auf dieser Ebene
 3. *Kurzzeitgedächtnisspeicher*: bewusste Reizwahrnehmung; Analyse hinsichtlich ihrer Bedeutung; höhere Verarbeitungstiefe, verfügbare Ressourcen auf wenige Reize beschränkt
 - im KZG nur wenig Info für kurze Zeit, durch Wiederholen und Auffrischen verlängerbar
- modale Modelle: Mehrspeichermodelle
- Mehrspeichermodell von Atkinson und Shiffrin (1968): *Modales Gedächtnismodell*
 - ursprünglich mathematisch formuliert; Details empirisch nicht angemessen
 - Sensorisches Gedächtnis, bestehend aus sensorischen Registern (visuell, auditiv, ...)
 - Langzeitgedächtnis: deklaratives System (episodisches und semantisches Wissen), nondeklaratives System (perzeptuelles und prozedurales Wissen)
 - Arbeitsgedächtnis: zentrale Exekutive, Subsysteme (phonologische Schleife, visuell-räumliches System, episodischer Puffer)
- 3 Ebenen zur Unterscheidung von Gedächtnissystemen:
 - *deskriptiv*: Unterscheidung aufgrund untersch. Anforderungen der Gedächtnisaufgabe oder des zu verarbeitenden Materials → beliebig viele Formen möglich aber nicht alle plausibel
 - *funktional*: Unterscheidung anhand der Funktionsweise von Gedächtnissystemen
Dissoziationsparadigma: Untersuchen, ob bestimmte Manipulationen unterschiedliche Auswirkungen auf verschiedenen Gedächtnisaufgaben haben. (einfache und doppelte Diss.)
Untersuchung anhand mathematischer Gedächtnismodelle
 - *neuronal*: Definition von Gedächtnissystemen aufgrund unterschiedlicher beteiligter Hirnstrukturen (mit Bildgebenden Verfahren oder Untersuchungen an Hirnverletzten)
 - neuronale und funktionale Ebene werden oft zusammen diskutiert, können aber differieren
 - ein theoretisches Postulat sollte sich auf allen drei Analyseebenen bewähren

Langzeitgedächtnis

- Drei Herangehensweisen:
 - Menge von verschiedenen Systemen
 - Analyse von Gedächtnisprozessen
 - mathematische Modellierung von Gedächtnis (prozessuale und strukturelle Aspekte)

Systemorientierter Zugang zum Langzeitgedächtnis

- Unterscheidung zwischen deklarativem und nondeklarativem Wissen und Zuordnung zu verschiedenen Gedächtnissystemen.
- deklaratives Wissen: umfasst verbalisierbares Wissen über Fakten, Ereignisse. Flexible und besonders zu Beginn des Lernprozesses wichtig
- nondeklaratives Wissen: Schwierig zu verbalisieren, spät im Lernprozess (Expertenwissen)
- Experiment: Erlernen der Scannerbedienung
- Amnesie: heterogene Ätiologien und heterogene Lokalisationen der resultierenden Hirnschädigungen
→ kein einheitliches Syndrom aber ähnliche Gedächtnisleistungen bei verschiedenen Ätiologien

- Oft: Folge von Schädigungen am medialen Temporallappen oder als Folge von diencephalitischen Schädigungen (funktional zusammengehöriges System?)
- Patient H.M.: Entfernung großer Teile der medialen Temporallappen in OP
 - retrograde A: ein Teil dessen, was er innerhalb 11 Jahre vor der OP gelernt hat kann er nicht erinnern, früheres aber schon
 - anterograde A: Unfähigkeit neue Fakten zu erlernen und über eine Verzögerung zu behalten.
 - bei deklarativen Gedächtnistest konnte er nahezu keine Inhalte erinnern
 - er kann Konversationen folgen → Arbeitsgedächtnis relativ unversehrt
 - bestimmte kognitive und motorische Fertigkeiten (z.B. Spiegelzeichen) konnte er trotz der Schädigung des deklarativen Gedächtnisses erwerben.
 - andere amnestische Patienten konnten typische Prüfverfahren für nondeklaratives Wissen bestehen, wie z.B. Lesen von spiegelverkehrtem Text, Turm von Hanoi etc.
- nondeklarative Gedächtnisleistungen sind weit weniger von der amnestischen Erkrankung betroffen als deklarative → Beleg für die Verschiedenheit der Gedächtnissysteme
- Schlaf fördert die Konsolidierung von Gedächtnisinhalten. Insbesondere REM- und SWS-Phasen
 - während der ersten Schlafhälfte mehr SWS-Phasen
 - während der zweiten Schlafhälfte mehr und längere REM-Phasen
- Experiment: Plihal und Born (1997)
 - Lernen und Erinnern von Wortpaaren (dekl. G) profitiert stärker von der ersten Schlafhälfte als das Nachzeichnen von indirekt über einen Spiel sichtbare Figuren (nondekl. G)
 - umgekehrt profitierte letzteres stärker von der zweiten Schlafhälfte (REM-Schlaf)
- SWS-Schlafphasen wichtig für die Konsolidierungsprozesse des deklarativen Gedächtnisses
- REM-Phasen dagegen wichtiger für die Konsolidierung non-deklarativer Gedächtnisinhalte
- **Konsolidierung** (Verfestigung): langfristige Änderungen im Gehirn als Folge von Lernerfahrungen brauchen einige Zeit.
 - fortdauernde physiologische Vorgänge nach der Lernsituation führen zu einer Verstärkung der Konsolidierung der erworbenen Gedächtnisspur.
 - Durch die beharrliche Aktivität von Neuronenverbänden kommt es zu bestimmten dauerhaften Veränderungen der beteiligten Zellen, wodurch permanenten Gedächtnisspuren für die verarbeitete Information erzeugt werden.
 - Hippocampusformation spielt wesentliche Rolle in diesem Konsolidierungsprozess. Beleg durch Läsionsstudien an Affen (Zola-Morgan, Squire 1990): Schädigung führt zum Verschwinden einer zuvor erlernten visuellen Diskriminationsleistung, frühere Infos erhalten
- **Deklaratives Gedächtnis**, Unterscheidung nach Tulving (1972, 1994)
 - *episodisches*: Erinnerungen an persönlich erfahrene Ereignisse und deren räumliche und zeitliche Koordination
 - *semantisches*: Sachwissen ohne räumliche Einbettung
 - Beleg: Amnestische Patienten haben extreme Probleme beim Erinnern autobiographischer Ereignisse, sonst sind sie relativ unauffällig. Sie können Lesen, Schreiben, Probleme Lösen
 - Aber: ältere Gedächtnisinhalte gehen ohnehin mit geringerer Wahrscheinlichkeit verloren.
- Trennung der Gedächtnishälften und Zuordnung unterschiedlicher Hirnareale (Schacter, Turing)
- Sowohl das episodische als auch das semantische Gedächtnis bezieht sich auf berichtbares Wissen, deshalb Zuordnung zum deklarativen Gedächtnis auf funktionaler Ebene. Unterscheidung nur auf deskriptiver Ebene. (Squire, 1999)
- Nach einer Hirnschädigung und mit zunehmendem Alter sind diejenigen Begriffe, die man später im Leben erworben hat mit größerer Wahrscheinlichkeit nicht mehr verfügbar.
- Semantisches Wissen ist redundanter repräsentiert, da Fakten als Komposition vieler verschiedener Episoden vorkommen können → in geringerem Umfang von Schädigungen betroffen
- Neuronale Ebene: Abruf semantischer Infos geht mit höherer Aktivität im linken als im rechten präfrontalen Cortex einher, Abruf episodischer Infos dagegen mit umgekehrtem Aktivierungsmuster → Aber: kann an verschiedenen Aufgabenschwierigkeiten liegen

- Fazit: Unterscheidung von episodischem und semantischem Gedächtnis sinnvoll auf deskriptiver Ebene, fraglich auf anderen Analyseebenen.
- **Nondeklaratives Gedächtnis**
- In unserem Gedächtnis sind wesentlich mehr Erfahrungen gespeichert, als zu einem gegebenen Zeitpunkt berichtet werden können.
- Ebbinghaus (1885): "Der größere Teil des Erfahrenen bleibt dem Bewusstsein verborgen und entfaltet doch eine bedeutende und seine Fortexistenz dokumentierende Wirkung."
- Nachwirkungen der Verarbeitung einzelner Objekte/Ereignisse: *Priming*, z.B. Identitäts-Priming in Wortidentifikationsaufgabe: zuvor gelesene Wörter (bewusst oder unbewusst) werden unter schwierigen Wahrnehmungsbedingungen besser identifiziert als neue Wörter (Jacoby, Witherspoon 1982); dasselbe gilt für amnestische Patienten
- Zuordnung von einfachem assoziativem Wissen zum nondeklarativen Gedächtnis. Untersuchung durch *Sequenzlernaufgabe*: Punkte erscheinen in systematischer Reihenfolge an verschiedenen Positionen des Bildschirms; Systematik nicht bekannt; kürzere Antwortzeiten als bei zufälliger Reihenfolge → Sequenzlernen bestätigt. Amnestische Patienten können das notwendige assoziative Wissen genauso gut erwerben wie gesunde Versuchspersonen (Nissen, Bullemer 1987)
- Außerdem: Phänomene zu kognitiven und motorischen Fertigkeiten: Lesen von spiegelverkehrtem Text; Lerneffekt bleibt über ein Jahr erhalten (Kolers 1976)
- **Explizite und Implizite Messung von Erfahrungsnachwirkungen**
- *Explizite Gedächtnistests*: Wiedererkennen, freies Reproduzieren von Objekten, mit denen man in einer bestimmten Lernphase konfrontiert war → bewusstes Erinnern an vorangegangene Lernphase
- *Implizite Gedächtnistests*: Kein Bezug zur Lernphase, ein Erinnern an die Lernphase ist nicht notwendig. Die Nachwirkung einer Lernerfahrung drückt sich z.B. durch schnellere und fehlerfreiere Verarbeitung aus. Bsp: Wortidentifikationsaufgabe, Sequenzlernaufgabe → unbewusstes Erinnern
- deskriptive Unterscheidung zwischen implizit und explizit gemessenen Gedächtnisleistungen Graf und Schacter (1985)
- Wortstammergänzungsaufgabe
 1. Lernphase: inzidentell; lange Liste von Wörtern; beiläufig gelernt
 2. Phase: oft als separate Untersuchung getarnt: Wortstämme sollen zu verschiedenen Wörtern ergänzt werden.
 → Wortstämme werden häufiger zu vorher gelesenen Wörtern ergänzt als ohne Vorerfahrung; bewusstes Erinnern an vorherige Lernerfahrung nicht notwendig
- Vergleich: Wortstammergänzungsaufgabe und Wiedererkennen
 - Amnestische Patienten sind beim Wiedererkennen sehr viel schlechter als gesunde Personen, bei der Wortstammergänzungsaufgabe unterscheiden sie sich kaum (Hamann, Squire 1996)
 - funktionale Dissoziation
 - jüngere und ältere Personen: implizit -; explizit +
 - Alzheimer-Patienten und gesunde ältere Personen
 - schizophrene Patienten und gesunde Personen
 - Ältere Personen mit Glucose- oder Saccharinlösung
- *Reliabilitätsproblem* (Buchner und Wippich, 2000): Implizite Prüfverfahren messen Gedächtnisleistungen weniger reliabel als explizite Prüfverfahren. Aus den Gruppenunterschieden kann also nicht unbedingt auf unterschiedliche Gedächtnissysteme geschlossen werden.
- *Kontaminationsproblem*:
 - Wortstammergänzungsaufgabe durch explizite Gedächtnisleistungen kontaminiert: z.B. kann es einer Vp trotz aller Vorsichtsmaßnahmen auffallen, dass sich viele Wörter zu den zuvor gelesenen Wörtern ergänzen lassen. Die Vp könnte dann versuchen, möglichst viele dieser Wörter zu reproduzieren → explizites Verfahren
 - Wiedererkennen durch implizites Gedächtnis kontaminiert (z.B. Mandler 1980): z.B. zuvor gelesenes Wort kann zwar nicht aus dem Gedächtnis abgerufen werden, erweckt jedoch einen (unbewussten) Vertrautheitseindruck und wird dadurch als alt bezeichnet.
 - die Prüfverfahren erfassen mehr oder weniger "rein" ein bestimmtes Gedächtnissystem

- *Prozessdissoziationsprozedur* (Jacoby 1991): Prozedur zur Dissoziation expliziter kontrollierter Abrufprozesse und automatischer vertrautheitsbasierter Prozesse innerhalb einer Aufgabe.
- Anwendung in Untersuchung von Hertel und Milan (1994):
 - Annahme: Mentale Prozesse bei depressiven Patienten sind durch ein geringeres Maß an kognitiver Kontrolle gekennzeichnet.
 - Der Parameter r (für kontrollierte Erinnerungsprozesse) nimmt bei depressiven Patienten geringere Werte an als bei gesunden Personen.
 - Bei Parameter a (automatische vertrautheitsbasierte Erinnerungsprozesse) unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht.
- funktionale Dissoziation auf der Ebene von Prozesskomponenten
(wichtiger Fortschritt zur Lösung des Kontaminationsproblems)
- Dekomposition von beobachtbarem Verhalten in die zugrunde liegenden Prozesse schon in SDT
- Kritik an Jacoby's Prozessdissoziationsprozedur: Rateprozesse werden nicht erfasst!
- Das Zwei-Hochschwellen-Modell (Snodgrass, Corwin 1988)
 - In einer Menge von Photographien sollen bekannte und unbekannte Gesichter erkannt werden
 - Trennung der Sensitivität für Bekannt/Unbekannt-Unterschiede einerseits und der Tendenz mit "Ja" zu antworten (raten) andererseits.
 - Modell spezifiziert, welche latenten Zustände zwischen den Stimuli einerseits und den Antworten andererseits vermitteln sollen.
 - Prozessbaum: Wahrscheinlichkeit r = interner Zustand (erfolgreicher Gedächtnisabruf)
Wahrscheinlichkeit $1-r$ = interner Zustand der Unsicherheit
Wahrscheinlichkeit g = Ja-Antwort aus Zustand der Unsicherheit
Wahrscheinlichkeit $1-g$ = Nein-Antwort aus Zustand der Unsicherheit.
 - $pb = r + (1-r) * g$ Trefferrate
 - $pu = (1-r) * g$ Rate falscher Alarme
 - $r = pb - pu$ Wahrscheinlichkeit für korrekten Gedächtnisabruf (Sensitivität)
 - $g = pu / [1 - (pb - pu)]$ Ja-Rate Wahrscheinlichkeit (Ratetendenz)
 - g und r so günstig zu bewerten wie d' und c der klassischen SDT
 - Differenz zwischen Trefferrate und der Rate falscher Alarme ist ein guter Index für die Gedächtnisleistung
- **Multinomiale Modellierung kognitiver Prozesse**
- *Multinomiale Modelle*: stochastische Modelle, mit denen auf der Basis beobachteter Häufigkeiten von Ereignissen die Wahrscheinlichkeiten bestimmter latenter Zustände geschätzt werden können.
- Verbesserung der Prozessdissoziationsprozedur von Jacoby, indem Raten berücksichtigt wird.
 - Prozessbaum mit 3 Stufen von Internen Zuständen (Abruf, Vertrautheit, Raten)
 - jeweils für Phase-1-Wort und Distraktor in beiden Bedingungen
- Stärken dieser Modelle:
 - Einfachheit, mit der sich Hypothesen über das Zusammenspiel kognitiver Prozesse beim Zustandekommen beobachtbaren Antwortverhaltens formal präzise formulieren lassen.
 - Statistische Prüfung inhaltlicher Hypothesen direkt auf der Ebene der Parameter, welche unmittelbar die interessierenden hypothetischen Prozesse repräsentieren.
- Man ist nicht mehr (wie bei impliziten und expliziten Prüfverfahren) darauf angewiesen, statistische Tests auf der Ebene globaler Verhaltensdaten durchführen zu müssen. Die Parameter (z.B. c) können direkt miteinander verglichen werden.

Prozessorientierter Zugang zum Langzeitgedächtnis

- Analyse von Gedächtnisleistungen auf der Basis der beteiligten Prozesse.
- *Konzept der Verarbeitungstiefe* (Craik, Lockhart 1972):
Ein erfolgreicher Abruf von Information aus dem Gedächtnis ist abhängig von den Gedächtnisprozessen, die bei der Enkodierung von Informationen beteiligt sind.
 - Infos, die in der Lernphase tief verarbeitet wurden (mit Bedeutung), sind später besser wieder abrufbar als nur oberflächlich (perzeptuelle/phonologische Aspekte) verarbeitete Infos.

- Studie von Hyde und Jenkins (1973): Nicht-semantische und Semantische Orientierungsaufgabe in der Lernphase. Die Gedächtnisleistungen für Wörter, die in einer semantischen Aufgabe gelernt und somit tiefer verarbeitet wurden, waren besser.
- Schwachpunkte des Verarbeitungstiefeansatzes:
 - Welche Orientierungsaufgaben führen tatsächlich zu einer tieferen bzw. oberflächlicheren Verarbeitung? Objektive Bestimmung der Verarbeitungstiefe bis heute nicht möglich.
 - Es werden ausschließlich Prozesse der Enkodierung berücksichtigt. Abrufprozesse werden nicht beachtet.
- *Konzept der Transferangemessenheit der Verarbeitung* (Morris et al. 1977):
 - Experiment: Lernphase mit semantischer Orientierungsaufgabe (Lückentext auffüllen) und phonologischer Aufgabe (reimt sich ein Wort auf ein anderes). Testphase mit zwei verschiedenen Gedächtnistests: einfacher Wiedererkennenstest (semantische Lernphase überlegen); Reimwiedererkennenstest (phonologische Lernphase überlegen)
 - Widerspruch zum Verarbeitungstiefeansatz: nicht die Tiefe der Verarbeitung allein bestimmt die spätere Gedächtnisleistung
 - Das Ausmaß der Transferangemessenheit der Verarbeitung ist entscheidend: Je größer die Überlappung von kognitiven Prozessen bei der Enkodierung und dem Abruf der Information, desto besser ist die Erinnerungsleistung.
- Letzteres Konzept kann den Verarbeitungstiefeansatz aber nicht vollständig ersetzen, da das Verhältnis der semantischen Aufgaben zusammen mit dem Wiedererkennenstest deutlich besser ist als das der phonologischen Aufgabe mit dem Reimwiedererkennenstest. → Integration der Konzepte
- Blaxton 1989: Prozessorientiert vs Systemorientiert
 - L1. Schwerpunkt auf percept. Prozessen: Wörter ohne Kontext lesen (xxx-Verrat)
 - L2. Schwerpunkt auf konzeptuellen Prozessen: Wörter mit Kontext generieren (Spionage-V___)
 - Testphase: explizite und implizite Tests mit Betonung auf percept. und konzept. Prozessen
 - T1. explizit, percept.: Erinnern eines Wortes aus der Lernphase, das einem anderen Wort in seiner Wortform ähnelt (z.B. "Vertrag")
 - T2. explizit, konzept.: Erinnern eines Wortes aus der Lernphase, das die gleiche Bedeutung hat wie ein anderes Wort (z.B. "Untreue")
 - T3. implizit, mit percept. Hinweis: Ergänze "_er_t" zu einem korrekten deutschen Wort.
 - T4. implizit, mit konzept. Hinweis: Wofür wurde blabla verurteilt?
- Erwartungen:
 - Systemorientiert: T1 und T2 betreffen das deklarative Gedächtnissystem, T3 und T4 das Non-deklarative Gedächtnissystem → parallele Effekte für die beiden Lernbedingungen
 - Prozessorientiert: T1 und T3 sollten sich ähnlich verhalten, sowie T2 und T4 also unabhängig, ob die Tests implizit oder explizit sind. → Transferangemessenheit wurde bestätigt!
- Ergebnis: Die Gedächtnisleistung war immer dann besser, wenn die Verarbeitungsprozesse aus der Lernphase mit denen aus der Abrufphase übereinstimmten.
- *Prinzip der Enkodierungsspezifität* (Tulving 1983): Die Wahrscheinlichkeit des erfolgreichen Abrufs einer Information ist größer, wenn die Information in demselben Kontext abgerufen wird, in dem sie auch gelernt wurde. → Experiment mit Tauchschule von Godden und Baddeley (1975)
- Murnane und Phelps (1993): Variation des visuellen Kontext
 - Lernphase: Wörter auf Bildschirm
 - Variation der Hintergrundfarben, Schriftfarbe und Bildschirmposition
 - Wörter, für die Lern- und Testkontext identisch waren, wurden besser wieder erkannt.
- Anwendung des Prinzips der Enkodierungsspezifität auch auf Merkmale wie Gerüche, emotionaler Zustand, Einfluss psychotroper Substanzen (Capaldi und Neath 1995)
- Untersuchung zum zustandsabhängigen Erinnern (Goodwin et al. 1969):
 - Lernphase und anschließende Testphase im alkoholisierten und nüchternen Zustand
 - Unter Alkoholeinfluss gelernte Informationen können im alkoholisierten Zustand besser abgerufen werden als nüchtern. Dasselbe gilt für andere psychotrope Substanzen.

- Einfluss der emotionalen Verfassung auf die Gedächtnisleistung (Bower 1981)
- Das Vorliegen von effizienten Hinweisreizen für den Abruf einer Zielinformation kann das Auftreten von zustandsinduzierten Effekten beeinflussen:
 - freie Reproduktion → häufig stimmungsabhängige Effekte
 - Hinweisreize verringern die Wahrscheinlichkeit von stimmungsabhängigen Gedächtnisleistungen erheblich.
 - Beim Wiedererkennen häufiger keine stimmungsabhängigen Effekte, weil das Wort aus der Lernphase schon vorliegt und nicht mehr generiert werden muss (Eich, 1980)
- Alle Aspekte der Lernphase und Testphase können determinieren, welche Attribute der Lernsituation gespeichert werden (sogar Aufgabenstellung). Je größer die Übereinstimmung beider Mengen von Attributen (aus Lern- und Testphase), desto besser die Erinnerungsleistung.
- Es genügt dabei, sich den Kontextwechsel vorzustellen! (Smith 1979)
 - wird z.B. für Zeugenaussagen genutzt
 - kognitives Interview: möglichst viele Details vom Taghergang und der Umgebung, sowie Gefühle und Gedanken erinnern, auch wenn sie irrelevant sind.
 - kognitives Interview ist anderen Befragungstechniken überlegen: Es werden mehr richtige Elemente erinnert, ohne dass zugleich auch mehr falsche Information berichtet wird.
- **Interferenz und Vergessen**
- permanentes Gedächtnis: Alle gelernten Informationen bleiben für immer im Gedächtnis gespeichert
- 2. Position: Alte Gedächtnisinhalte können von neuen dauerhaft verändert oder überschrieben werden
 - empirische Klärung nicht möglich!
- Zwei Formen von *Vergessen*:
 - *proaktive Interferenz*: Altes dominiert/überlagert Neues
 - *retroaktive Interferenz*: Neues verdrängt/überschreibt Altes
- Untersuchung im Labor mittels *Paarassoziationsaufgabe*: Vergessen durch retroaktive Interferenz
 - (A-B, A-D)-Design; A,B,C,D Wortlisten jeweils in Paaren zusammengehörig
 - Beide Gruppen lernen zunächst A-B-Assoziation.
 - danach Experimentalgruppe: A-D-Assoziation und Kontrollgruppe: C-D-Assoziation
 - Abfrage der A-B-Assoziation
 - Abfall der Erinnerungsleistung in der Experimentalgruppe. Das Lernen der zweiten Liste (A-D) löst Interferenzprozesse aus, die das Abrufen der A-B-Liste erschweren.
 - Auch für proaktive Interferenzprozesse: Exgruppe: AD, AB; Kontrollgruppe: CD, AB; Test AB
- *Ursachen für Interferenz*: Klassische Interferenztheorie
 - 1) Leistungseinbußen beim Erinnern durch *Antwortwettbewerb*: Je mehr Antworten in Frage kommen, desto geringer die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Antwort
 - 2) Leistungseinbußen beim Erinnern durch das *Verlernen von Assoziationen*: Abschwächen der Assoziationsstärke, wenn eine neue Assoziation gelernt wird. Hier kann es jedoch zu einer spontanen Erholung kommen. Geringere Interferenzeffekte, wenn das Behaltensintervall zwischen dem Lernen der zweiten Liste und dem Gedächtnistest verlängert wird.
- Zweifel an 2): Beim Wiedererkennen eines vorgegebenen Reizpaares keine Interferenzeffekte
- zu 1); kritische Variable: Wie gut sagt ein Hinweisreiz A die Antwort B vorher?
 - Studie von Bower, Thomson-Shill, Tulving 1994:
 - Stimuli aus verschiedenen Kategorien; Betrachtung der Vorhersagegüte des Hinweisreizes
 - kongruente Bedingung: Wortpaare jeweils aus der gleichen Kategorie, d.h. der Hinweisreiz A sagt die Kategorie des Zielreizes B sicher voraus.
 - nicht-kongruente Bedingung: Wortpaare aus verschiedenen Kategorien → größerer Antwortwettbewerb → stärkere Interferenzeffekte
 - Interferenz durch Antwortwettbewerb und nicht durch Verlernen von Assoziationen
- *Interferenz durch Nachinformation*
- Verzerrung von Erinnerungen durch inkonsistente Nachinformation (Loftus et al. 1978)
 - abstraktes (A-B,A-D)-Design
 - Dia mit einem Verkehrsunfall (Auto A, Stoppschild B)

- Nachbefragung, Experimentalgruppe inkonsistente Nachinfo (Auto A, Vorfahrtsschild D)
Kontrollgruppe mit konsistenter Nachinfo (wieder A-B)
- Wiedererkennenstest: Zufallsfolge Welches Bild wurde gesehen? zur Auswahl A-B und A-D
→ Experimentalgruppe zeigt schlechte Erinnerungsleistung
- Vermutung: Integration der Gedächtnisspur der Nachinfo mit der Gedächtnisrepräsentation des ursprünglichen Ereignisses.
- Bekerian, Bowers 1983: Originalinfo nicht gelöscht, sondern nur momentan unzugänglich.
Ausgangspunkt: Kontexteffekte. Kontext kann auch durch die zeitliche Abfolge von einzelnen Ereignissen entstehen → zusätzliche Testbedingung mit Bildern in Originalreihenfolge der Lernphase
→ Bei eingehaltener Reihenfolge kein Unterschied zwischen konsistenter/inkonsistenter Nachinfo
- methodisches Problem: Loftus et al. fanden retroaktive Interferenz trotz Verwenden eines Wiedererkennenstests eines vorgegebenen Reizpaares.
- McCloskey, Zaragoza 1985: Selbst wenn keine Interferenz vorliegt (beide Gruppen erinnern sich gleich gut an die Originalinformation) könnte man den Effekt der Nachinformation beobachten.
Kontrollgruppe: 50% + 25% = 75% Experimentalgruppe: 50% + 12,5% = 62% richtige Antworten
→ Der Effekt der Nachinfo verschwindet, wenn dem kritischen Bild im Wiedererkennenstest ein neutraler Distraktor gegenübergestellt wird.
- Bei realen Zeugenaussagen muss frei reproduziert werden → deutliche retroaktive Interferenz
- **Gedächtnistäuschung:** wenn ein erinnertes Ereignis nicht mit dem Originalereignis übereinstimmt
- Problem der Ungenauigkeit von Gedächtnisinhalten; Untersuchung von systematischen Fehlern in Gedächtnisaufgaben zum Verständnis der Funktionsweise des Gedächtnisses
- Studie von Bartlett 1932 zur Untersuchung von Gedächtnisfehlern:
 - Indianersage "War of the Ghosts" reproduzieren
 - kürzere und weniger detailreiche Nacherzählung, Erfindung zusätzlicher Details
 - Sowohl das Speichern als auch das Abrufen der Info sind aktive Prozesse, die von Erwartungen und Vorwissen mitgeprägt sind; Abrufprozesse sind auch rekonstruktive Prozesse
 - Der Einfluss vorhandener Wissensstrukturen wird mit zunehmendem Behaltensintervall deutlicher
- *Schemata*: Erfahrungsbedingte Wissensstrukturen; Dynamische Strukturen, die auf unterschiedlichen Ebenen das Wissen einer Person repräsentieren.
- Wissensgeleitete Enkodierung von Information
 - Welche Aspekte einer vorliegenden Information enkodiert werden hängt stark von aktivierten Wissensbeständen und Erwartungen ab.
 - Bransford und Johnson (1972): unverständlicher Text, weil man nicht weiß worums geht.
 - Hälfte der Personen ohne Vorinfo: Texteingeschätzung als unverständlich, wenige Erinnerungen
 - Überschrift aktiviert Wissensbestände, die es erlauben die Information schon während der Aufnahme zu strukturieren und zu organisieren.
 - Der Gebrauch von Schemata kann die Gedächtnisleistung verbessern.
- Aber: Ereignisse, die mit dem Schema einer zu erinnernden Episode konsistent sind, werden häufig fälschlicherweise in Gedächtnistests berichtet.
 - z.B. Rechnung bezahlen bei einem Restaurantbesuch (Graesser, Woll, Kowalski 1980)
 - erinnerte Geschwindigkeit eines Autos in einem Verkehrsunfall abhängig von Formulierung
→ stark rekonstruktiver Charakter von Erinnerungen (Loftus, Palmer 1974)
- Deese (1959): Lernlisten aus Wörtern, die in Bezug zu einem kritischen Wort standen, das aber nicht in der Liste vorkam. Beim Reproduzieren wurde das kritische Wort sehr häufig genannt.
- Erweiterung des Experiments (Roediger, McDermott 1995):
 - fälschliche Erinnerung an das kritische Wort auch bei Wiedererkennenstests.
 - Erinnerungen basieren nicht auf Rate- sondern auf Gedächtnisprozessen. Das kritische Wort wurde mit großer subjektiver Sicherheit wieder erkannt.
 - Erinnern an spezifische Details der Präsentation (Remember- oder Know-Antworten)
→ überwiegend wurde die R-Kategorie gewählt
- Payne, Elie, Blackwell und Neuschatz 1996:

- Lernliste in einer weiblichen und einer männlichen Stimme vorgelesen
- Beim Erinnern zusätzlich Angabe des Geschlechts, aber nicht zwingend.
- Trotzdem ordneten 87% der Personen dem kritischen Distraktor eine Stimme zu
- Gedächtnisfehler weisen alle Charakteristiken echter Erinnerungen auf. Effekt ist so robust, dass er sogar auftritt, wenn die Versuchspersonen ausdrücklich darauf hingewiesen werden.
- *Aktivierungsausbreitungsmodelle*: (z.B. Collins, Loftus 1975)
 - Semantisches Gedächtnis besteht aus hierarchisch organisierten semantischen Netzwerken.
 - Wissensinhalte sind als wechselseitig verknüpfte Knoten repräsentiert.
 - Die mentale Verarbeitung des mit einem Knoten verbundenen Konzepts erhöht die Aktivierung des Knotens.
 - Diese Aktivierung breitet sich entlang der Verknüpfungen eines Knotens aus, so dass auch benachbarte Knoten eine Aktivierungserhöhung erfahren.
 - Bei Inaktivität sinkt die Aktivierung aller Knoten
- Erklärung von Priming-Effekten:
 - Kategorisierungsaufgaben; z.B. prime = Butter; Wort = Brot → lexikalische Entscheidung
 - Der Prime wird automatisch verarbeitet. Das Testwort erfährt über die durch den Prime verursachte Aktivierungsausbreitung auch eine Aktivierungserhöhung und kann dadurch schneller verarbeitet werden.
- Erklärung von Gedächtnisfehlern nach Deese-Paradigma: Alle Wörter der Lernphase sind mit dem kritischen Distraktor semantisch verwandt, wodurch dieser eine erhebliche Aktivierungserhöhung während der Lernphase erfährt. Folglich wird er als zur Lernphase zugehörig betrachtet.
 - nicht streng empirisch überprüfbar solange die genaue Topologie des Netzwerks und die Form der Aktivierungsausbreitung nicht bekannt sind.
- Alle Erklärungsansätze beruhen auf Interaktionen von episodischen Gedächtnisaufgaben mit semantischem Wissen der Person. Dies stellt die Systemorientierte Trennung zwischen episodischem und semantischem Gedächtnis von Tulving in Frage, wonach das semantische Gedächtnis bei episodischen Gedächtnisaufgaben gar nicht angesprochen wird.

Formale Gedächtnismodelle

- Minerva 2

Arbeitsgedächtnis

- modulares Modell von Baddeley und Hitch (1974, 1986)
 - zentrale Kontrolleinheit
 - zwei Subsysteme: phonologisch und visuell-räumlich
 - Erweiterung um episodischen Puffer 2000
- verbale Arbeitsgedächtnisleistungen werden stärker durch verbale Zusatzaufgaben als durch visuell-räumliche Zusatzaufgaben gestört. Bei visuell-räumlichen Gedächtnisleistungen ist es umgekehrt.

(Akustisch-)Phonologisches und visuell-räumliches Subsystem

- verbale Arbeitsgedächtnisleistungen werden stärker durch verbale Zusatzaufgaben als durch visuell-räumliche Zusatzaufgaben gestört. Bei visuell-räumlichen Gedächtnisleistungen ist es umgekehrt.
- Hinweise darauf, dass den angenommenen Subsystemen verschiedene neuronale Strukturen zugrunde liegen (Smith, Jonides 1997)
 - phonologische Aufgabe → erhöhte linkshemisphärische Aktivität im Broca-Areal präfrontalen Cortex und im posterioren Parietalcortex
 - vergleichbar angelegte visuell-räumliche Aufgabe → erhöhte rechtshemisphärische Aktivität im präfrontalen und prämotorischen Cortex und im posterioren Parietalcortex
- parallel konstruierte visuelle Aufgaben führen zu verschiedenen corticalen Aktivitätsmustern je nachdem, ob die Form oder die Position von Stimuli kurzfristig memoriert werden musste.

- *Phonologische Schleife*: Verarbeitung von artikulatorischen und akustischen Informationen.
- Visuell repräsentierte sprachliche Info (Schrift) wird beim Lesen in einen sprachbasierten artikulatorischen Code übersetzt und dann ebenfalls in der phonologischen Schleife gespeichert.
- Bereithaltung von artikulatorischen Infos in der phonol. Schleife durch subvokales Wiederholen. Wird dies unterdrückt, so zerfallen die Gedächtnisspuren innerhalb von 1-2 Sekunden.
→ *Kapazitätsgrenze*: alles, was nicht innerhalb von 2 Sekunden ausgesprochen werden kann muss vom Langzeitgedächtnis abgerufen werden oder ist verloren.
- *Wortlängeneffekt*: Die Anzahl der Wörter, die im Arbeitsgedächtnis gespeichert werden können, hängt von der Länge der Wörter ab → Aussprechdauer ist entscheidend
Längeres Artikulieren benötigt mehr Zeit, sodass weniger Information durch den artikulatorischen Kontrollprozess aufgefrischt werden kann. Offenes Aussprechen parallel zu einer Behaltensaufgabe eliminiert den Wortlängeneffekt, jedoch nicht den Effekt phonologischer Ähnlichkeit.
- *Effekt phonologischer Ähnlichkeit*: Ähnlich klingende Elemente sind schlechter kurzfristig in einer bestimmten Reihenfolge zu behalten als verschieden klingende → phonol. Repräsentationsformat
Wird auf Interferenz im passiven phonologischen Speicher zurückgeführt.
- weitere Unterteilung der Phonologischen Komponente in
 - *passiver phonologischer Speicher*: Zwischenlager für phonologisch kodierte Info; eng mit Prozessen der Sprachwahrnehmung verbunden
 - *artikulatorischer Kontrollprozess*: Auffrischen von phonologischen Infos; eng mit Prozessen der Sprachproduktion verbunden.
- *Effekt unbeachteter Sprache*: Aufgabenirrelevante Hintergrundgeräusche vermindern die Behaltensleistung für gelesene Wörter. Je sprachähnlicher akustische Hintergrundinformationen sind, desto schneller gelangen sie in den phonologischen Speicher (Baddeley 1986). Gesang stört also das kurzfristige Behalten mehr als Instrumentalmusik (Salamé, Baddeley 1989).
Bei größerer klanglicher Ähnlichkeit zwischen irrelevanter und zu behaltender Info fällt der Effekt unbeachteter Sprache größer aus, da sich diese Infos im phonologischen Speicher stärker stören.
- Der störende Einfluss unbeachteter akustischer Info ist weniger auf die Sprachähnlichkeit sondern vielmehr auf die Menge der Zustandsänderungen im unbeachteten Kanal zurückzuführen
Ein ununterbrochener Ton, der kontinuierlich verändert wird stört kurzfristiges Behalten nicht, aber wenn derselbe Klangverlauf durch Pausen unterbrochen ist wird die Störung deutlich (Jones 1993)
- *Visuell-räumlicher Notizblock*: Verarbeitung von visuellen Wahrnehmungen und Vorstellungen
 - Komponenten für Objektmerkmale: Farbe, Form etc.
 - Komponenten für räumliche Information
- Erweiterung *episodischer Puffer* (Baddeley 2000): Information in multimodalem Code repräsentiert
 - Manipulation und Verknüpfung von Information durch episodischen Puffer
 - kontrolliert durch zentrale Exekutive
 - zentrale Exekutive fügt Infos aus einer Vielzahl von Quellen zu einer einheitlichen episodischen Repräsentation zusammen. Kohärente Episoden bilden Bewusstsein
 - außerdem syntaktische und semantische Info ins Arbeitsgedächtnis einfließen lassen.
- Arbeitsgedächtnis könnte noch um weitere Module erweitert werden, z.B. kinästhetisches Modul

Zentrale Exekutive

- Steuerung der Subsysteme
- Vergabe von Verarbeitungsprioritäten, Unterbrechen von Routineprozessen, Überwachung von nicht-routinisierten Prozessen, Vergleich von Handlungsergebnissen mit Handlungszielen ...
→ Aufmerksamkeitssystem und Restkategorie
- Abgrenzung von Subsystemen auf funktionaler Ebene möglich
 - Addieren von Zahlen
 - Verbale und visuell-räumliche Zusatzaufgaben → keine Interferenz
 - Generieren einer Zufallszahlenfolge verursacht Störung
- neuronale Repräsentation der exekutiven Kontrolle häufig in Verbindung mit präfrontalem Cortex

Alternative Konzeptionen von Arbeitsgedächtnis

- Baddeley's Modell orientiert sich an der modularen Struktur des Arbeitsgedächtnisses
- Ausgangspunkt von Cowan (1995): Funktion des Arbeitsgedächtnisses
- *Cowan'sches Modell*: Ausgangspunkt der Arbeitsgedächtniskonzeption ist das Langzeitgedächtnis
 - Elemente innerhalb des LZG sind verfügbarer, wenn sie in aktiviertem Zustand sind.
 - Elemente werden aktiviert, wenn sie in einer kognitiven Operation verwendet werden.
 - Eine Untermenge der aktivierten Elemente befindet sich zu einem gegebenen Zeitpunkt im Fokus der Aufmerksamkeit
 - Arbeitsgedächtnis = alle aktivierten Elemente innerhalb und außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus
 - Verknüpfungen zwischen diesen Elementen können hergestellt und im LZG gespeichert werden
→ Lernen ohne Aufmerksamkeit möglich!
- Baddeley's Subsysteme sind hier verschiedene Formate innerhalb des aktivierten LZG
- zwei Funktionscharakteristika für alle Infos:
 - 1) Fokus der Aufmerksamkeit ist mehr durch die Kapazität als die Zeit begrenzt (4 El.)
 - 2) Das aktivierte Gedächtnis ist mehr durch die Zeit als die Kapazität begrenzt (10-20 Sek)
- Die Aktivierung wird über eine hypothetische zentrale Exekutive gesteuert. Außerdem kann über den *Mechanismus der Orientierungsreaktion* Aufmerksamkeit exogen gesteuert werden.
- Bei wiederholter Präsentation desselben Stimulus → Habituation (Gewöhnung)
erneutes Auftreten nach Pause führt zu Dishabituation und erneuter Aktivierung
(Befunde von Banbury und Berry 1997 zum Effekt irrelevanter Sprache mit Bürolärm)
- Cowan'sches Modell mit vielen empirischen Befunden kompatibel, viel versprechender Ansatz

Sensorisches Gedächtnis

- Schnittstelle zwischen Wahrnehmung und Gedächtnis; Register → Info in reizspezifischem Format
- *ikonisches Gedächtnis* und *Echogedächtnis* für visuelle bzw. akustische Modalität (Neisser 1967)
- Dissertation von Sperling 1960: Beginn der Forschung am ikonischen Gedächtnis
 - Wie viele Elemente einer für 50ms präsentierten 3x4-Matrix können anschließend korrekt berichtet werden? → Ø 4.32 Elemente, subjektiver Eindruck aber mehr
 - Unmittelbar nach Matrixpräsentation Tondarbietung, der zu reproduzierende Reihe anzeigt.
→ Ø 3.04 Elemente, d.h. 3 mal 3.04 müssen im ikonischen Gedächtnis gespeichert sein.
→ *Teilberichtsvorteil*
 - Teilberichtsvorteil verschwindet, je länger die Verzögerung mit der der Ton dargeboten wird
 - nach 250 – 500 ms kein Vorteil mehr → Zeitspanne für Info im ikonischen G max. 500 ms
- Teilberichtsvorteil stellt sich auch ein, wenn statt nach dem Ort nach einer Kategorie (Buchstaben oder Zahlen) gefragt wird (Merkle 1980)
- Verfeinerung: Zwei Phasen im ikonischen Gedächtnis:
 - 1) kurze (150-250ms) "echt" sensorische Phase
 - 2) bereits weitere Merkmale der visuellen Objekte repräsentiert
- Die Dauer der geschätzten Informationsspeicherung des ikonischen Gedächtnisses hängt von der Dunkeladaption der Augen ab → ein Teil des ikonischen G muss auf der Retina sein (Sperling)
- ikonische Repräsentation entspricht primal sketch von Marrs Ansatz (Coltheart 1983)
- Echogedächtnis: Infospeicherung für min 2s (Experiment von Treisman, 1964)
- Echogedächtnis besteht aus zwei Komponenten (Cowan 1984)
 - *kurzer auditiver Speicher* hält wenig analysierte spektrale Info für 150-350 ms bereit;
nachfolgende Stimuli überschreiben die spektrale Information vorangegangener Stimuli
 - *langer auditiver Speicher* hält Infos mindestens 2s (max sogar 20s) bereit.
Speicherung von Sequenzen (z.B. aufeinander folgende Sprachsignale), die nur teilweise interferieren (abhängig von der Ähnlichkeit der Stimuli)

Das Psychologische Experiment: Eine Einführung

1 - Psychologie als Wissenschaft

- Alltagspsychologie und Notwendigkeit geeigneter Methoden zur Prüfung von Behauptungen
- Alltagspsychologisches Wissen ist Mischung aus Richtigem und Falschem
- Leute neigen dazu, Infos und Daten zu ignorieren, die ihre Meinung/Erwartung widersprechen
- Es gibt keine geeigneten Methoden, auch nur annäherungsweise zu richtige von falschen Behauptungen zu trennen
- Wieso fallen solche Sachen im Alltag nicht auf?
 1. Vorhergesagtes Ereignis kann ohne Zutun eintreten (Medizinmann sorgt für Sonnenaufgang)
 2. Erwartetes Ereignis kann durch Handeln herbeigeführt werden (Legos für Jungen)
 3. Wahrnehmung/Erinnerung oft von Wünschen und Erwartungen verzerrt (Fische sind neugierig)
 4. Alltagspsychologisches Wissen oft nur als nachträgliche (Schein) Erklärung (Heirat nach unten)
- Rechtfertigung von Hypothesen im Alltag:
 - Stärke der subjektiven Überzeugung
 - Berufung auf anerkannte Autoritäten
 - Begründung durch Beispiele (gefährlich, weil höchst überzeugende Wirkung; Beim schätzen von subjektiven Wahrscheinlichkeiten spielt es eine Rolle, wie leicht wir Beispiele dafür finden)
- Wissenschaftliche Psychologie → Fehlerquellen neutralisieren
- Zwei globale Ziele:
 1. Sammlung von Tatsachenwissen (reine Beschreibung; gut für Hypothesenfindung)
 2. Erforschung von Gesetzmäßigkeiten (Erklärungen für Phänomene, Vorhersage)
- Hypothese: Vermutung über Gesetzmäßigkeiten; Vermutete Antwort auf eine Frage
- Expliziter Akt der Hypothesenbildung und kritische Überprüfung
- Beschreibung eines Einzelfalls nie vollständig, also nie voraussetzungslos
- Variable: Bezeichnung für beliebige Merkmale oder Eigenschaften
- Variablen mit sehr viele Abstufung auf weniger Stufen reduzieren; aber Informationsverlust
- Variablen: abstrakt (Operationalisierung nötig) oder beobachtungsnah
- Operationalisierung: Zuordnung von beobachtbaren Phänomenen zu abstrakten Variablen
- Variablenselektion: einige Vars auswählen andere irrelevante Vars vernachlässigen
- Unterschied zwischen Experiment und nicht-experimenteller Untersuchung zur Hypothesenprüfung: Versuchsleiter greift aktiv in das Geschehen ein

2 - Hypothesen

- Hypothese: beliebige Aussage, die provisorisch als wahr angenommen wird
- Theorie: System von Hypothesen (stimmt nicht)
- Entstehung von Hypothesen: keine Kochrezepte, geht nur durch intensive Beschäftigung mit Gegenstandsbereich; auch Alltagspsychologie spielt wichtige Rolle
- Gut für die Hypothesenfindung: Erkundungsuntersuchung (Sammeln von Daten)
- Aufstellen von Hypothesen ist auch kreativer Prozess
- Empirische Hypothesen: behaupten etwas über die Wirklichkeit → nur überprüfbar durch Vergleich mit der Wirklichkeiten (Datenerhebung notwendig)
- Empirische Hypothesenprüfung: (Sach-)Hypothese → 2 empirische Vorhersage → 3 Realisierung → Vergleich von Vorhersage und Wirklichkeit → 5 Ergebnis
- 2 Empirische Vorhersage: unter bestimmten Bedingungen tritt spezielles empirisches Ereignis ein. Ereignis kann in der Zukunft oder in der Vergangenheit liegen.
- 3 Realisierung: sind die in der Vorhersage formulierten Bedingungen erfüllt? (aktive oder passive Kontrolle durch Versuchsleiter/Beobachter)
- Hypothese kann nie isoliert geprüft werden. Immer Zusatzannahmen nötig (z.B. Aktenverlass...)
→ Immer Prüfung von Hypothese und Zusatzannahmen zugleich
- Ergebnis falsch → Hypothese oder Zusatzannahmen falsch oder beides

- *Hypothesenprüfung wird stets relativ zu theoretischen und faktischen Zusatzannahmen gemacht*
- Gewisser Allgemeinheitsgrad für Hypothesen wird vorausgesetzt → keine Singulärsätze
- Typen von Hypothesen: Unterscheidung für alle vorkommenden Variablen möglich
 1. universelle: strikt- und quasiuniversell: ohne Einschränkung, mit Einschränkung auf z.B. weibl.
 2. existenzielle: mindestens ein Fall
 3. über Anteile: z.B. 80% aller Menschen sind Rechtshänder (Zusammenhang stochastische H.)
 - probabilistisch: Sachverhalt gilt mit bestimmter Wahrscheinlichkeit
 - statistisch: Sachverhalt gilt für einen Anteil/Prozentsatz aller Fälle
- Zwei Fälle für Verifikation bzw. Falsifikation von Hypothesen
 - a) Alle Fälle können untersucht werden: Alle 3 Typen verifizierbar und falsifizierbar
 - b) Nur ein Teil der Fälle kann untersucht werden: unterschiedliche Konsequenzen für die 3 Typen
- Universelle H unter b): falsifizierbar → jedoch nicht 100% wegen Zusatzannahmen; nicht verifizierbar dafür aber bestätigt/bewährt → keine Methoden für Bestimmung des Bewährungsgrades
- Existenzielle H unter b): verifizierbar, nie falsifizierbar aber dafür Grade der Sicherheit
- H über Anteile unter b): weder falsifizierbar noch verifizierbar; Bewährungsgrad mit Statistik
- Meistens: Universelle Hypothesen unter b)
- *Verifikation und Falsifikation ist immer relativ zur Operationalisierung*
- Vorbedingung für die Überprüfbarkeit von Hypothesen:
 1. Widerspruchsfreiheit von Hypothese, Hintergrundtheorien und Zusatzannahmen: Hilfe beim Nachweise der Widerspruchsfreiheit: Übersetzung in formale Sprache
 2. Kritisierbarkeit: Ex mögl. Ergebnisse der Überprüfung, welche H falsifizieren oder BG absenken
"Kräht der Hahn auf dem Mist ändert sich das Wetter oder es bleibt wie es ist" → immun gegen Prüfung
 3. Operationalisierbarkeit: vorkommenden Begriffen können beobachtbare Daten zugeordnet werden
→ vage Begriffe schwierig zu operationalisieren → Kritisierbarkeit von H vermindert
- Hypothesenbildung immer vor der Prüfung bzw. dem Experiment
- **Qualitätskriterien** für H und Überprüfung
 1. Hoher empirischer Gehalt: wie informativ? Umso höher, je größer # Falsifikationsmöglichkeiten
Ziel: Hypothesen mit möglichst hohem empirischen Gehalt und andererseits hohem Bewährungsgrad
 2. strenge Prüfung: ernsthaft versuchen, H zu falsifizieren. H bei strenger Prüfung bestätigt → höherer BG als bei weniger strengen Prüfung
Beißhemmung fürs eigene Kind gilt nicht für andere; sozialer Kontext fördert strenge Überprüfung

3- Grundidee des Experimentierens

- Experiment: Versuchsleiter greift aktiv und gezielt ins Geschehen ein
- Zwei Bedingungen:
 1. VL variiert systematische mindestens eine Variable (UV) und registriert Effekt
 2. VL schaltet die Wirkung andere Variablen aus (Kontrolle von Störvariablen)
- Experiment: Erforschung von Ursache-Wirkung (Kausalität)
- Nicht-experimentelle Forschung auch wichtig: bei vielen Fragestellungen ist der VL nicht in der Lage, aktiv eine Variable zu verändern. (Praktische oder ethisch/moralische Gründe)
- Beide Forschungsmethoden sind für verschiedene Aufgabenbereiche und ergänzen einander
- Typen von Variablen
 - UV: Behandlung; Stufen der UV = experimentelle Bedingung (UV muss mind. 2 Stufen haben)
 - AV: bei AV soll der Effekt der UV beobachtet werden
 - Störvariable: Variablen, die Effekt auf AV haben könnten, der aber nicht untersucht werden soll
 - Moderatorvar: Merkmal einer Person/Situation, von dem die Gültigkeit einer Hypothese abhängt
→ wichtig für die Generalisierung eines Ergebnisses
- *Definition: Bei einem Experiment variiert der VL aktiv mindestens eine UV und beobachtet den Effekt dieser Veränderung an mindestens einer AV. Gleichzeitig schaltet er Wirkung von Störvariablen aus.*
- Kontrolle von Störvariablen:
 1. Konstanthalten → Wirkung neutralisiert: nicht bei allen Störvariablen möglich (Bsp. Sympathie); nicht immer sinnvoll: Probleme bei der Verallgemeinerung des Ergebnisses (Bsp. Intelligenz)

2. Zufällige Kombination möglichst vieler verschiedener Störvariablen mit der UV:

Nachteil: Zufall manchmal unsicher → deutlich ungleiche Gruppen

- Einteilung verschiedener Arten von Experimenten nach Ziel, #UVn, #AVn, Labor- und Feld, Internet, Echt oder Quasi
- nach Ziel: Prüffexperiment, Erkundungsexperiment (pilot study), Vorexperiment (zur Erprobung der Durchführung/Operationalisierung... eines Prüf- oder Erkundungs-Experiments)
- #UVn: einfaktorische, mehrfaktorische
- #AVn: univariate, multivariate (z.B. RT und Entscheidungssicherheit; oft einzelne Auswertung)
- Labor vs Feld: Kontrollierte Bedingungen vs natürliches Umfeld
Labor: bessere Kontrolle über Störvariablen und Operationalisierung von UV und AV; Nachteil: Generalisierbarkeit auf natürliche Situationen (kritische Variablen mit einbeziehen!)
Feld: nicht-experimentell → Feldstudie; Ergebnis direkt verwertbar; Nachteile sind klar
- Internet: gesamter Ablauf programmiert, Aufruf von Vp per Internet; kein direkter Kontakt mit VL + #Vpn; kein VL-Erwartungseffekt; standardisierter Ablauf; passender Zeitpunkt für Vpn
 - Selbstselektion; Angaben der Vpn nicht prüfbar; mehrmalige Teilnahme; Störvariablen nicht kontrollierbar; Abbruch des Experiments durch Vpn ohne Begründung möglich
- Quasiexperiment: 2. Bedingung nicht erfüllt (keine Kontrolle von Störvariablen) → Betriebspsycho
Meistens kann VL die Vpn nicht zufällig den Stufen der UV zuweisen

4 - Die wichtigsten Schritte bei einem Experiment

1. *Fragestellung*: Zu Beginn vage, wird nach und nach präzisiert während man sich mit bisherigen theoretischen und empirischen Forschungsergebnissen beschäftigt.
 2. *(Sach-) Hypothese*: Regeln zur Formulierung beachten
 3. *Operationalisierung*: Situationen auswählen, die leicht realisierbar und für die Vpn neu sind;
 4. *Versuchsplan*: logischer Aufbau des Versuchs in Hinblick auf die Hypothesenprüfung; Einteilung in Experimental und Kontrollgruppe etc.
 5. *Kontrolle der Störvariablen*: Wirkung anderer Variablen neutralisieren; Konstanthalten; Variieren
 6. *Stichprobe*: Anteil der Gesamtmenge, für die die Hypothese Geltung beansprucht; Auswahl der Vpn (repräsentativen Querschnitt aus der Gesamtbevölkerung); Größe (abhängig von erwarteten Gruppenunterschieden und Variation der Vpn)
 7. *Empirische Vorhersage und Statistische Hypothese*: konkrete Vorhersage, abgeleitet von Sachhypothese; Statistik zur Trennung der systematischen Wirkung der UV von unsystematischen Wirkungen der zufälligen Störvariablen → statistische Hypothese (über Mittelwert, Varianz...)
 8. *Durchführung*: detaillierter Ablauf der Untersuchung, welche Hilfsmittel und Geräte, Datenaufzeichnung, Behandlung der Vpn, Instruktion der Vpn, Probelauf!
 9. *Auswertung der Daten*: Prüfung der statistischen Hypothese → Annahme oder Verwerfung
 10. *Schluss auf die Sachhypothese*: Nicht nur Ergebnis der Prüfung, auch Qualität der Operationalisierung, wie gut wurden Störvariablen kontrolliert etc.
 11. *Diskussion*: Vorzüge und Fehler; Möglichkeiten einer Verbesserung
 12. *Bericht*: Zugang für andere Wissenschaftler
- **Operationalisieren**: empirisch beobachtbaren Indikator für Begriffe der Hypothese finden
 - Information mithilfe der Operationalisierung: Datum (Daten)
 - Konstruktvalidität (Güte der O): generelles, fachliches und nichtfachliches Hintergrundwissen nötig → schlechte Operationalisierung eines Begriffes macht Hypothesenprüfung wertlos
 - Häufig stellt sich später erst raus, dass unterschiedliche Operationalisierungsmöglichkeiten einer Vars in Wirklichkeit Indikatoren für verschieden (verwandte) Vars sind (Bsp. Intelligenzforschung)
 - Je abstrakter ein Begriff desto indirekter die O (mehr Hintergrundwissen erforderlich)
 - O-Techniken (Methoden der Datengewinnung): 4 Gruppen in Psycho
 - wissenschaftliche Beobachtung (oft mit komplizierten Geräten) → in allen empirischen Wissensch.
 - 1 Verhaltensbeobachtung: Individuen oder Gruppen
 - 2 Befragung: mündlich, schriftlich, mehr oder weniger strukturiert

- 3 Test: der Vpn unter stand. Bedingungen stand. Reize vorgeben; Vergleich der Reaktionen der Vpn
- 4 Analyse von Verhaltensspuren: z.B. Zeichnungen, Briefe, Fotos, Tagebücher ...
- O-Techniken können auch kombiniert eingesetzt werden
- **Messen:** Ausdrücken von Intensitätsgraden von Vars durch Zahlen; Zuordnung von Skalenwerten
- Problemkreise:
 - 1) Repräsentationsproblem: Messbarkeit einer bestimmten empirischen Variable
 - 2) Eindeutigkeitsproblem: welche Freiheit besteht in der Zuordnung der Skalenwerte, d.h. wie können die Skalenwerte transformiert werden, ohne dass sich das Verhältnis ändert?
 - 3) Bedeutsamkeitsproblem: Aussage über Skalenwerte ist bedeutsam, wenn ihr Wahrheitswert bei allen zulässigen Transformationen unverändert bleibt. Große praktische Relevanz bei Analyse von Messdaten! Jedes statistische Verfahren setzt bestimmtes Skalenniveau voraus
 - 4) Skalierungsproblem: betrifft konkreten Messvorgang; Konstruktion von Skalenwerten
- Zu 2) Eindeutigkeitsproblem:
 - *Skalenniveau:* Menge der zulässigen bzw. nichtzulässigen Transformationen; abhängig von Eigenschaften der Variablen, Operationalisierungstechnik und Skalierungsmethode
 - Nominalskala: gleich oder verschieden (alle Kategorisierungen: Geschlecht, Blutgruppe...)
 - qualitative Variablen, eindeutige Transformationen zulässig; Chi², Logit-Analyse ...
 - Ordinalskala: gleich/ungleich, größer/kleiner → komparative Variablen (Ranreihen, Testwerte...)
 - alle Transformationen, die die Ordnung unverändert lassen; Median, Rankkorrelation, Wilcoxon-T
 - Intervallskala: Verhältnis von Intervallen zwischen Skalenwerten; 0Punkt + Einheit willkürlich fest
 - (Celsius/Fahrenheit Temperaturskala, Standardtestwerte (IQ)); metrische Skala
 - lineare Tranf. zulässig (+k oder *+k); also jede welche die Einheit und/oder 0Punkt verändert alle statistischen Verfahren, die auf arithmetischem Mittel beruhen: t-Test, Varianzanalyse, Korrel.
 - Verhältnisskala (Rationalskala): Verhältnis von Skalenwerten; Einheit willkürlich festgelegt, Nullpunkt durch eine Theorie bestimmt (Bsp: RT, Länge, Gewicht, Geldbeträge) alle stat. Verfahren
 - alle Transf., die nur die Einheit verändert, nicht aber den Nullpunkt → Multiplikation mit +k
 - Absolutskala: natürlichen Mittelpunkt und natürliche Einheit; keine Transformation erlaubt; Beispiel: alle Elemente einer Menge, Mitglieder einer Gruppe → alle statistischen Verfahren
- *Validität* betrifft Operationalisierungsgüte, *Reliabilität* Zuverlässigkeit (Genauigkeit) der Messung
- Messung einer Variable setzt brauchbare Operationalisierung voraus, aber nicht umgekehrt
- **Versuchsplan:** logischer Aufbau einer empirischen Untersuchung hinsichtlich der H-Prüfung
- Vorhermessung: Messung der AV vor Realisierung der jeweiligen UV-Stufe
 - + Gruppenunterschiede feststellbar; Veränderung der AV aus Differenz von Vorher-/Nachhermessg
 - Kosten, nicht immer möglich, Vorhermessung kann Nachhermessung beeinflussen
- Experimentalgruppe: Realisierung der Stufe der UV, die den VL interessiert
- Kontrollgruppe: zum Vergleich; Kontrolle von Störvariablen
- Experimentelle Bedingung kann nicht immer rückgängig gemacht werden → 2 Gruppen nötig
- **Kontrolle von Störvariablen**
- Störvariablen der Vpn
 - 1) Parallelisieren (matching): Messg der SV bei Vpn → Øwerte mögl. ähnlich in beiden Gruppen
Nachteil: Aufwand; SV muss gemessen werden und bekannt sein → gut für kleine Stichproben
 - 2) Randomisieren: durch Zufall per Los, Münzwurf, Zufallszahlen → immer 2 gleichzeitig aufteilen
+ SV muss nicht bekannt sein; - ungleiche Gruppen möglich → bei großen Stichproben gut
- Störvariablen der Untersuchungssituation:
 - 1) Elimination: SV völlig ausschalten; nicht bei allen möglich
 - 2) Konstanthalten: alle Vpn gleichermaßen ausgesetzt; heißt nicht, dass SV auch gleich wirkt; kann Auswirkung auf die Verallgemeinerung der Ergebnisse haben
 - 3) Zufallsvariation: aber nicht parallel mit der Variation der UV; SV zufällig den Vpn zuordnen →

erhöht die Generalisierbarkeit des Ergebnisses

4) Kontrollgruppe: wenn beide Stufen der UV interessieren ist eine die K-gruppe für die andere

- Veränderungen der Einflüsse zwischen den Zeitpunkten
- Reaktiver Effekt der Vorhermessung: Neutralisierung durch Kontrollgruppe
- *Konfundierung*: SV variiert systematisch mit der UV z.B. weil sie nicht bekannt ist
 - Wirkung kann nicht auf UV zurückgeführt werden, da nicht von SV trennbar (Bsp: Chunking)
- Also geplante Untersuchung vorher mit kritischen Fachkollegen durchsprechen

- **Stichprobe**: mit Schichtung ohne Zufall → Quotenstichprobe (Meinungsumfragen)
 - Mit/Ohne Zufallsauswahl
 - Mit/Ohne Schichtung: Stichprobe spiegelt Verteilung in der Gesamtpopulation auf Var wider

- Empirische Vorhersage: wird dann mit den empirischen Daten verglichen
- **Statistische Hypothese** und Verfahrensauswahl immer vor dem Experiment!
- Statistik ist Mittel, um die Variabilität der AV-Werte, die von Störvariablen und Messfehlern herrühren von den systematischen Unterschieden zu trennen, die durch die Veränderung der UV verursacht werden.
- 1. Schritt: Auswahl eines geeigneten statistischen Verfahrens: Was prüfen unter welchen Voraus.
- Nullhypothese behauptet keinen Unterschied

- **Versuchsablauf**: Begrüßung, Instruktion, Einführung der jeweiligen UV Stufe, Operationalisierung der AV, Verabschiedung der Vpn
 - Gruppenversuch: Ökonomischer aber zusätzliche Störvariablen
 - Einzelversuch: aufwendig aber Vpn ernster
 - Anwärmphase (Adaption) für Vpn um Unsicherheit abzubauen
 - Hypothese für Vpn unbekannt!

- **Instruktion**: immer in gesprochener Sprache formulieren; aktive Form; vor Versuchsbeginn testen
 - allg. Zweck des Experiments
 - klare Anweisung und Ankündigung was passiert
 - welches Ziel soll von Vpn angestrebt werden
 - Kontrolle ob Instruktion verstanden wurde

- **Validität eines Experiments**:
 - 1) Interne V: wie gut wurden Störvariablen kontrolliert
 - 2) Externe V: inwieweit kann das Ergebnis auf andere Vpn, Operationalisierung, etc. verallgemeinert
 - 3) Konstrukt V: Operationalisierung
 - 4) V statistischer Schlussfolgerungen: angewandtes Verfahren gerechtfertigt? Skalenniveau erreicht?

5 - Versuchspläne mit mehr als zwei Gruppen

- **Einfaktorielle** (eine UV mit mehreren Stufen): Hauptsächlich Hypothesen, die Behauptungen über Unterschiede aufstellen oder Rangreihen in der Wirksamkeit von UV-Stufen
- **Multifaktorielle**: Oft mehr als eine Ursache für eine bestimmte Wirkung → Erforschung der Wirkung mehrerer UVn zugleich in einem Experiment
 - Stufen der verschiedenen UVn werden miteinander kombiniert
 - jede Kombination: experimentelle Bedingung (genauso viele Experimentalgruppen)
 - Darstellung der exp. Bed. in Matrix; Anzahl der UVn Grenzen gesetzt (Zumutung für Vpn)
 - Benennung: 3x3 Versuchsplan → 2UV mit jeweils 3 Stufen
- **Haupteffekt**: Wirkung einer UV
- **Interaktion** zwischen zwei UVn: Wirkung der einen ist nicht unabhängig von der anderen UV bei zweifaktoriellen: 3 Hypothesen (2x Haupteffekt, einmal Interaktion) → Ergebnisse über Effekte, zu denen man keine Hypothesen hat dürfen nur zur Beschreibung oder Hbildung genutzt werden

- Mehrfaktorielle Pläne erlauben komplexe Beziehungen zwischen Variablen zu erforschen

6 - Störvariablen bei mehreren experimentellen Bedingungen pro Vp

- Quelle wichtiger Störvariablen: Reihenfolge der UVs
- VP muss nicht alle sondern nur mehrere experimentelle Bedingungen durchmachen
- *Positionseffekt* (Stellungseffekt): SV, die durch Position in der Reihenfolge der experimentellen Bedingungen bestimmt ist. Z.B. Ermüdung
- Vollständiges Ausbalancieren: alle möglichen Reihenfolgen testen; neutralisiert über alle VPn; Anzahl Reihenfolgen wächst mit $n!$ → Viele VPn benötigt
- Unvollständiges Ausb.: Zufallsauswahl aus allen Reihenfolgen; neutralisiert über alle VPn
Spiegelbild → abcba für alle VPn → neutralisiert für jede einzelne VPn aber zwei Voraussetzungen:
1 jede eB muss zweimal durchführbar sein 2 Positionseffekt muss linear sein (muss getestet werden)
Lateinisches Quadrat: so viele Reihenfolgen wie experimentelle Bedingungen; neutralisiert über alle VPn hinweg; Position der einzelnen eBs wird als UV eingeführt!
- *Carry-Over Effekt* (Übertragungseffekt): frühere experimentelle Bedingung beeinflusst eine nachfolgende inhaltlich; z.B. Verwöhnung wenn vorher mit nachher ohne Belohnung, oder wenn a Hinweis auf zu lösendes Problem in b gibt
- Wenn man Ursache für CO-Effekt kennt: Umgestaltung der Aufgabe falls möglich
- Jede VPn nur eine einzige exp. Beding. oder möglichst viel Zeit zwischen den Bedingungen
→ keine Lösung für CO-Effekt

7 - Störvariablen aus der sozialen Situation des Experiments

- **Störvariablen seitens des VLs**: Geschlecht, Sympathische Wirkung auf VPn, Verhalten bei Begrüßung und Instruktion, Ermüdung, Erwartung
- *VL-Erwartungseffekt* (Rosenthal Effekt): VL kann VPn unbeabsichtigt im Sinne seiner Erwartungen beeinflussen; zentrale Rolle spielt nonverbales Verhalten: Gestik, Gesichtsausdruck, Betonung...
- Experiment mit Ratten: 12 VLs in 2 Gruppen (parallelisiert nach Vorliebe für Ratten) Ratten aus homogener Zucht; pro VL 5 Ratten: Gruppe I Instruktion "Ratten sind intelligent", Gruppe II Instruktion "Ratten sind dumm"; AV = Lernerfolg der Ratten
Ergebnis: angeblich intelligente Ratten lernten besser als angeblich dumme; liegt an Umgang der VLs
- Vor allem auf Schule übertragbar, wo Kinder mit entsprechender Etikettierung ankommen
- Übertragung auf Psychotherapie: z.B. unterstellter Ödipus-Komplex!
- Effekt kommt nur unter bestimmten Bedingungen zum Tragen:
 - VL muss für jeden VP eine Erwartung bilden und in bestimmten Verhalten ausdrücken → Schulung
 - VP muss wissen, auf was sich dieses Verhalten bezieht und sie muss beeinflussbar sein
- **Kontrolle** des Rosenthal-Effekts:
 - 1) *Standardisierung der Versuchsbedingungen* (z.B. Instruktion auf Video)
 - 2) *Ausschalten des VL*: z.B. in kritischen Phasen VL durch Fragebogen oder Computer ersetzen
 - 3) *Training des VL*: v. a. nonverbales Verhalten; Anfälligkeit des VLs testen
 - 4) *Manipulation der Erwartung des VL*: bei mehreren VLs; VL für Operationalisierung ungleich VL für exp. Bedingungen; VL für Operationalisierung wird getäuscht, z.B. Vertauschen von Teilen der Experimental- und Kontrollgruppe; alternativ: Einführung einer Erwartungsgruppe: Behandlung wie Kontrollgruppe aber VL denkt Behandlung wie Experimentalgruppe
 - 5) *Blind- und Doppelblindversuch*: bei mehreren VL: VL weiß nicht welches Kontroll- und welches die Experimentalgruppe ist; wenn VP auch nichts weiß → Doppelblindversuch (Placeboeffekte gut!)
- **Störvariablen der VP**: Erwartung (Wirkung, Aufforderungsvars, Erwünschtheit) und Motive
 - 1) E, wie exp. Bedingung wirkt: z.B. Beruhigungsmittel; v.a. wenn VP weiß, welche anderen Bedingungen es gibt → Lösung: VP im Unklaren lassen: z.B. Kinder beobachten, aber in echt Eltern
→ insbesondere für Placebo-Effekt wichtig!
 - 2) E aufgrund von Aufforderungsvariablen: z.B. Formulierungen in Instruktion, Paniktaste etc.
 - 3) E über soziale Erwünschtheit von Verhalten: wenn soziale Normen und Werte involviert sind
- Motive der VPn für Teilnahme oder Nichtteilnahme; Gefahr des Boycotts

- Motive, die das Verhalten beeinflussen:
 - Kooperation, Nichtkooperation: Ziel ist kooperative Vp, die die Hypothese nicht kennt
 - Testangst, Bewertungsangst: z.B. durchschaut zu werden; Entschärfung durch Aufklärung
 - Bedürfnis nach sozialer Anerkennung: Guckst du GZSZ? Nein (gelogen!) → Aufklärung

8 - Quasiexperimente

- UV systematisch variierbar aber Störvariablen nicht kontrollierbar → UV und Störvariable konf.
 - Abschätzen, wie stark der Einfluss der unkontrollierten SV ist
- wichtiges Werkzeug für Untersuchungen im Feld
- Versuche mit nichtäquivalenter Kontrollgruppe, z.B. Schulklassen oder Zweigwerke mit Prämien
- Zeitreihenversuchspläne: Messung der AV zu mehreren Zeitpunkten → Vergleich von mehr als zwei Punkten möglich und damit sicherer Isolation der Wirkung der UV
 - Auch bei Quasi-Experimenten muss eine Alternativerklärung durch SVs ausgeschlossen werden.
- Einzelfall-Versuchsplan mit Revision (ABAB-Plan): nur eine Vp; Bsp. Mit Jungen, der selbstbeschädigendes Verhalten zeigt: jede Periode dauert einige Tage, A=keine Therapie, B=Therapie
 - Therapie = Händchenhalten und Handentzug als Bestrafung
 - geht nur, wenn Einführung einer UV Stufe 2 keine irreversible Veränderung bewirkt; ethische Probl

9 - Ethische Probleme

- Schädigung oder Täuschung einer VP
- unfreiwillige Teilnahme und Verletzung der Vertraulichkeit oder des Datenschutzes
- Lösung bzw. Entschärfung dieser Probleme nicht immer möglich → Absicherung