

Bistabile Wahrnehmung (Bistable Perception)

Definition:

Bistabile Wahrnehmung beschreibt das Phänomen einer Veränderung der (bewussten) Wahrnehmung ohne eine Veränderung des Stimulus-Materials

Das zeigt uns:

1. Unsere Wahrnehmung wird nicht nur durch das dargebotene Stimulus-Material erklärt
2. Die sensorische Analyse erfolgt getrennt von der (bewussten) Wahrnehmung

Anwendung:

1. Hilfsmittel für das Erforschen von Wahrnehmungsselektion und -organisation (perceptual selection and organisation)
2. Hilfsmittel für das Erforschen (der neuronalen Korrelate) des Bewusstseins
3. Hilfsmittel für das Erforschen visueller und psychiatrischer Erkrankungen

Formen bistabiler Wahrnehmung:

Bistabile Wahrnehmung in der Optik

1. Kippbilder / Kippfigur (reversible/ambiguous figures)

Ein Bild, das auf (zwei) verschiedene Weisen interpretiert werden kann. Es kommt dabei zu einem Konflikt in der Verarbeitung einer Kategorie.

Beispiele:

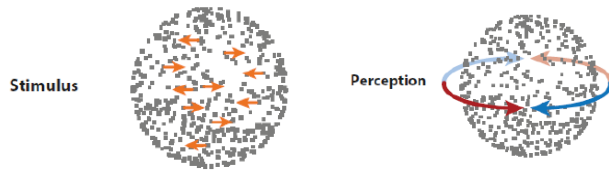
- a) "My wife and my mother in law" (Boring): Konflikt bzgl. der Konturen
- b) Face-Vase (Rubin): Konflikt bzgl. des Hintergrunds (Was ist Hintergrund, was Vordergrund?)
- c) Necker-Würfel: Konflikt bzgl. der Tiefenwahrnehmung (Was ist vorne, was hinten?)

2. Mehrdeutige Bewegungsdarstellungen (ambiguous motion displays)

Es entsteht die Illusion, dass sich die Bewegungsrichtung ändert.

Beispiele:

- a) Ambiguous plaid motion
Es werden nach oben rechts bewegende und nach oben links bewegende Streifen übereinandergelegt. Die Wahrnehmung dieser Bewegungsrichtungen verändert sich zwischendurch und es wird eine Aufwärtsbewegung eines Karomusters wahrgenommen
- b) *Structure from motion*
Es wird eine Form aus sich nach rechts und links bewegenden Punkten dargestellt. Die Rotationsrichtung (im Uhrzeigersinn vs. gegen den Uhrzeigersinn) wechselt bei längeren Betrachtungen hin und her.



c) *Lissajous figure*

d) *Motion-induced blindness*

Phänomen, bei dem ein kleines, aber markantes Objekt, das von einem globalen Bewegungsmuster umgeben ist, aus der visuellen Wahrnehmung verschwindet und erst nach einigen Sekunden wiedererscheint.

3. **Binokulare Rivalität** (binocular rivalry)

Wenn jedem Auge gleichzeitig ein anderes Bild gezeigt wird (dichoptische Stimulation / dichoptic stimulation) und sich die Bilder zu einem ausreichenden Ausmaß unterscheiden, werden nicht beide Bilder wahrgenommen, sondern in einem spontanen Wechsel entweder das eine oder das andere Bild. Dieser spontane Wahrnehmungswechsel wird binokulare Rivalität genannt.

Methoden:

- a. Spiegelstereoskop (mirror stereoscopes)
- b. Filterbrillen (filter goggles): Brille mit unterschiedlich farbigen Gläsern
- c. Shutterbrillen (shutter glasses): 3D-Brille, bei der entweder das eine oder das andere Auge abgedunkelt werden kann
- d. Prismen (prisms)
- e. Head-Mountain Displays

Bistabile Wahrnehmung in anderen Sinnesmodalitäten

1. **Auditorische Rivalität:**

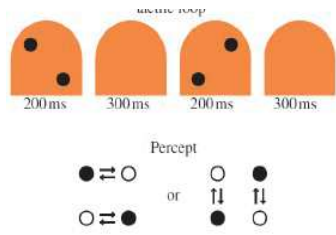
- a) *Verbal transformation effect*: Wenn man ganz oft das Wort „life“ wiederholt, hört man zwischendurch das Wort „fly“
- b) *Auditory streaming paradigm*: Es werden zwei Töne (A und B) gleichzeitig, aber in unterschiedlichen Abständen dargeboten. Es kommt zu einem spontanen Wechsel der Wahrnehmung zwei verschiedenen Rhythmus: Galopp (A,B) oder Reihe von Tönen (A,A,A – B,B,B)

2. **Olfaktorische Rivalität**

Es werden in jedem Nasenloch unterschiedliche Gerüche präsentiert. In spontanen Wechseln wird ist manchmal der eine dominant und wird wahrgenommen, manchmal der andere.

3. **Taktile Rivalität** (*Beispiel*: Ambiguous motion quarted in touch)

Paare 200ms langer taktiler Reize (z.B. Vibration) werden nacheinander, mit einem Abstand von 300ms auf einem Finger-Pad präsentiert. Die Position jedes aufeinanderfolgenden Reizpaares



wechselt zwischen den sich diagonal gegenüberliegenden Ecken des quadratischen Stimulationsfelds. Die Stimulationssequenz wird von Probanden als Bewegung interpretiert, wobei spontan wechselnd entweder eine vertikale oder horizontale Bewegungsrichtung wahrgenommen wird.

Gemeinsamkeiten binärer Wahrnehmung

- 1) Es kann immer nur ein Perzept, nicht beide gleichzeitig wahrgenommen werden (**mutually exclusive**)
- 2) Es findet immer ein Wahrnehmungswechsel zwischen den Perzepten statt (**Alternating**)
- 3) Die Wahrnehmungswechsel sind zufällig d.h. es ist nicht vorhersagbar, wann es zu einem Wechsel kommt. Die Verteilung der Dominanzdauer ist dabei in der Regel rechtsschief (=linkssteil) ähnlich einer Poisson-Verteilung, d.h. es kommt häufiger nach einer kurzen Zeit zu einem Wechsel, als nach langer Zeit (**Stochastic & right skewed**)
- 4) Die Verteilung der Dominanzdauer ist über verschiedene Trials intraindividuell relativ stabil, unterscheidet sich aber zwischen Personen.

Mechanismen von Wahrnehmungswechseln

- 1) **Wechselseitige Inhibition** (mutual inhibition):
Neuronenpopulationen, die jeweils eine mögliche Stimulus-Repräsentation repräsentieren, konkurrieren um Dominanz, wobei der „Gewinner“ die Aktivität der Verlierer-Repräsentation inhibiert/hemmt.
→ Erklärt die Exklusivität der Wahrnehmung
- 2) **Anpassungsmodell** (adaption model)
Die neuronale Repräsentation des zurzeit dominanten Stimulus wird über die Zeit aufgrund langsamer Anpassung abgeschwächt. Dabei reduziert sich der inhibitorische Effekt auf die derzeit schwächere, nicht-dominante Repräsentation, sodass diese irgendwann die Oberhand gewinnt. Es kommt zu einem Wahrnehmungswechsel.
→ Erklärt, warum es zu einem Wechsel der Wahrnehmung kommt
- 3) **Noise-Modell**
Auch neuronales Rauschen kann dazu führen, dass es plötzlich zu einem Wechsel der Dominanz kommt
→ Erklärt, warum die Wahrnehmungswechsel nicht vorhersagbar sind

In den Modellen wechselseitiger Inhibition, können keine klaren Aussagen darübergemacht werden, auf welchen Ebenen der Verarbeitung es zur Rivalität kommt

- frühe eye-based Rivalität vs. späte pattern-based Rivalität
- bottom up (dezentral) vs. top-down (zentral) Rivalität
- Aktuell wird eher ein angenommen, dass es nicht nur auf einer, sondern auf verschiedenen Ebenen der (visuellen) Informationsverarbeitung zur Rivalität kommt, die zusätzlich von auch feedforward und feedback Interaktionen beeinflusst wird (*Multistage models*)

Zeitliche Dynamiken bistabiler Wahrnehmung

Die meisten Paradigmen zur bistabilen Wahrnehmung erfassen über die Dauer eines Trials wann welcher der beiden möglichen Stimuli wahrgenommen wird. Dabei können unterschiedliche zeitlichen Maße berechnet werden:

- a) **Wechselrate** (reversal rate): Anzahl an Wahrnehmungswechseln pro Sekunden. Wird berechnet indem die Anzahl an Wahrnehmungswechseln durch die Dauer des Zeitintervalls geteilt wird. (z.B. Bei 25 Wechseln in 65 Sekunden: $25/65 = 0,38$ Hz)
- b) **Kumulative Dominanz** bzw. Proportion der Dominanz: Kumulierte Wahrnehmungsdauer eines Stimulus über den gesamten Trail (z.B. insgesamt wird Stimulus A 65 Sekunden wahrgenommen)
- c) **Durchschnittliche Dominanzdauer** (mean dominance duration): Für jeweils einen Stimulus werden die Dauer einer Wahrnehmungsphase (x-Achse) und die relative Häufigkeit (y-Achse) ins Verhältnis zueinander gesetzt. Im Diagramm ist zu erkennen, wie häufig der Stimulus wie lange wahrgenommen wurde, bevor es zu einem Wechsel kam.

Faktoren, welche die bistabile Wahrnehmung beeinflussen

1. Stärke der Stimuli

2. Priming-Effekte

Sowohl natürliche Biases, als auch vorherige Erfahrungen können die bistabile Wahrnehmung so beeinflussen, dass eine der beiden möglichen Interpretationen des Stimulus häufiger wahrgenommen wird als die andere

- a) Es wird angenommen, dass Biases die natürlichen, umweltbedingten Statistiken, welche in das visuelle System integriert wurden, widerspiegeln.

Beispiel: Necker-Würfel

Da wir Würfel in der „Natur“ häufiger von oben, als von unten sehen, wird beim Necker-Würfel häufiger die von-oben-Interpretation, als von-unten-Interpretation wahrgenommen

- b) Biases können auch dadurch entstehen, dass manche Interpretationen für unser Verhalten relevanter sind als andere

Beispiel: Looming motion (Parker & Alais, 2007)

Bei der binokularen Rivalität wird ein Reiz, der sich auf uns zu bewegt (looming), häufiger bewusst wahrgenommen als ein Reiz, der sich von uns weg bewegt (receding), da dies aufgrund einer möglichen Bedrohung relevanter für uns ist

3. Sensorischer bzw. sensomotorischer Kontext

Der Kontext in dem die Stimuli präsentiert werden, kann die bistabile Wahrnehmung beeinflussen

I. Räumlicher Kontext bei der visuellen Wahrnehmung (sensory spatial context)

- a) **Sobel & Blake** (2002)

????

- b) *Kovacs et al.* (1996)

Den Probanden wurden auf beiden Augen gleichzeitig unterschiedliche Bilder gezeigt (Binokulare Rivalität), wobei es zwei Gruppen gab:

1. Rechtes Auge: rote Punkte; linkes Auge: grüne Punkte
2. Rechtes Auge: rote und grüne Punkte; linkes Auge rote und grüne Punkte (wobei die Punkte, die auf dem rechten Auge grün sind, hier rot sind und andersherum)

Ergebnis: In beiden Trials waren entweder die grünen oder die roten Punkte dominant und wurden bewusst wahrgenommen. Die Häufigkeit unterschied sich nicht in den Gruppen.

II. Multisensorischer Kontext

- a) Geräusche können die visuelle Bewegungswahrnehmung beeinflussen („Stream-bounce illusion“; Sekuler et al., 1997)
- b) Gerüche können die visuelle Wahrnehmung bei binokularer Rivalität beeinflussen z.B. wird eine Banane bzw. Rose häufiger wahrgenommen, wenn gleichzeitig der entsprechende Geruch präsentiert wird (Zhou et al., 2012)
- c) Berührungen können die binokulare Rivalität beeinflussen (Lunghi et al., 2010)

4. (Endogene) Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeit:

- a) Selektive Aufmerksamkeit erhöht die durchschnittliche Dauer der Dominanz des wahrgenommenen Stimulus (Meng & Tong, 2004)
 - *Kippbilder* (Necker-Würfel): Je nachdem welcher Punkt des Würfels fixiert wird, wird die eine Perspektive häufiger wahrgenommen als die andere (Manipulation der Augenbewegung)
 - *Binokulare Rivalität* (Haus vs. Gesicht): Wenn die präsentierten Bilder unterschiedlich starke Kontraste haben, wird das Bild mit den stärkeren Kontrasten häufiger bewusst wahrgenommen (Manipulation des Kontrasts)
- b) Sakkaden (Blickzielbewegungen) beeinflussen den Wahrnehmungswechsel, aber unterscheiden sich nicht zwischen verschiedenen Aufmerksamkeitsbedingungen (Van Ee et al., 2006)

Unaufmerksamkeit:

Brauchen wir ein bestimmtes Maß an Aufmerksamkeit um bistabile Wahrnehmung zu haben?

1. Bei binokularer Rivalität kommt es zu weniger Wahrnehmungswechseln, wenn zusätzlich zum Bericht der Wechsel eine zweite Aufgabe hinzugezogen wird (Dual-Task Paradigma). Je schwerer die zusätzliche Aufgabe, desto weniger Wahrnehmungswechsel werden berichtet. (Paffen et al., 2006)

Erklärung: Bei einer Dual-Task steht für die einzelnen Aufgaben weniger Aufmerksamkeit zur Verfügung, als wenn nur eine Aufgabe alleine bearbeitet wird.

Ähnliche Befunde:

- Unaufmerksamkeit verlangsamt die Wahrnehmungswechsel bei bistabiler plaid motion
- Aufmerksamkeit auf auditorische Stimuli verlangsamt Wechsel bei binokularer Rivalität

Fazit: Die Fähigkeit zur bistabilen Wahrnehmung wird schlechter je weniger Aufmerksamkeit zur Verfügung steht. Unklar bleibt, ob die Wahrnehmungswechsel bei vollständiger Unaufmerksamkeit gar nicht mehr wahrgenommen wird.

2. Bei „No-report“ – Paradigmen werden die Wechsel nicht über den Bericht der Probanden erhoben, sondern über Signale aus Auge und Gehirn. Dadurch fällt weg, dass durch die Instruktion die Wechsel zu berichten automatisch Aufmerksamkeit auf sie gelenkt wird.
 - Ein Beispiel für ein „no-report“ Paradigma ist das Messen der Pupillenweite, für die in vorherigen Studien ein Zusammenhang mit den berichteten Wechseln gefunden wurde

Fazit: Wahrnehmungswechsel benötigen zumindest minimales Maß an Aufmerksamkeit; es kommt zu keinen Wahrnehmungswechsel mehr, wenn die Wechsel nicht berichtet werden müssen) und zusätzlich eine weitere Aufgabe bearbeitet wird (Dual-Task mit No-Report Paradigma)

Neuronale Korrelate

Relevante Hirnareale:

- 1) Extrastriate visuelle Areale: V2, V3, V4, V5, Fusiform Face Area (FFA) usw.
- 2) Primärer visueller Kortex (V1)
- 3) Corpus geniculatum laterale (LGN)
- 4) Parieto-frontaler Cortex

Brain-Imaging-Studies

Studien zu extrastriaten visuellen Arealen

Tong et al., 1998 (fMRT Studie)

Ablauf:

Probanden wurden im fMRT wiederholt ein Bild von einem Haus und ein Bild von einem Gesicht entweder gleichzeitig auf jeweils einem Auge (binokulare Rivalität) oder nacheinander im Wechsel präsentiert, wobei diese jeweils angeben sollten, welches Bild sie gerade wahrnehmen

Dabei wurde die perceptiual-state related activity in den folgenden Hirnregionen betrachtet:

1. Parahippocampal place area (PPA): Relevant für die Wahrnehmung von Objekten
2. Fusiform face are (FFA): Relevant für die Wahrnehmung von Gesichtern

Ergebnisse:

- Die Aktivitätskurve in den beiden Arealen während des Wahrnehmungswechsels unterscheidet sich nicht zwischen Experimental- (Binokulare Rivalität: Wahrnehmungswechsel ohne Stimulusänderung) und Kontrollbedingung (Wahrnehmungswechsel aufgrund Stimulusänderung)
- In beiden Bedingungen ist wenn das Haus wahrgenommen wird, die PPA stärker aktiviert als die FFA und wenn das Gesicht wahrgenommen wird, die FFA stärker aktiviert als die PPA

Interpretation:

- Konflikt ist bereits im höheren extrastriaten Verarbeitungslevel gelöst
- Die funktionell spezialisierten extrastriaten Areale nehmen eine Schlüsselrolle bei der Repräsentation von Inhalten der bewussten visuellen Wahrnehmung ein

Limitationen

- Die Aktivität in diesen Arealen ist nicht immer mit einem bewussten Wahrnehmungsobjekt assoziiert (manchmal ist z.B. die FFA aktiver als die PPA, obwohl ein Haus wahrgenommen wird)

- Es bleibt unklar, „wer“ über den Zugang zum Bewusstsein entscheidet und die Wahrnehmung organisiert (Wo wird der Konflikt gelöst?)
- Es bleibt unklar, was in niedrigeren extrastriaten Arealen passiert (z.B. V2, V4)?

Studien zum primären visuellen Kortex

Studien mit Menschen und Tieren zeigen unterschiedliche Ergebnisse

Studien mit Menschen

- perceptual-state related activity im primären visuellen Kortex (V1), d.h. V1 ist unterschiedlich aktiv je nachdem welche der beiden Stimulusvarianten wahrgenommen werden (Polonsky, 2000; Meng 2005)
- “travelling wave” der Aktivität in V1, V2 and V3 korreliert mit den wahrgenommenen „traveling waves“, die mit den Wahrnehmungswechseln assoziiert sind (Lee et al., 2005/2007)
- perceptual-state related activity within monocular blind-spot → eye-rivalry (Tong et al., 2001)
- perceptual-state related activity in LGN → eye-rivalry (Haynes & Rees 2005; Wunderlich et al., 2005)

Studie mit Affen

Einzelzelleableitung des primären visuellen Kortex bei Makaken, während diese binokularer Rivalität ausgesetzt wurden

Ergebnis:

- Die Anzahl von Neuronen, die percept spezifisch feuert, steigen von V1, V2 (20%), über V4, V5/MT und MST (40%) bis hin zum inferioren und superioren temporalen Cortex (90%) stetig an
- Das zeigt, dass die meisten V1-Neuronen unabhängig von Percept immer aktiv sind

Studien zum parieto-frontalen Kortex

Lumer et al. (1998)

- Probanden sollten bei einer Aufgabe zur binokularer Rivalität im MRT die Wechsel angeben
- Im parieto-frontalen Kortex wurde eine erhöhte Aktivität während der Wechsel gefunden (unabhängig davon welches Percept wahrgenommen wurde)

Frässle et al (2014)