

FN-Wahrnehmung-Bistabil-v0.1- 2026-05-17

Forschungsnotiz — Bistabile Wahrnehmung

Autor: Thomas Schüller · forschung@tschueller.com · ORCID 0009-0003-9799-6747 **Affiliation:** privat finanziert, ohne institutionelle Affiliation **Lizenz:** CC BY 4.0 · **Version:** 0.1 · **Datum:** 2026-05-17
Strang: FORSCHUNG / Wahrnehmungslabor / L5 Bistabile Wahrnehmung **Werkzeug:** AMBIGUA · **Dokumenttyp:** Forschungsnotiz (Template v1.0) **Status:** abgeschlossener Test mit dokumentierter Bewertung

1. These

L1 zeigte, dass das visuelle System Längen nicht objektiv misst; L2 und L3 lieferten Mechanismen (laterale Hemmung, Gegenfarben). L5 ist die **stärkste und direkteste Widerlegung** der naiven Annahme „ein Reiz erzeugt eine Wahrnehmung“: bei bistabilen Figuren ist der Reiz **vollständig konstant**, aber die Wahrnehmung **wechselt spontan** zwischen zwei stabilen Deutungen. Der Necker-Würfel kippt zwischen zwei 3D-Ansichten, die Rubin-Vase zwischen Vase und zwei Gesichtern — ohne jede Änderung am Bild. Damit ist bewiesen: **derselbe Reiz erzeugt verschiedene Wahrnehmungen.** Wahrnehmung ist keine passive Abbildung des Reizes, sondern eine **aktive Hypothese** des Gehirns — es wählt zwischen möglichen Deutungen, und wenn keine eindeutig gewinnt, wechselt es zwischen ihnen. Dieses Modul ist der Höhepunkt des Wahrnehmungs-Strangs und die schärfste Form des Höhlengleichnis-Kerns (Modul 02): wir sehen nicht die Welt, sondern unsere jeweils wahrscheinlichste Deutung von ihr.

2. Annahmen

1. Bei bistabilen Figuren ist der physikalische Reiz konstant und mehrdeutig (er lässt zwei gleich gute Deutungen zu).
2. Die zwei Deutungen werden durch zwei konkurrierende neuronale Populationen repräsentiert.
3. Die Populationen hemmen sich gegenseitig (winner-take-all): zu jedem Zeitpunkt dominiert eine.
4. Die dominante Population adaptiert (ermüdet), was schließlich den Wechsel auslöst.
5. Neuronales Rauschen sorgt für die stochastische Variabilität der Wechselzeitpunkte.

3. Mathematisches Modell

M1 — „ein Reiz erzeugt eine Wahrnehmung“: Bei konstantem Reiz ist die Wahrnehmung konstant; die Wechselrate ist null.

Wettbewerbsmodell (zwei Populationen (r_1, r_2)): $\frac{dr_i}{dt} = -r_i + f(I - \beta r_j - \gamma a_i + \xi)$, $\frac{da_i}{dt} = \frac{-a_i + r_i}{\tau_a}$, mit sigmoider Aktivierung f , Input I (konstant!), gegenseitiger Hemmung β , Adaptation a_i mit Stärke γ und Zeitkonstante τ_a , und Rauschen ξ . Die dominante Population unterdrückt die andere, ermüdet dabei (steigendes a_i), bis die unterdrückte Population übernimmt — ein spontaner Wechsel bei konstantem I .

Vorhersage der Modelle: - **M2/M3** (Necker, Kippbild): spontane Wechsel bei konstantem Reiz. - **M4** (Statistik): die Verweildauern folgen einer Gamma-artigen Verteilung (Levert).

Symbol	Bedeutung	Einheit
r_i	Aktivität Population i	—
a_i	Adaptation Population i	—
I	Input (konstant)	—
β	Hemmstärke	—
γ	Adaptationsstärke	—
τ_a	Adaptationszeit	s

4. Parameter

Drei Szenarien:

Szenario	Setup
A Necker	$I=1.0$, $\beta=1.5$, $\gamma=0.5$, $\tau_a=2$, Rauschen 0.15; $T=100$ s
B Kippbild	Adaptationsstärke variiert (0.3, 0.5, 0.8)
C Statistik	20 Läufe, $T=200$ s, Verweildauer-Verteilung

Toleranz: $\epsilon = 0$ (schon ein einziger Wechsel widerlegt M1).

5. Vorhersage

Szenario	Erwartung
A	konstanter Reiz, aber Wechsel > 0
B	Wechselrate hängt von der Adaptation ab, nicht vom Reiz
C	Gamma-artige Verweildauer-Verteilung, Variationskoeffizient $\sim 0.5-0.9$

6. Falsifikationskriterium

M1 („ein Reiz = eine Wahrnehmung“) ist widerlegt, sobald ein konstanter Reiz zu mehr als null Wahrnehmungswechseln führt. Da bereits ein einziger spontaner Wechsel M1 widerlegt, ist $\epsilon = 0$.

7. Konkurrenzmodelle

- **K1 — passive Abbildung (M1):** geprüfenes engeres Modell; sagt keine Wechsel voraus.
- **K2 — Wettbewerb mit Adaptation:** zwei Populationen, gegenseitige Hemmung, Ermüdung (das hier verwendete Modell).
- **K3 — reine Rausch-Modelle:** die Wechsel werden allein durch Rauschen getrieben (ohne Adaptation) — erklärt die Statistik weniger gut.
- **K4 — Top-down-Kontrolle:** Aufmerksamkeit und Absicht beeinflussen die Wechsel (man kann sie teilweise willentlich steuern).
- **K5 — prädiktive Verarbeitung:** das Gehirn testet konkurrierende Hypothesen; der Wechsel ist ein Hypothesenwechsel bei mehrdeutiger Evidenz.
- **K6 — Levelt's Propositionen:** quantitative Gesetze über Dominanzdauer und Reizstärke (für binokulare Rivalität).

8. Versagensbereich

- **Generische Parameter:** das Modell nutzt plausible, nicht an spezifische Daten gefittete Werte; die absoluten Zeiten sind illustrativ.
- **Zwei Populationen:** multistabile Figuren (mehr als zwei Deutungen) brauchen mehr Populationen.
- **Top-down ignoriert:** willentliche Kontrolle und Aufmerksamkeit sind nicht modelliert; das Modell ist rein bottom-up.
- **Reizmehrdeutigkeit vorausgesetzt:** das Modell erklärt die Dynamik *gegebener* Mehrdeutigkeit, nicht, warum eine Figur mehrdeutig ist.
- **Individuelle Unterschiede:** die Wechselrate variiert stark zwischen Personen (und ist teilweise erblich); das Modell gibt einen typischen Verlauf.
- **Binokulare Rivalität vs. Figur-Kippen:** verschiedene bistabile Phänomene haben teils verschiedene Mechanismen; das Modell ist ein gemeinsames Grundgerüst.

9. Simulation

Numerische Auswertung in `bistabil_simulation.py`:

1. Wettbewerbsmodell zweier Populationen mit Hemmung, Adaptation, Rauschen; Dominanz mit Hysterese (gegen Rausch-Flackern).
2. Szene A: Necker-Würfel; Zeitreihe, Wechselzählung, Zeitanteile.
3. Szene B: Kippbild; Wechselrate für drei Adaptationsstärken.
4. Szene C: 20 Läufe; Verweildauer-Verteilung, Variationskoeffizient, Gamma-Fit.

Ergebnisse in `bistabil_results.json`. Plot als `bistabil_szenen.svg` (vier Teilbilder: Wechseldynamik, Dominanz-Zeitreihe, Verweildauer-Verteilung, Necker-Würfel-Schema).

10. Ergebnis

10.1 A Necker-Würfel

Größe	Wert
Reiz	konstant (unverändert)

Wechsel in 100 s

mittlere Dominanzdauer 13.9 s

Zeitanteil Deutung 1 / 2 0.56 / 0.44

Bewertung M1 **widerlegt**

10.2 B Kippbild (Adaptationsabhängigkeit)

Adaptationsstärke	Wechsel	mittlere Dauer
0.3 (schwach)	5	17.7 s
0.5 (mittel)	5	14.3 s
0.8 (stark)	19	5.0 s
Bewertung M1	widerlegt	

10.3 C Verweildauer-Verteilung

Größe	Wert
Anzahl Dominanzphasen	(20 Läufe)
mittlere Dauer	2.3 s*
Variationskoeffizient	0.80
Verteilung	Gamma-artig
Bewertung M1	widerlegt

*Über alle Läufe inkl. kurzer Phasen; der Variationskoeffizient 0.80 liegt im empirischen Bereich.

Plot: bistabil_szenen.svg.

11. Bewertung

M1 („ein Reiz = eine Wahrnehmung“) ist in allen drei Szenarien widerlegt — und zwar so direkt und unbestreitbar wie in keinem anderen Modul des Strangs.

Szene A (Necker-Würfel) ist das klassische Beispiel. Ein einfaches Drahtgitter-Bild eines Würfels lässt zwei 3D-Deutungen zu: entweder blickt man von leicht oben auf den Würfel, oder von leicht unten. Beide sind gleich plausibel, und das Bild selbst legt keine fest. Was passiert: die Wahrnehmung kippt spontan zwischen den beiden Deutungen, alle paar Sekunden, ohne dass sich am Bild irgendetwas ändert. In der Simulation: 7 Wechsel in 100 Sekunden, mittlere Dominanzdauer 14 Sekunden, Zeitanteil 56% zu 44%. **Der entscheidende Punkt für die Widerlegung von M1:** der Input ist nachweislich konstant (dasselbe Bild), der Output (die Wahrnehmung) ist es nicht. Wenn Wahrnehmung eine passive Abbildung des Reizes wäre, dürfte das nicht passieren. Es passiert aber — also ist Wahrnehmung keine Abbildung, sondern eine aktive Deutung.

Szene B (Kippbild) zeigt, *warum* die Wechsel passieren. Die Rubin-Vase (Vase oder zwei Gesichter im Profil) ist ein Figur-Grund-Kippbild: mal ist die Vase die „Figur“ und das Umfeld der „Grund“, mal umgekehrt. Die Simulation variiert die Adaptationsstärke und zeigt: je stärker die Adaptation (Ermüdung der dominanten Deutung), desto schneller die Wechsel (von 5 Wechseln bei schwacher zu 19 bei starker Adaptation). **Die Wechselrate hängt von der internen Dynamik ab, nicht vom Reiz** — der bleibt die ganze Zeit konstant. Das lokalisiert die Ursache eindeutig im wahrnehmenden System, nicht im Bild. Der Mechanismus ist einleuchtend: die aktive Deutung

„erschöpft“ die zuständigen Neuronen, bis die konkurrierende Deutung stark genug wird, um zu übernehmen — dann erschöpft sich diese, und es kippt zurück.

Szene C (Verweildauer-Statistik) liefert den quantitativen Fingerabdruck. Die Zeiten, die jede Deutung dominiert, sind nicht konstant und nicht periodisch, sondern **stochastisch verteilt** — mit einem Variationskoeffizienten von 0.80, was im empirisch beobachteten Bereich für bistabile Wahrnehmung liegt. Die Verteilung ist Gamma-artig, ein Befund, der seit Levelt (1968) für die binokulare Rivalität bekannt ist und für viele bistabile Phänomene gilt. **Diese Statistik ist reiz-unabhängig** — sie entsteht aus der Wechselwirkung von Adaptation und Rauschen im Gehirn. Wäre die Wahrnehmung reizbestimmt, gäbe es keine solche Verteilung von Wechseln bei konstantem Reiz.

Die zentrale Einsicht: Bistabile Wahrnehmung ist das entscheidende Experiment für die Natur der Wahrnehmung. In den meisten Situationen ist der Reiz eindeutig genug, dass wir die „richtige“ Deutung sehen und den Konstruktionscharakter nicht bemerken — die Wahrnehmung fühlt sich an wie ein direkter Blick auf die Welt. Bistabile Figuren machen die Konstruktion sichtbar, indem sie zwei gleich gute Deutungen anbieten: jetzt *sehen* wir, wie das Gehirn wählt, und wie es zwischen den Wahlen wechselt. **Der Reiz unterbestimmt die Wahrnehmung; das Gehirn ergänzt den Rest.** Das ist die stärkste Bestätigung der Grundidee des ganzen Wahrnehmungs-Strangs (und des Höhlengleichnisses, Modul 02): wir nehmen nicht den Reiz wahr, sondern die wahrscheinlichste Deutung des Reizes — und wenn es zwei gleich wahrscheinliche gibt, erleben wir den Konstruktionsprozess selbst als Kippen.

Verbindung zu vorhergehenden Modulen: - Modul 02

Höhlengleichnis: der direkte Kern. L5 ist der drastischste Beleg — hier wechselt die „Schattendeutung“ vor unseren Augen, bei konstanter Vorlage. - **Modul L1 Geometrische Täuschungen:** dort war die Fehldeutung *eindeutig* (alle sehen die Müller-Lyer-Linie gleich falsch); hier ist die Deutung *mehrdeutig* (sie wechselt). Zwei Seiten der Konstruktion. - **Modul L2/L3:** dort lieferte die Adaptation (Nachbilder) und die laterale Hemmung Mechanismen; hier treiben Adaptation und Hemmung die Wechsel — dieselben Bausteine, neue Dynamik.

12. Nächster Test

Modul L6 Gestaltgesetze als möglicher nächster Schritt: die Prinzipien, nach denen das Gehirn mehrdeutige Reize zu Gestalten ordnet (Nähe, Ähnlichkeit, gute Fortsetzung, Geschlossenheit) — die „Regeln“ hinter der Deutung, die L5 kippen sah. Oder **Modul L4 Bewegungstäuschungen** (Phi-Phänomen, Wasserfalltäuschung).

Mögliche Erweiterung Modul L5 v0.2: multistabile Figuren (mehr als zwei Deutungen); binokulare Rivalität separat; die Rolle der Aufmerksamkeit und willentlichen Kontrolle; Levelt's Propositionen quantitativ; unmögliche Figuren (Penrose) als Sonderfall dauerhafter Inkonsistenz.

Anhang A — Querverweise

- Praxis-Erklärung: PRAXIS-Bistabil.md (folgt)
- Begleitpapier: BEGLEITPAPIER-Bistabil.md (folgt)
- Werkzeug: AMBIGUA.html (folgt) — *lat. ambiguus, doppeldeutig*
- Code: bistabil_simulation.py

- Plot: bistabil_szenen.svg
- Ergebnisdaten: bistabil_results.json
- Vorgänger-Module: Modul 02 Höhlengleichnis, Modul L1/L2/L3
- Folge-Module (geplant): L4 Bewegung, L6 Gestalt

Anhang B — Externer Bestandscheck

- **Necker (1832)** — der kippende Würfel.
- **Rubin (1915)** — Figur-Grund, die Vase.
- **Levelt (1968)** *On Binocular Rivalry* — quantitative Gesetze.
- **Blake & Logothetis (2002)** — Neurophysiologie der Rivalität.
- **Laing & Chow (2002)** — Wettbewerbsmodell mit Adaptation.
- **Leopold & Logothetis (1999)** — multistabile Wahrnehmung als Fenster ins Bewusstsein.

Was die Werkstatt-Notiz davon unterscheidet: drei bistabile Phänomene im einheitlichen Falsifikationsformat; das explizite Wettbewerbsmodell (Hemmung + Adaptation + Rauschen); die Verweildauer-Statistik als quantitativer Fingerabdruck; die Einordnung als schärfste Form des Höhlengleichnis-Kerns.

Anhang C — Quellen

- Necker, L. A. (1832). Observations on some remarkable optical phaenomena. *London and Edinburgh Philosophical Magazine* 1:329-337.
- Rubin, E. (1915). *Synsoplevede Figurer*. Gyldendal, Kopenhagen.
- Levelt, W. J. M. (1968). *On Binocular Rivalry*. Mouton, Den Haag.
- Blake, R.; Logothetis, N. K. (2002). Visual competition. *Nature Reviews Neuroscience* 3:13-21.
- Laing, C. R.; Chow, C. C. (2002). A spiking neuron model for binocular rivalry. *J. Comput. Neurosci.* 12:39-53.