

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

Forschungsnotiz — Geometrische Täuschungen

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 / L1 Geometrische Täuschungen **Werkzeug:** ILLUSIO · **Dokumenttyp:** Forschungsnotiz (Template v1.0) **Status:** abgeschlossener Test mit dokumentierter Bewertung

1. These

Das Höhlengleichnis-Optiklabor (Module 01-12) endete bei der Einsicht, dass wir die Welt durch Apparate sehen, die uns begrenzen — zuletzt die Beugungsgrenze jedes optischen Instruments (Modul 12). Das **Wahrnehmungslabor** führt diesen Gedanken zum visuellen System selbst weiter und prüft die naheliegende Annahme, das Auge messe Längen und Größen objektiv. Diese Annahme wird durch die klassischen geometrischen Täuschungen widerlegt: **physikalisch exakt gleiche Strecken und Größen werden systematisch und reproduzierbar verschieden wahrgenommen, sobald der Kontext sich ändert.** Das visuelle System ist kein Lineal, sondern ein **Inferenz-Apparat** — es interpretiert Reize im Kontext und erzeugt die wahrscheinlichste Deutung, nicht eine objektive Messung. Damit ist dieses Modul die direkte, moderne Fortsetzung des Höhlengleichnis-Kerns (Modul 02): Was ist im Reiz, und was ist unsere Konstruktion daraus?

2. Annahmen

1. Die physikalischen Reize (Linienlängen, Kreisgrößen) sind exakt definiert und messbar — hier per Konstruktion gleich.
2. Die Wahrnehmungseffekte sind aus der psychophysischen Literatur dokumentiert (Müller-Lyer 1889, Ponzo 1911, Ebbinghaus/Titchener).
3. Die hier verwendeten Modelle der Illusionsstärke sind **phänomenologisch** — an publizierte Daten kalibriert, nicht aus ersten Prinzipien abgeleitet. Das wird transparent gemacht.
4. Mittlerer erwachsener Beobachter mit normalem Sehvermögen; individuelle und kulturelle Unterschiede werden gemittelt.
5. Statische Schwarz-Weiß-Strichfiguren; Farb- und Bewegungseffekte sind eigene Module (L2, L4).

3. Mathematisches Modell

M1 — “das Auge misst objektiv”: Wahrgenommene Länge = physikalische Länge. Das visuelle System ist ein Messgerät; das Verhältnis wahrgenommen/physikalisch ist immer 1.

M2 — Müller-Lyer: Zwei gleich lange Schäfte, einer mit auswärts, einer mit einwärts gerichteten Flügeln (Pfeilspitzen). Die Illusionsstärke hängt vom Flügelwinkel α und der relativen Flügellänge ab; phänomenologisches Modell:

$$S_{\text{ML}}(\alpha) = 0,55 \cdot \sin \alpha \cdot (1 - 0,3 \sin \alpha) \cdot \frac{\ell_{\text{Flügel}}}{\ell_{\text{Schaft}}}$$

Der auswärts-Schaft erscheint länger, der einwärts-Schaft kürzer.

M3 — Ponzo: Zwei gleich lange horizontale Balken zwischen konvergierenden Linien (Perspektivkontext). Der obere (näher am Konvergenzpunkt) erscheint länger:

$$S_{\text{Ponzo}}(\beta) = 0,5 \cdot \sin \beta \cdot p$$

mit Konvergenzwinkel β und vertikaler Position p .

M4 — Ebbinghaus: Ein Zentralkreis, umgeben von Kreisen mit Radienverhältnis r (Umgebung/Zentrum). Großes $r \rightarrow$ Zentralkreis erscheint kleiner:

$$S_{\text{Ebb}}(r) = -0,18 \cdot \tanh(\ln r)$$

Symbol	Bedeutung	Einheit
S	relative Illusionsstärke	—
α	Flügelwinkel (Müller-Lyer)	°
β	Konvergenzwinkel (Ponzo)	°
r	Radienverhältnis (Ebbinghaus)	—
p	vertikale Position	—

4. Parameter

Drei Szenarien:

Szenario	Setup
A Müller-Lyer	Schaft 200 px, Flügelwinkel 15°–75°, Standard 30°
B Ponzo	Balken 150 px, Konvergenzwinkel 5°–30°, Standard 20°
C Ebbinghaus	Zentralradius 40 px, Umgebungsverhältnis 0.3–3.0

Toleranz vorab: $\epsilon = 5\%$. Begründung: Abweichungen unter 5% gelten als “gleich wahrgenommen” (an der psychophysischen Unterschiedsschwelle); darüber ist die Täuschung klar messbar.

5. Vorhersage

Szenario	Erwartung
A	physikalisch gleich; wahrgenommen auswärts > einwärts, Abweichung $> \epsilon$ physikalisch gleich; oben >

B	unten
C	physikalisch gleich; Zentralkreis je nach Umgebung verschieden

6. Falsifikationskriterium

M1 ("das Auge misst objektiv") ist widerlegt, wenn das wahrgenommene Größenverhältnis zweier physikalisch gleicher Strecken/Größen um mehr als $\epsilon = 5\%$ von 1 abweicht — und dies systematisch und reproduzierbar, allein durch Kontextänderung.

7. Konkurrenzmodelle

- **K1 — objektive Messung (M1):** geprüfenes engeres Modell.
- **K2 — Größenkonstanz / Tiefenhypothese (Gregory):** das visuelle System interpretiert die Figuren als 3D-Szenen und wendet Größenkonstanz an (erklärt Ponzo und teilweise Müller-Lyer).
- **K3 — laterale Hemmung / Tiefpass-Filter:** neuronale Tieffrequenz-Filterung der Konturen verschiebt die wahrgenommenen Endpunkte (erklärt Müller-Lyer ohne Tiefe).
- **K4 — Bayessche Wahrnehmung:** das visuelle System schätzt die wahrscheinlichste Ursache des Reizes unter Vorwissen (allgemeinster Rahmen, umfasst K2/K3).
- **K5 — Zentrums-Kontrast (Ebbinghaus):** Größe wird relativ zur Umgebung beurteilt.
- **K6 — kulturelle Prägung:** die Müller-Lyer-Stärke variiert mit der visuellen Umwelt ("carpentered world"-Hypothese, Segall et al.).

8. Versagensbereich

- **Individuelle Unterschiede:** die Illusionsstärke variiert zwischen Personen; das Modell gibt Mittelwerte.
- **Kulturelle Unterschiede:** Müller-Lyer ist bei Menschen aus "rechtwinkliger" Umwelt stärker; das Modell ist auf westliche Stichproben kalibriert.
- **Extreme Parameter:** bei sehr kleinen oder sehr großen Winkeln/Verhältnissen sättigt oder verschwindet der Effekt; das Modell ist im mittleren Bereich kalibriert.
- **Aktive Messung:** wenn der Beobachter mit einem Lineal misst, verschwindet die Täuschung — sie betrifft die *Wahrnehmung*, nicht das *Wissen*. Bemerkenswert: die Täuschung bleibt bestehen, auch wenn man weiß, dass die Linien gleich sind (kognitive Impenetrabilität).
- **Dynamische/farbige Reize:** dieses Modul behandelt statische Strichfiguren; Bewegung (L4) und Farbe/Helligkeit (L2) sind eigene Module.

9. Simulation

Numerische Auswertung in `taeusungen_simulation.py`:

1. Verifikation der physikalischen Gleichheit aller Reize (Verhältnis exakt 1.0).
2. Müller-Lyer: Illusionsstärke für fünf Flügelwinkel; Standardkonfiguration 30°.
3. Ponzo: Illusionsstärke für vier Konvergenzwinkel; Standard 20°.
4. Ebbinghaus: Fehleinschätzung des Zentralkreises für fünf

- Umgebungsverhältnisse; zwei klassische Kontexte.
- Vergleich wahrgenommenes vs. physikalisches Verhältnis gegen ϵ .

Ergebnisse in `taeuschungen_results.json`. Plot als `taeuschungen_szenen.svg` (vier Teilbilder: Müller-Lyer-Figur, Stärke vs. Flügelwinkel, Ponzo-Figur, Ebbinghaus vs. Kontext).

10. Ergebnis

10.1 A Müller-Lyer

Größe	Wert
Schaftlänge (beide)	200 px
physikalisches Verhältnis	1.000
Illusionsstärke (30° Flügel)	0.234
wahrgenommen auswärts	223.4 px
wahrgenommen einwärts	176.6 px
wahrgenommenes Verhältnis	1.265
Bewertung M1	widerlegt

10.2 B Ponzo

Größe	Wert
Balkenlänge (beide)	150 px
physikalisches Verhältnis	1.000
Illusionsstärke (20° Konvergenz)	0.120
wahrgenommen oben	168.0 px
wahrgenommen unten	150.0 px
wahrgenommenes Verhältnis	1.120
Bewertung M1	widerlegt

10.3 C Ebbinghaus

Größe	Wert
Zentralradius (beide)	40 px
physikalisches Verhältnis	1.000
wahrgenommen (klein umgeben)	45.2 px
wahrgenommen (groß umgeben)	34.8 px
wahrgenommenes Verhältnis	1.300
Bewertung M1	widerlegt

Plot: `taeuschungen_szenen.svg`.

11. Bewertung

M1 (“das Auge misst objektiv”) ist in allen drei Szenarien widerlegt. In jedem Fall ist das physikalische Verhältnis exakt 1.000 — die Strecken bzw. Kreise sind per Konstruktion identisch, und die Simulation verifiziert das. Trotzdem weicht die Wahrnehmung systematisch und weit über die Toleranz $\epsilon = 5\%$ hinaus ab.

Szene A (Müller-Lyer) ist die berühmteste geometrische Täuschung. Zwei exakt gleich lange Linien erscheinen verschieden lang, nur weil an ihren Enden Flügel (Pfeilspitzen) in unterschiedliche Richtung zeigen: auswärts gerichtete Flügel lassen den Schaft länger erscheinen (223 px statt 200), einwärts gerichtete kürzer (177 px) — ein wahrgenommenes Verhältnis von 1.265, also über 26% Unterschied bei null physikalischem Unterschied. Die Illusionsstärke hängt vom Flügelwinkel ab. Die Erklärung ist bis heute umstritten: Gregory deutet die Flügel als Tiefenhinweise (eine einwärts-Figur wie eine vorspringende Gebäudeecke, eine auswärts-Figur wie eine zurückweichende Raumecke), das visuelle System wendet Größenkonstanz an. Alternativ erklären Tiefpass-Filter-Modelle die Verschiebung der wahrgenommenen Endpunkte rein neuronal. Bemerkenswert: die "carpentered world"-Hypothese (Segall, Campbell, Herskovits 1966) fand, dass Menschen aus Umgebungen mit vielen rechten Winkeln die Täuschung stärker erleben — ein Hinweis, dass Wahrnehmung **gelernt** und kulturell geprägt ist.

Szene B (Ponzo) zeigt denselben Mechanismus expliziter. Zwei gleiche Balken liegen zwischen konvergierenden Linien — wie zwei Querschwellen auf perspektivisch zulaufenden Eisenbahnschienen. Der obere Balken, näher am Konvergenzpunkt, erscheint ~12% länger. Hier ist die Tiefenhypothese unmittelbar plausibel: die konvergierenden Linien signalisieren räumliche Tiefe, der obere Balken erscheint "weiter weg"; weil er trotzdem gleich groß abgebildet ist, schließt das visuelle System, er müsse "in Wirklichkeit größer" sein — die Größenkonstanz, die in der realen Welt korrekt ist (entfernte Dinge bilden sich kleiner ab), führt im 2D-Bild in die Irre.

Szene C (Ebbinghaus) zeigt, dass Größe **relativ** beurteilt wird. Ein Zentralkreis, von kleinen Kreisen umgeben, erscheint größer als derselbe Kreis, von großen Kreisen umgeben — ein wahrgenommenes Verhältnis von 1.30 bei identischen Zentralkreisen. Das visuelle System hat keinen absoluten Größenmaßstab; es beurteilt im Vergleich zur Umgebung. Interessant ist die Befundlage, dass die Ebbinghaus-Täuschung die bewusste Größenwahrnehmung stark beeinflusst, aber die *Greifbewegung* (die Hand öffnet sich auf die korrekte physikalische Größe) weniger — ein Hinweis auf getrennte Verarbeitungswege für "Sehen zum Erkennen" und "Sehen zum Handeln" (Milner & Goodale).

Die zentrale methodische Lektion — und der Grund, warum dieser Strang einen anderen Charakter hat als die Optik: Hier ist die *physikalische Messung trivial* (die Linien sind gleich, fertig), und das gesamte Phänomen liegt in der *Wahrnehmung*. Während die Optik-Module ein physikalisches Gesetz gegen eine Idealisierung prüften, prüft dieses Modul die Wahrnehmung gegen die physikalische Realität — und findet eine systematische, gesetzmäßige Abweichung. Das verschiebt die Frage: Es geht nicht mehr darum, *was die Welt tut*, sondern *was unser Apparat aus der Welt macht*. Das ist exakt die Frage des Höhlengleichnisses (Modul 02), und der ganze Wahrnehmungs-Strang ist ihre systematische Durchführung. Bemerkenswert und für M1 besonders vernichtend: die Täuschungen bleiben bestehen, **auch wenn man weiß, dass die Strecken gleich sind** — die Wahrnehmung ist gegen das bessere Wissen abgeschottet (kognitiv impenetrabel). Man kann sich nicht "herausdenken".

Verbindung zu vorhergehenden Modulen: - Modul 02

Höhlengleichnis: der direkte Vorläufer — Wahrnehmung als vermittelt, nie unmittelbar. L1 macht das quantitativ. - **Modul 09**

Farbmischung: dort war *Farbe* die Konstruktion; hier sind es *Länge und Größe*. Dieselbe Grundeinsicht (Wahrnehmung $\neq$ physikalischer Reiz) auf einer neuen Dimension. - **Modul 12 Instrumente:** endete bei der prinzipiellen Grenze des Sehens durch Apparate; L1 zeigt, dass schon der "Apparat Auge+Gehirn" selbst systematisch konstruiert.

12. Nächster Test

Modul L2 Helligkeits- und Farbkontrast als nächster Schritt: Simultankontrast, Mach-Bänder, Adelson Checker-Shadow — gleicher Grauwert, verschiedene wahrgenommene Helligkeit; schließt direkt an Modul 09 an (laterale Hemmung als neuronaler Mechanismus). Oder **Modul L5 bistabile Wahrnehmung** (Necker-Würfel, Kippbilder): ein Reiz, zwei Deutungen — die stärkste Form der Falsifikation von “ein Bild = eine Wahrnehmung”.

Mögliche Erweiterung Modul L1 v0.2: weitere Täuschungen (Hering, Zöllner, Poggendorff, Café-Wall); quantitativer Vergleich der Erklärungsmodelle (Tiefenhypothese vs. Filtermodell); die kulturelle Dimension (carpentered world); die Dissoziation Wahrnehmung/Handlung (Ebbinghaus-Greifen).

Anhang A — Querverweise

- Praxis-Erklärung: PRAXIS-GeomTaeuschungen.md (folgt)
- Begleitpapier: BEGLEITPAPIER-GeomTaeuschungen.md (folgt)
- Werkzeug: ILLUSIO.html (folgt) — *lat. illusio, die Täuschung; Wurzel von “Illusion”*
- Code: taeuschungen_simulation.py
- Plot: taeuschungen_szenen.svg
- Ergebnisdaten: taeuschungen_results.json
- Vorgänger-Module: Modul 02 Höhlengleichnis, Modul 09 Farbmischung, Modul 12 Instrumente
- Folge-Module (geplant): L2 Helligkeitskontrast, L3 Nachbilder, L4 Bewegung, L5 Bistabilität, L6 Gestalt

Anhang B — Externer Bestandscheck

- **Müller-Lyer (1889)** Optische Urteilstäuschungen. *Arch. Anat. Physiol.*
- **Ponzo (1911)** — perspektivische Größentäuschung.
- **Gregory (1997)** *Eye and Brain* — Tiefenhypothese der Täuschungen.
- **Segall, Campbell & Herskovits (1966)** *The Influence of Culture on Visual Perception* — carpentered world.
- **Milner & Goodale (1995)** *The Visual Brain in Action* — zwei visuelle Pfade.
- **Gombrich (1960)** *Art and Illusion* — Wahrnehmung und Kunst.

Was die Werkstatt-Notiz davon unterscheidet: drei Täuschungen im einheitlichen Falsifikationsformat mit expliziter Trennung physikalisch/wahrgenommen; die transparente Kennzeichnung der phänomenologischen Modelle; die Einordnung als Fortsetzung des Höhlengleichnis-Kerns; die Brücken zu Modul 02, 09, 12.

Anhang C — Quellen

- Müller-Lyer, F. C. (1889). Optische Urteilstäuschungen. *Archiv für Anatomie und Physiologie, Physiologische Abteilung* 2:263–270.
- Ponzo, M. (1911). Intorno ad alcune illusioni nel campo delle sensazioni tattili. *Archives Italiennes de Biologie*.
- Gregory, R. L. (1997). *Eye and Brain: The Psychology of Seeing*, 5. Aufl. Princeton University Press.
- Segall, M. H.; Campbell, D. T.; Herskovits, M. J. (1966). *The Influence of Culture on Visual Perception*. Bobbs-Merrill.
- Milner, A. D.; Goodale, M. A. (1995). *The Visual Brain in Action*.

