

Forschungsnotiz — Höhlengleichnis als optisches Modell

Autor: Thomas Schüller **Kontakt:** forschung@tschueller.com **ORCID:** 0009-0003-9799-6747 **Affiliation:** privat finanziert, ohne institutionelle Affiliation **Lizenz:** CC BY 4.0 **Version:** 0.1 **Datum:** 2026-05-06 **Strang:** FORSCHUNG / Höhlengleichnis-Optiklabor **Dokumenttyp:** Forschungsnotiz (Anwendung von Template v1.0) **Status:** abgeschlossener Test mit dokumentierter Bewertung

Vorbemerkung

Diese Notiz behandelt eine eng definierte Teilfrage des Höhlengleichnisses: seine Tragfähigkeit als optisches Modell. Die pädagogische, ethische und politische Tiefe des Gleichnisses bleibt davon unberührt; sie ist nicht Gegenstand dieses Strangs. Geprüft wird ausschließlich die optische Architektur, die das Gleichnis vorausgesetzt (Politeia VII, 514a-520a): eine Lichtquelle hinter den Gefangenen, geführte Träger mit Gegenständen, ein Schatten an der Wand. Die These der Notiz richtet sich gegen diesen Modellkern, nicht gegen das Gleichnis als Ganzes.

1. These

Das Höhlengleichnis modelliert die optische Konstitution von Wahrnehmung als Mono-Projektion einer Quelle auf eine ebene Wand und postuliert daraus eine ontologische Hierarchie zwischen Idee, Abbild und Schatten; bereits die skalare Wellenoptik mit zwei kohärenten Quellen erzeugt emergente Interferenzstrukturen, die im Mono-Projektions-Modell nicht enthalten sind, womit das Gleichnis als optisches Modell nur den Spezialfall $N = 1$ einer allgemeineren Familie beschreibt.

2. Annahmen

1. Die Aussage des Gleichnisses wird auf den optischen Anteil reduziert. Der pädagogische und politische Anteil ist nicht Gegenstand.
2. Die im Gleichnis beschriebene Anordnung wird als Punktquelle hinter undurchsichtigen Trägern auf einer ebenen Wand idealisiert; der Schatten gilt als Abbild im Sinne klassischer geometrischer Optik.
3. Skalare Wellenoptik. Polarisations- und vektorielle Effekte werden vernachlässigt.
4. Mindestens ein Vergleichsfall mit $N \geq 2$ kohärenten Quellen ist verfügbar; im konkreten Test ist das der Doppelspalt der zugehörigen Notiz FN-Optiklabor-Doppelspalt-v0.1.
5. Die Lichtwellenlänge liegt im sichtbaren Bereich; thermische und kosmische Strahlung werden nicht betrachtet.
6. Beobachtung erfolgt im Fernfeld der jeweiligen Anordnung.
7. Vakuum, keine Streuung, keine Absorption.

3. Mathematisches Modell

Für ein lineares Wellenfeld mit N kohärenten Punktquellen E_i am Beobachtungspunkt P :

$$I(P) = \left| \sum_{i=1}^N E_i(P) \right|^2 = \sum_{i=1}^N |E_i|^2 + \underbrace{\sum_{i \neq j} E_i E_j^*}_{N(N-1) \text{ Kreuzterme}} .$$

Die Mono-Projektion entspricht $N = 1$:

$$I_{N=1}(P) = |E_1(P)|^2.$$

Die Differenz besteht nicht in einem Korrekturterm, sondern in einer ganzen Summandenklasse: den $N(N - 1)$ Kreuztermen, die für $N \geq 2$ existieren und für $N = 1$ identisch verschwinden. Diese Kreuzterme erzeugen die für Wellenoptik charakteristischen emergenten Maxima und Minima.

Symbole und Einheiten:

Symbol	Bedeutung	Einheit
N	Anzahl kohärenter Quellen	—
E_i	komplexe Feldamplitude der Quelle i am Beobachtungspunkt	V/m
I	Intensität am Beobachtungspunkt	W/m ² (oder normiert)
$E_i E_j^*$	Kreuzterm zwischen Quelle i und j	V ² /m ²

4. Parameter

Die Parameter sind durch die Geometrie der zugrundegelegten Falsifikation festgelegt. Für die operative Prüfung wird die Doppelspalt-Geometrie aus FN-Optiklabor-Doppelspalt-v0.1 verwendet.

Symbol	Wert	Einheit	Quelle / Begründung
N_{Mono}	1	—	Modell des Gleichnisses
N_{Test}	2	—	minimale Multi-Quellen-Anordnung
λ	$633 \cdot 10^{-9}$	m	HeNe-Laser, kohärent
a	$20 \cdot 10^{-6}$	m	Spaltbreite
d	$100 \cdot 10^{-6}$	m	Spaltabstand (Mitte zu Mitte)
L	1,0	m	Schirmabstand
ε	5%	—	maximal zulässige relative Abweichung der Mono-Projektion-Vorhersage vom beobachteten Profil; vor Test festgelegt

5. Vorhersage

Mono-Projektion-Modell ($N = 1$): glattes Schattenprofil ohne Maxima/Minima im Bereich der zentralen Einhüllenden. Erwarteter Verlauf: stetige Kurve ohne periodische Modulation. Quantitativ: $I(y)$ ist eine glatte Funktion mit höchstens einem Extremum pro Spalt.

Multi-Quellen-Modell ($N = 2$): periodische Streifenstruktur mit Streifenabstand $\Delta y = \lambda L/d = 6,33$ mm im zentralen Bereich. Verhältnis $I_{\text{max}}/I_{\text{min}}$ bei gleicher Amplitude beider Quellen geht im idealen Grenzfall gegen unendlich.

Falls das Gleichnis als optisches Modell ausreichend wäre, müssten beide Vorhersagen innerhalb der Toleranz ε übereinstimmen.

6. Falsifikationskriterium

Das Mono-Projektions-Modell des Höhlengleichnisses gilt als widerlegt, wenn das beobachtete Intensitätsprofil im Multi-Quellen-Test mindestens ein periodisches Maximum-Minimum-Paar mit Kontrast $K = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min}) > \varepsilon = 5\%$ aufweist, das im Mono-Projektions-Modell nicht vorhergesagt wird. ε ist als Robustheitsmarge gegen Numerik- und Messungenauigkeiten gewählt; die erwartete Größenordnung des Effekts ist um Größenordnungen darüber.

7. Konkurrenzmodelle

- **K1 — Mono-Projektion (Höhlengleichnis):** $N = 1$, geometrische Optik. Vorhersage: glattes Schattenprofil.
- **K2 — Inkohärente Multi-Quellen:** $N \geq 2$, aber zeitlich inkohärent. Vorhersage: mittlere Intensität ohne Streifen, im Limit ähnlich K1.
- **K3 — Kohärente Multi-Quellen (Wellenoptik):** $N \geq 2$, kohärent, skalare Beugung. Vorhersage: Streifenmuster (siehe FN-Optiklabor-Doppelspalt-v0.1).
- **K4 — Holographische Kodierung:** Information ist auf Oberflächen kodiert (Bekenstein 1973), $S \leq A/4l_p^2$. Vorhersage: keine privilegierte Schattenebene; rekonstruierbare Tiefe aus Phaseninformation.
- **K5 — Quantenoptische Beschreibung:** verschränkte Photonen, Bell-Verletzung. Vorhersage: nichtlokale Korrelationen, die in keinem klassischen Mono- oder Multi-Quellen-Modell enthalten sind.

K3 ist der minimale Konkurrent zu K1; K4 und K5 sind weiter gefasste Modelle, die für diese Notiz nur dokumentarisch genannt sind.

8. Versagensbereich

Der Anwendungsbereich von K1 (Mono-Projektion) ist gegeben für:

- Sehr breitbandige, inkohärente Lichtquellen (klassisches Schattenwerfen mit ausgedehnter, nicht-laserähnlicher Quelle).
- Geometrien mit nur einer effektiven Quelle und großen Längenskalen im Vergleich zu λ .
- Beobachtungsskalen, auf denen Interferenz unter der Auflösung liegt.

In diesem Versagensbereich der Wellenoptik ist die Mono-Projektion empirisch hinreichend genau und das Höhlengleichnis als optische Beschreibung lokal angemessen. Außerhalb dieses Bereichs ist es nicht ausreichend.

9. Simulation oder Experiment

Die Falsifikation wird nicht in einer eigenen Simulation durchgeführt, sondern stützt sich auf das bereits abgeschlossene Resultat von FN-Optiklabor-Doppelspalt-v0.1 mit Code `doppelspalt_simulation.py` und Ergebnis `doppelspalt_results.json`. Dort wurden die Vorhersagen eines engeren Modells (Fraunhofer) gegen die eines weiter gefassten Modells (Fresnel-Kirchhoff) verglichen; beide enthalten die Multi-Quellen-Struktur. Für die hier zu prüfende These genügt es, das Auftreten der Streifen unabhängig vom konkreten Modell zu konstatieren.

10. Ergebnis

Aus doppelspalt_results.json (Anwendungsbereich, $L = 1,0$ m):

Größe	Wert
Streifenabstand	$6,24 \cdot 10^{-3}$ m (Test M2) bzw. $6,33 \cdot 10^{-3}$ m (Vorhersage M1)
Anzahl Maxima im zentralen Bereich	9
Kontrast K am ersten Nebenmaximum	$\gg 5\%$ (näherungsweise 1 im idealisierten Limit, in der Simulation $> 0,9$)
Vorhersage des Mono-Projektions-Modells	glattes Profil, keine Streifen

Der vorhergesagte Streifenkontrast ist in der Simulation klar nachweisbar; das Mono-Projektions-Modell sagt keine Streifen vorher. Die Diskrepanz übersteigt die festgelegte Toleranz ε um mindestens eine Größenordnung.

11. Bewertung

Modell durch Test widerlegt für den Geltungsbereich kohärenter, mehrquellenfähiger Optik. Das Höhlengleichnis als optisches Modell beschreibt korrekt nur den Grenzfall $N = 1$ einer allgemeineren Wellenoptik; die ontologische Hierarchie zwischen Idee, Abbild und Schatten, die aus diesem Modell abgeleitet wird, hat im Bereich von $N \geq 2$ keine optische Stütze.

Eingeschränkter Geltungsbereich. Im Versagensbereich der Wellenoptik (breitbandige inkohärente Quellen, makroskopische Skalen) bleibt die Mono-Projektion empirisch nahe genug, um pädagogisch verwendbar zu sein. Die Trennung zwischen optischem Modell und pädagogischer Funktion ist jedoch eine bewusste Entscheidung; die Notiz trifft keine Aussage über die pädagogische oder politische Tragweite des Gleichnisses.

Konsequenz für den Strang. Die Aufhebung der Mono-Projektions-Architektur ist nicht eine Verfeinerung des Gleichnisses, sondern eine Verlagerung des erkenntnistheoretischen Schwerpunkts: Wahrnehmung ist kein Aufstieg vom Schatten zum Urbild, sondern die Auswertung eines emergenten Interferenzfeldes. Die Konvergenz dieses Befundes mit Positionen bei Kant (Kategorien als Filter), Husserl (Intentionalität als Konstitution), Merleau-Ponty (verkörperte Wahrnehmung) und Baudrillard (Verschwinden des Originals in der Reflexionskaskade) ist dokumentierbar, aber nicht Gegenstand dieser optisch-falsifizierenden Notiz.

12. Nächster Test

Konstruktion einer Drei-Quellen-Anordnung ($N = 3$) mit kontrolliertem Phasenversatz und Vergleich der vorhergesagten Mehrkörper-Interferenzstruktur gegen die Doppelquellen-Beschreibung. Hypothese: Die zusätzlichen $N(N - 1) - 2 = 4$ Kreuzterme erzeugen ein qualitativ neues Streifenmuster, das aus dem $N = 2$ -Resultat nicht durch lineare Superposition allein ableitbar ist. Falls bestätigt, ist die Skalierung der emergenten Struktur mit N als systematisches Phänomen verbucht; falls nicht, sind die Phasenannahmen oder das skalare Modell zu prüfen.

Anhang A — Querverweise

- Strang-Index: STRANG-INDEX.md
- Template: FN-OPTIKLABOR-TEMPLATE-v1.0.md

- Empirische Falsifikation: FN-Optiklabor-Doppelspalt-v0.1-2026-05-06.md
- Code: 01-doppelspalt/doppelspalt_simulation.py
- Ergebnisse: 01-doppelspalt/doppelspalt_results.json
- Begleitpapier: BEGLEITPAPIER-Hoehlengleichnis.md
- Methodisches Paper: PAPER-Hoehlengleichnis-Optiklabor-v1.0.md

Anhang B — Literatur (Auswahl)

- Platon, *Politeia*, Buch VII, 514a-520a.
- Born, M.; Wolf, E. (1999). *Principles of Optics*, 7. Aufl. Cambridge University Press.
- Goodman, J. W. (2017). *Introduction to Fourier Optics*, 4. Aufl. Roberts and Company.
- Bekenstein, J. D. (1973). *Black Holes and Entropy*. Phys. Rev. D 7, 2333.
- Aspect, A.; Dalibard, J.; Roger, G. (1982). *Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analyzers*. Phys. Rev. Lett. 49, 1804.
- Kant, I. (1781). *Kritik der reinen Vernunft*.
- Husserl, E. (1900/1901). *Logische Untersuchungen*.
- Merleau-Ponty, M. (1945). *Phénoménologie de la perception*.

Wortzahl: ca. 1180 · Seiten: 4 · Version 0.1 · 2026-05-06