

Interdisziplinärer Forschungsrahmen

Bewusstsein, Biophysik, Optogenetik, Topologie
und Spirituelle Traditionen

Ein persönlicher Forschungsbericht

Ein kritischer Dialog zwischen Neurowissenschaft, Biophysik, künstlicher Intelligenz,
Neurophänomenologie, Hypnoseforschung, Schamanismus, Parapsychologie,
Transzendenz und Voodoo/Vodou

Wissenschaftliche Vorbemerkung: In diesem Dokument entwickle ich einen interdisziplinären
Forschungsrahmen. Ich unterscheide konsequent zwischen empirisch etablierten Befunden,
plausiblen aber unzureichend belegten Hypothesen und spekulativen Modellen.

Wissenschaftliche Vorbemerkung

In diesem Buch entwickle ich einen interdisziplinären Forschungsrahmen zwischen Neurowissenschaft, Biophysik, künstlicher Intelligenz und Neurophänomenologie. Dabei unterscheide ich zwischen drei Erkenntnisstufen:

- 1 Empirisch etabliert: etwa oxidative Phosphorylierung, reaktive Sauerstoffspezies, ultraschwache Photonenemission, Optogenetik und persistente Homologie.
- 2 Plausibel, aber noch unzureichend belegt: etwa eine funktionelle Bedeutung ultraschwacher Photonenemission für neuronale Kommunikation.
- 3 Spekulativ oder metaphorisch: etwa die Gleichsetzung von Prana mit einem elektromagnetischen Vektorfeld, von Nadis mit Feldlinien oder von Chakren mit anatomisch nachweisbaren photonischen Relaisstationen.

Die dritte Kategorie ist für mich nicht bedeutungslos. Ich sehe in ihr die Möglichkeit, philosophische Modelle, Forschungsfragen oder operationalisierbare Hypothesen hervorzubringen. Sie darf jedoch nicht als experimentell bestätigte Naturwissenschaft dargestellt werden.

Ich weise darauf hin, dass der Nobelpreis für Physiologie oder Medizin 2026 an Karl Deisseroth, Peter Hegemann und Georg Nagel für ihre Entdeckungen zu lichtgesteuerten Ionenkanälen und zur Optogenetik verliehen wurde. Die Angabe in meinem ursprünglichen Manuskript ist daher inhaltlich richtig; die bibliografische Darstellung habe ich korrigiert.¹

Inhaltsverzeichnis

1

- 1. Erkenntnistheoretische Grundlagen
 - 1.1 Epistemischer Monismus
 - 1.2 Information als Grundbegriff
 - 1.3 Prana und Nadis als heuristisches Modell
 - 1.4 Kriterien wissenschaftlicher Operationalisierung
- 2. Biophysik ultraschwacher Photonenemission
 - 2.1 Mitochondrien, Redoxreaktionen und Photonen
 - 2.2 Ein allgemeines Modell der Photonenemission
 - 2.3 Das Cerebellum als mögliche optische Struktur
 - 2.4 Grenzen der Resonanzraum-Hypothese
- 3. Optogenetik und algebraische Topologie
 - 3.1 Lichtgesteuerte Ionenkanäle
 - 3.2 Modellierung optogenetischer Ströme
 - 3.3 Topologische Datenanalyse
 - 3.4 Persistente Homologie und Betti-Zahlen
- 4. Topologische künstliche Intelligenz
 - 4.1 Graph-Transformer
 - 4.2 Topologisch gewichtete Aufmerksamkeit
 - 4.3 Lernbare und vorab berechnete Topologiemerkmale
 - 4.4 Grenzen quantenbiologischer Steuerungsmodelle
- 5. Neurophänomenologie und veränderte Bewusstseinszustände
 - 5.1 Methodische Grundlagen
 - 5.2 Trance, Rhythmus und neuronale Oszillationen
 - 5.3 Phase-Amplituden-Kopplung
 - 5.4 Hypothese neuronaler Kritikalität
- 6. Chakren, Prana und körperliche Regulation
 - 6.1 Historische und phänomenologische Bedeutung
 - 6.2 Vergleichende Zuordnung
 - 6.3 Pranayama, Hypoxie und Hyperkapnie
 - 6.4 Modell des Photonenflusses
- 7. Hypnose: Neurobiologie und klinische Anwendung
 - 7.1 Definition und historischer Kontext
 - 7.2 Neuronale Korrelate der Hypnose
 - 7.3 Hypnotisierbarkeit und physiologische Korrelate
 - 7.4 Klinische Evidenz und Grenzen

- 8. Schamanismus: Neuroanthropologie der Trance**
 - 8.1 Kulturelle und historische Grundlagen
 - 8.2 Der schamanische Bewusstseinszustand (SSC)
 - 8.3 Neurophysiologische Befunde
 - 8.4 Integrative Bewusstseinsmodi
- 9. Paranormale Phänomene: Wissenschaftliche Perspektiven**
 - 9.1 Definition und Abgrenzung
 - 9.2 Parapsychologische Forschung
 - 9.3 Methodologische Herausforderungen
 - 9.4 Reinkarnationsforschung und außersinnliche Wahrnehmung
- 10. Transzendenz: Meditation und Neurophänomenologie**
 - 10.1 Das Konzept der Transzendenz
 - 10.2 Transzendente Meditation und EEG-Korrelate
 - 10.3 Das Default Mode Network und Selbsttranszendenz
 - 10.4 Vierte Bewusstseinsstufe
- 11. Voodoo/Vodou: Religion, Neuroanthropologie und Besessenheitstrance**
 - 11.1 Historische und kulturelle Grundlagen
 - 11.2 Spirituelle Besessenheit und Trance
 - 11.3 Neurobiologische Parallelen
 - 11.4 Synkretismus und kulturelle Neuroplastizität
- 12. Schlussbetrachtung**
- 13. Anmerkungen**
- 14. Literaturverzeichnis**

1. Erkenntnistheoretische Grundlagen

1.1 Epistemischer Monismus

Ich beginne mit dem cartesischen Dualismus, der zwischen denkender Substanz, res cogitans, und ausgedehnter Substanz, res extensa, unterscheidet. Diese Trennung hat die westliche Philosophie und Wissenschaft nachhaltig beeinflusst. Ich halte sie jedoch weder für die einzige noch für die wissenschaftlich produktivste Ontologie des Bewusstseins.

Als Alternative formuliere ich einen epistemischen Monismus: Mentale und materielle Erscheinungen betrachte ich nicht als zwei voneinander unabhängige Substanzen, sondern als unterschiedliche Beschreibungsebenen einer gemeinsamen Wirklichkeit. Ich behaupte damit zunächst nicht, dass Bewusstsein elektromagnetisch, quantenmechanisch oder informationstheoretisch vollständig erklärt ist. Ich lege lediglich fest, dass mentale und physische Prozesse innerhalb eines einheitlichen Forschungsrahmens untersucht werden können.

Nicht haltbar halte ich dagegen die unmittelbare Schlussfolgerung, Materie sei eine "niederfrequente" und Geist eine "hochfrequente" Form desselben Feldes. Ohne Angabe einer messbaren Größe, Einheit, Frequenzdomäne und experimentellen Methode bleibt eine solche Aussage für mich metaphorisch.

1.2 Information als Grundbegriff

Information spielt in meiner Untersuchung eine zentrale Rolle, denn sie verbindet Physik, Biologie und Neurowissenschaft. Ich unterscheide dabei mindestens drei Bedeutungen:

- Shannon-Information quantifiziert statistische Ungewissheit.
- Semantische Information betrifft Bedeutung und Bezug.
- Physikalische Information bezeichnet unterscheidbare Zustände eines materiellen Systems.

Die Shannon-Entropie einer diskreten Zufallsvariablen X ist:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i)$$

Dabei bezeichnet $p(x_i)$ die Wahrscheinlichkeit des Zustands x_i . Ich betone, dass die Gleichung Unsicherheit misst, nicht Bedeutung, Bewusstsein oder kosmische Ordnung. Eine geringe Entropie ist daher für mich nicht automatisch mit höherer Erkenntnis oder stärkerer Bewusstheit gleichzusetzen.

1.3 Prana und Nadis als heuristisches Modell

Prana und Nadis gehören zu historischen südasiatischen Körper- und Praxislehren. Ich erkenne ihre kulturelle, philosophische und phänomenologische Bedeutung an. Ihre unmittelbare Gleichsetzung mit elektromagnetischen Feldern halte ich jedoch für nicht experimentell nachgewiesen.

Wenn ich Prana als wissenschaftliches Modell verwenden will, führe ich zunächst eine hypothetische Feldgröße ein:

$$P(r, t)$$

Dabei ist P für mich ausdrücklich ein Modellparameter, nicht der Name eines bereits entdeckten physikalischen Feldes. Ein prüfbares Modell müsste für mich festlegen:

- welche physikalische Einheit P besitzt,
- mit welchem Sensor es gemessen werden kann,
- wie es sich von bekannten elektrischen und magnetischen Feldern unterscheidet,
- welche Vorhersage das Modell ermöglicht,
- unter welchen Bedingungen es als widerlegt gelten müsste.

Die ursprünglich verwendeten Gleichungen

$$\nabla \cdot P = \rho_{\text{info}}$$

$$\nabla \times P = \mu_0 J_{\text{bio}} + \epsilon_0 \partial E_{\text{bio}} / \partial t$$

ähneln formal den Maxwell-Gleichungen. Ich betone aber, dass diese Ähnlichkeit noch kein neues Naturgesetz begründet. Insbesondere sind die Dimensionen von P und ρ_{info} nicht definiert. Außerdem vermische ich in der zweiten Gleichung ein neu eingeführtes Feld mit Größen aus der Elektrodynamik, ohne eine konsistente Lagrange-Dichte, Materialgleichung oder experimentelle Herleitung anzugeben.

Die Bedingung

$$dr \times P = 0$$

besagt lediglich, dass ein Wegelement lokal parallel zum Feld liegt. Daraus folge ich weder eine laminare Strömung noch einen verlustfreien Informationstransport. Meine wissenschaftlich vorsichtiger Deutung lautet: Falls sich reproduzierbare räumliche Muster physiologischer Kopplung finden lassen, könnte ich prüfen, ob traditionelle Nadi-Beschreibungen statistisch mit diesen Mustern korrespondieren.

1.4 Kriterien wissenschaftlicher Operationalisierung

Ich fordere, dass eine naturwissenschaftliche Hypothese mindestens vier Bedingungen erfüllt:

- 1 Begriffsdefinition: Die verwendeten Größen müssen eindeutig definiert sein.

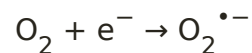
- 2 Messbarkeit: Es muss ein Messverfahren angegeben werden.
- 3 Vorhersage: Das Modell muss eine beobachtbare Konsequenz erzeugen.
- 4 Falsifizierbarkeit: Ein mögliches Ergebnis muss das Modell widerlegen können.

Mein Forschungsprogramm fragt daher nicht, ob Prana "wirklich existiert", sondern welche messbaren physiologischen Veränderungen mit bestimmten Atem-, Aufmerksamkeits- oder Meditationspraktiken verbunden sind.

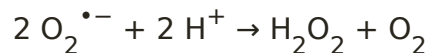
2. Biophysik ultraschwacher Photonenemission

2.1 Mitochondrien, Redoxreaktionen und Photonen

Mitochondrien erzeugen durch oxidative Phosphorylierung den überwiegenden Teil des zellulären ATP. Während des Elektronentransports kann ein kleiner Anteil der Elektronen vorzeitig auf Sauerstoff übertragen werden. Dabei entstehen reaktive Sauerstoffspezies, insbesondere Superoxid:



Superoxid kann durch Superoxiddismutase zu Wasserstoffperoxid umgesetzt werden:



Die ursprüngliche Reaktionsgleichung war chemisch zu stark vereinfacht: Bei dieser Dismutation entsteht nicht regelhaft Singulett-Sauerstoff. Ultraschwache Photonenemission kann vielmehr aus mehreren oxidativen Reaktionswegen hervorgehen. Dazu gehören angeregte Carbonylverbindungen und Singulett-Sauerstoff, die beim Rückgang in energieärmere Zustände Photonen emittieren können.

Allgemein lässt sich der radiative Übergang schreiben als



wobei M^* ein elektronisch angeregtes Molekül bezeichnet. Für das Photon gilt die Planck-Einstein-Beziehung

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

Hierbei sind

$$h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

das Plancksche Wirkungsquantum, c die Lichtgeschwindigkeit und λ die Wellenlänge. Ultraschwache Photonenemission ist in biologischen Geweben nachweisbar und steht mit oxidativem Stoffwechsel sowie Redoxzuständen in Zusammenhang. Ob sie lediglich ein Nebenprodukt darstellt oder selbst eine physiologische Signalfunktion erfüllt, ist noch offen.²³

2.2 Ein allgemeines Emissionsmodell

Eine vereinfachte Photonenbilanz kann als

$$dN_Y/dt = \eta R_{\text{exc}}(t) - k_{\text{abs}} N_Y(t) - k_{\text{esc}} N_Y(t)$$

formuliert werden. Dabei bedeuten:

- $N_Y(t)$: effektive Zahl der Photonen im betrachteten Volumen,
- $R_{\text{exc}}(t)$: Bildungsrate angeregter Molekülzustände,
- η : Quantenausbeute,
- k_{abs} : Absorptionsrate,
- k_{esc} : Austritts- oder Streurrate.

Bei konstanten Koeffizienten ergibt sich formal

$$N_Y(t) = N_Y(0) e^{-kt} + \eta \int_0^t R_{\text{exc}}(\tau) e^{-k(t-\tau)} d\tau$$

$$k = k_{\text{abs}} + k_{\text{esc}}$$

Dieses Modell ist physikalisch interpretierbar, stellt aber noch keine validierte Beschreibung des Gehirngewebes dar. Seine Parameter müssten experimentell bestimmt werden.

2.3 Das Cerebellum als mögliche optische Struktur

Das Cerebellum besitzt eine hochgradig regelmäßige Mikroarchitektur und enthält einen großen Anteil der Neuronen des menschlichen Gehirns. Seine Faltung und die parallele Anordnung bestimmter Zell- und Faserstrukturen machen es für geometrische Modellierungen interessant.

Die Bezeichnung als photonischer Kristall halte ich dennoch für gegenwärtig nicht gerechtfertigt. Ein photonischer Kristall verlangt eine periodische Variation des Brechungsindex in einer Größenordnung, die relevante photonische Bandlücken erzeugt. Für das Cerebellum sind weder eine solche Bandstruktur noch eine verlustarme Führung endogener Photonen in vivo nachgewiesen, wie ich feststelle.

Eine prüfbare Hypothese könnte lauten: Die Mikroarchitektur des Cerebellums beeinflusst Ausbreitung, Streuung oder Absorption ultraschwacher Photonen in einer von ungeordnetem Gewebe unterscheidbaren Weise. Hierzu wären Messungen von Brechungsindex, Absorptionskoeffizient, Streulänge, Emissionsspektrum und räumlicher Photonenverteilung erforderlich.

2.4 Grenzen der Resonanzraum-Hypothese

Die folgenden Aussagen müssen getrennt bewertet werden:

- Belegt: Nervengewebe kann ultraschwache Photonen emittieren.
- Belegt: Die Emission hängt mit Stoffwechsel und oxidativen Prozessen zusammen.

- Nicht hinreichend belegt: Photonen koordinieren makroskopische neuronale Netzwerke.
- Nicht belegt: Das Cerebellum arbeitet als verlustarmer optischer Resonator.
- Nicht belegt: Biophotonen übertragen Informationen schneller als elektrochemische neuronale Signale.

Ich betrachte die Resonanzraum-Hypothese daher als Forschungsfrage, nicht als Ergebnis.

3. Optogenetik und algebraische Topologie

3.1 Lichtgesteuerte Ionenkanäle

Optogenetik verbindet genetisch exprimierte lichtempfindliche Proteine mit räumlich und zeitlich kontrollierter Beleuchtung. Channelrhodopsine sind mikrobielle Opsine, die nach Absorption von Licht als Ionenkanäle wirken. Die molekulare Photoreaktion des gebundenen Retinals löst Konformationsänderungen und schließlich die Öffnung des Kanals aus.

Channelrhodopsin-2 wurde als direkt lichtgesteuerter Kationenkanal charakterisiert. Später wurde gezeigt, dass genetisch definierte Nervenzellen damit im Millisekundenbereich kontrolliert werden können.⁴⁵

Mir ist wichtig: Nervenzellen reagieren in der Optogenetik nicht notwendigerweise nativ auf das steuernde Licht. Meist werden die lichtempfindlichen Proteine durch genetische Verfahren in den Zielzellen exprimiert.

3.2 Modellierung optogenetischer Ströme

Ein vereinfachter lichtinduzierter Membranstrom kann geschrieben werden als

$$I_{\text{ChR}}(t) = \bar{g}_{\text{ChR}} \cdot o(t) \cdot [V_m(t) - E_{\text{rev}}]$$

Dabei sind:

- $\bar{g}_{\text{ChR}}$: maximale Leitfähigkeit,
- $o(t)$: Anteil offener Kanäle,
- $V_m(t)$: Membranpotenzial,
- E_{rev} : Umkehrpotenzial.

Eine einfache Zweizustandskinetik lautet

$$do/dt = k_{\text{on}}(I, \lambda) (1 - o) - k_{\text{off}} o$$

wobei I die Lichtintensität und λ die Wellenlänge bezeichnet. Realistischere Modelle verwenden mehrere Zustände, um Aktivierung, Desensibilisierung und Erholung abzubilden.

Die ursprüngliche Bezeichnung "optogenetische Feldgleichung" halte ich für irreführend. Es handelt sich nicht um ein neues Feldgesetz, sondern um eine Leitwertgleichung in der Tradition biophysikalischer Membranmodelle.

3.3 Topologische Datenanalyse

Topologische Datenanalyse untersucht robuste Formmerkmale komplexer Daten. Bei neuronalen Daten kann eine Punktwolke

$$X = \{x_1, \dots, x_n\} \subset \mathbb{R}^d$$

aus Aktivitätsvektoren, Zeitfenstern oder funktionellen Konnektivitätsmustern gebildet werden. Aus den paarweisen Distanzen entsteht eine Filtration von simplizialen Komplexen.

Für eine Vietoris-Rips-Filtration gilt beispielsweise

$$VR_\varepsilon(X) = \{\sigma \subseteq X : d(x_i, x_j) \leq \varepsilon \text{ für alle } x_i, x_j \in \sigma\}$$

Während der Skalenparameter ε wächst, entstehen und verschwinden topologische Merkmale. Persistente Homologie beschreibt ihre Lebensdauer.

3.4 Persistente Homologie und Betti-Zahlen

Die k-te Betti-Zahl ist

$$\beta_k = \text{rank } H_k$$

Sie beschreibt die Anzahl unabhängiger topologischer Merkmale einer Dimension:

- β_0 zählt zusammenhängende Komponenten.
- β_1 zählt unabhängige Schleifen.
- β_2 zählt zweidimensionale Hohlräume.

Diese Größen sind für mich abstrakte Eigenschaften des gewählten Datenkomplexes. Sie dürfen nicht ohne zusätzliche Begründung mit konkreten "synaptischen Kreisläufen" oder räumlichen "Aktivitätsblasen" gleichgesetzt werden.

Persistente Homologie wird bereits auf funktionelle und strukturelle Hirnnetzwerke angewendet. Ihre Ergebnisse hängen jedoch von Datenqualität, Distanzmaß, Filtration und statistischer Validierung ab.⁶⁷

4. Topologische künstliche Intelligenz

4.1 Graph-Transformer

Ein Gehirnnetzwerk kann als Graph

$$G = (V, E, X)$$

modelliert werden. Dabei sind V die Knoten, E die Kanten und X die Knotenmerkmale. In einem Graph-Transformer wird die Aufmerksamkeit typischerweise aus Query-, Key- und Value-Darstellungen berechnet:

$$q_i = W_Q x_i, \quad k_j = W_K x_j, \quad v_j = W_V x_j$$

Der Standard-Attention-Score lautet

$$s_{ij} = q_i^T k_j / \sqrt{d_k}$$

4.2 Topologisch gewichtete Aufmerksamkeit

Ein topologischer Bias kann ergänzt werden:

$$s_{ij}^{\text{top}} = q_i^T k_j / \sqrt{d_k} + \gamma b_{ij}^{\text{top}} + m_{ij}$$

wobei b_{ij}^{top} topologische Informationen und m_{ij} gegebenenfalls eine Graphmaske enthält. Die normalisierten Gewichte sind

$$\alpha_{ij} = \exp(s_{ij}^{\text{top}}) / \sum_{k \in N(i)} \exp(s_{ik}^{\text{top}})$$

Die Ausgabe für Knoten i lautet

$$z_i = \sum_{j \in N(i)} \alpha_{ij} v_j$$

Diese Formulierung korrigiert die unvollständige Klammerung der ursprünglichen Gleichung.

4.3 Konstruktion des topologischen Bias

Der zentrale wissenschaftliche Punkt ist die Definition von b_{ij}^{top} . Eine mögliche Konstruktion lautet

$$b_{ij}^{\text{top}} = w_1 \phi_{ij}^{(0)} + w_2 \phi_{ij}^{(1)} + w_3 \phi_{ij}^{(2)}$$

wobei die Merkmale $\phi_{ij}^{(k)}$ aus persistenten Darstellungen verschiedener Homologiedimensionen gewonnen werden.

Alternativ können globale Persistenzdiagramme in Vektoren überführt werden:

$$p = \text{Vec}(D_0, D_1, D_2)$$

wobei D_k das Persistenzdiagramm der Dimension k bezeichnet. Diese Repräsentation kann mit neuronalen Graphmerkmalen fusioniert werden.

Die Architektur ist mathematisch plausibel, aber ihre Neuheit und Leistungsfähigkeit müssen durch Ablationsstudien geprüft werden. Notwendig wären mindestens:

- Vergleich mit klassischen Graph Neural Networks,
- Vergleich mit Graph-Transformern ohne Topologie-Bias,
- Untersuchung verschiedener Filtrationen,
- externe Validierung,
- Robustheitsprüfung gegen Rauschen und Scannerunterschiede.

4.4 Grenzen quantenbiologischer Steuerungsmodelle

Die zeitabhängige Schrödinger-Gleichung für ein mikroskopisches System unter einem externen elektrischen Feld kann geschrieben werden als

$$i\hbar \partial/\partial t |\psi(t)\rangle = \hat{H}(t) |\psi(t)\rangle$$

$$\hat{H}(t) = \hat{H}_0 - \hat{\mu} \cdot E_{\text{ext}}(t)$$

Diese Gleichung ist formal korrekt. Ihre Anwendung auf "neuronales Gewebe als Ganzes" halte ich jedoch für problematisch. Gehirngewebe ist ein warmes, offenes, stark wechselwirkendes System. Relevante Freiheitsgrade unterliegen Dekohärenz und dissipativer Dynamik. Eine realistischere mikroskopische Beschreibung müsste daher gegebenenfalls eine Dichtematrix ρ verwenden:

$$d\rho/dt = -(i/\hbar) [\hat{H}, \rho] + L(\rho)$$

wobei L die Kopplung an die Umgebung repräsentiert.

Aus diesen Gleichungen folgt für mich keine berührungslose Einspeisung von Wissen. Optogenetische Steuerung setzt gegenwärtig lichtempfindliche molekulare Werkzeuge, zielgerichtete Expression und eine geeignete Lichtzuführung voraus. Die Schrödinger-Gleichung allein überbrückt diese biologischen und technischen Voraussetzungen nicht.

5. Neurophänomenologie und veränderte Bewusstseinszustände

5.1 Methodische Grundlagen

Ich verstehe Neurophänomenologie als Verbindung systematischer Berichte über subjektive Erfahrung mit Messungen neuronaler und körperlicher Prozesse. Mein Ziel ist weder die Reduktion subjektiver Erfahrung auf Hirndaten noch die Ersetzung empirischer Methoden durch Introspektion. Vielmehr beziehe ich beide Datenbereiche methodisch kontrolliert aufeinander.

Für die Erforschung von Trancezuständen wären beispielsweise zu kombinieren:

- strukturierte Erlebnisberichte,
- EEG oder MEG,
- Atem- und Herz-Kreislauf-Daten,
- Bewegungs- und Muskelartefakte,
- Kontrollbedingungen,
- verblindete oder teilverblindete Auswertung.

Varelas Ansatz bildet hierfür einen wichtigen methodischen Ausgangspunkt.⁸⁹

5.2 Trance, Rhythmus und neuronale Oszillationen

Rhythmisches Trommeln, Gesang, Atmung und Bewegung können Aufmerksamkeit, Erwartung, autonome Regulation und subjektives Zeiterleben verändern. Welche neuronalen Muster auftreten, hängt jedoch von Person, Praxis, Kultur, Messmethode und Versuchsdesign ab.

Die Aussage, bei schamanischer Trance kollabierten generell "kognitive Filter", halte ich für zu unpräzise. Wissenschaftlich untersuchbar wären stattdessen Veränderungen von:

- sensorischer Gewichtung,
- Aufmerksamkeitskontrolle,
- Selbstrepräsentation,
- funktionaler Konnektivität,
- spektraler EEG-Leistung,
- Kreuzfrequenzkopplung.

5.3 Phase-Amplituden-Kopplung

Bei der Phase-Amplituden-Kopplung wird untersucht, ob die Amplitude einer schnellen Oszillation systematisch von der Phase einer langsameren Oszillation abhängt. Ein verbreiteter Modulationsindex beruht auf der Kullback-Leibler-Divergenz.

Für N Phasenintervalle sei

$$P = \{P(1), P(2), \dots, P(N)\}$$

die normalisierte Verteilung der mittleren schnellen Amplitude. Die Entropie lautet

$$H(P) = -\sum_{i=1}^N P(i) \ln P(i)$$

Für die Gleichverteilung

$$U(i) = 1/N$$

gilt

$$D_{KL}(P\|U) = \sum_{i=1}^N P(i) \ln(P(i) / (1/N))$$

Daraus folgt

$$D_{KL}(P\|U) = \ln N - H(P)$$

und somit

$$MI_{PAC} = D_{KL}(P\|U) / \ln N = (\ln N - H(P)) / \ln N$$

Die Formel ist korrekt. Ich folgere aber nicht, dass hohe PAC automatisch Bewusstseinsweiterung oder neuronale Kritikalität beweist. Erhöhte PAC tritt auch bei Schlaf, Gedächtnisprozessen und bestimmten pathologischen Zuständen auf. Zudem können nicht sinusförmige Signalformen, Filterung und gemeinsame Quellen scheinbare Kopplungen erzeugen, wie ich feststelle.

5.4 Hypothese neuronaler Kritikalität

Neuronale Kritikalität bezeichnet die Hypothese, das Gehirn operiere in bestimmten Situationen nahe einem Phasenübergang. Untersucht werden unter anderem Größenverteilungen neuronaler Lawinen, Verzweigungsverhältnisse, Korrelationslängen und Skalengesetze.

Kritikalität ist jedoch nicht identisch mit minimaler Entropie einer PAC-Verteilung. Beide Konzepte beruhen auf unterschiedlichen mathematischen Objekten. Eine Verbindung müsste empirisch gezeigt werden.

Meine Hypothese lautet: Bestimmte Trancepraktiken verändern Maße neuronaler Dynamik, darunter Kreuzfrequenzkopplung und Indikatoren der Nähe zu kritischen Zuständen. Diese Hypothese kann ich prüfen. Die Behauptung, schamanische Trance

sei exakt ein Zustand maximaler Kritikalität, halte ich nach gegenwärtigem Kenntnisstand für nicht belegt. Die Kritikalitätshypothese selbst besitzt empirische Unterstützung, bleibt aber methodisch umstritten.¹⁰

6. Chakren, Prana und körperliche Regulation

6.1 Historische und phänomenologische Bedeutung

Chakren sind für mich Elemente historischer tantrischer und yogischer Systeme. Sie strukturieren Körpererfahrung, Aufmerksamkeit, Visualisierung und religiöse Praxis. Moderne Zuordnungen zu endokrinen Drüsen betrachte ich als vergleichende Interpretationen, nicht als etablierte Anatomie.

Deshalb spreche ich nicht von einer "Verifikation" des Chakrensystems. Wissenschaftlich vertretbar halte ich die Untersuchung, ob Praktiken, die ihre Aufmerksamkeit auf bestimmte Körperregionen richten, messbare autonome, neuronale oder hormonelle Veränderungen hervorrufen.

6.2 Vergleichende Zuordnung

Traditionelles Zentrum	Körperregion	Moderne Vergleichshypothese
Sahasrara	Scheitel	Keine einzelne anatomische Entsprechung
Ajna	Stirnregion	Aufmerksamkeits- und visuelle Prozesse; keine exakte Drüsenzuordnung
Vishuddha	Hals	Schilddrüse, Kehlkopf und zervikale Strukturen
Anahata	Brust	Herz, Lunge und kardiorespiratorische Interozeption
Manipura	Oberbauch	enterisches Nervensystem, Stoffwechselorgane und Zöliakusplexus
Svadhithana	Becken	Beckenorgane, autonome Regulation und Gonaden
Muladhara	Beckenboden	sakrale Nerven, Beckenboden und somatische Körperwahrnehmung

Diese Tabelle beschreibt für mich Analogien, keine anatomische Identität. Besonders problematisch halte ich Aussagen über makroskopische Quantenkohärenz, globale Informationsfelder oder lokale Maxima mitochondrialer Lichtemission, solange dafür keine kontrollierten Messdaten vorliegen.

6.3 Pranayama, Hypoxie und Hyperkapnie

Atemanhalten führt typischerweise zu einem Anstieg des Kohlendioxidpartialdrucks und einem Abfall des Sauerstoffpartialdrucks. Ausmaß und zeitlicher Verlauf hängen unter anderem von Lungenvolumen, Stoffwechsel, Trainingszustand und vorausgegangener Atmung ab.

Die grundlegenden Veränderungen können näherungsweise als

$$dP_{O_2}/dt < 0 \quad \text{und} \quad dP_{CO_2}/dt > 0$$

beschrieben werden.

Mitochondriale ROS-Produktion hängt nicht monoton von Sauerstoff allein ab. Sie wird durch Redoxzustand, Membranpotenzial, Substratangebot, Komplexaktivität und Gewebetyp beeinflusst. Die ursprüngliche Gleichung

$$R_{ROS}(P_{O_2}) = R_{max} \cdot P_{O_2} / (P_{O_2} + K_m)$$

behauptet eine universell steigende ROS-Rate bei fallendem Sauerstoff. Dafür gibt es keine allgemeine biochemische Grundlage.

Ein vorsichtiges phänomenologisches Modell wäre

$$R_{ROS} = f(P_{O_2}, \Delta\Psi_m, S, R_{red}, T, pH)$$

wobei $\Delta\Psi_m$ das mitochondriale Membranpotenzial, S das Substratangebot und R_{red} den Reduktionszustand der Elektronentransportkette bezeichnet.

Hypoxie und Reoxygenierung können ROS-Signale verändern. Ich folgere daraus jedoch weder eine "explosive" Lichtkaskade bei normalem Pranayama noch eine biologische Kernfusion. Letztere Bezeichnung halte ich für physikalisch falsch: Zellatmung beruht auf chemischen Redoxreaktionen, nicht auf der Verschmelzung von Atomkernen.^{11 12}

6.4 Modell des Photonenflusses

Wenn ich einen Zusammenhang zwischen Atemphasen und UPE prüfen will, verwende ich folgende Arbeitshypothese:

$$\Phi_{UPE}(t) = \eta \int_0^t R_{exc}(\tau) e^{-\lambda(t-\tau)} d\tau$$

Dabei ist R_{exc} für mich nicht mit ROS allgemein gleichzusetzen, sondern bezeichnet die Rate tatsächlich photonenerzeugender angeregter Zustände. λ fasst Verlustprozesse zusammen. Mein Modell sagt voraus, dass Veränderungen der Stoffwechsel- und Redoxdynamik zeitverzögert in der gemessenen Photonenrate erscheinen können.

Ein experimentelles Protokoll müsste mindestens folgende Größen gleichzeitig erfassen:

- ausgeatmetes CO_2 ,
- Sauerstoffsättigung,
- Atemvolumen und Atemphase,
- Herzfrequenz und Blutdruck,
- UPE mit gekühltem Photomultiplier,

- Umgebungstemperatur und Dunkeladaption,
- Kontrollmessungen ohne Atemmanipulation.

Aus Sicherheitsgründen dürfen meiner Ansicht nach ausgeprägte oder verlängerte Apnoeversuche nicht ohne medizinisch geeignetes Protokoll durchgeführt werden.

7. Hypnose: Neurobiologie und klinische Anwendung

7.1 Definition und historischer Kontext

Ich definiere Hypnose als "einen Bewusstseinszustand mit fokussierter Aufmerksamkeit und reduziertem Bewusstsein für die Umgebung, der durch eine erhöhte Fähigkeit zur Reaktion auf Suggestionen gekennzeichnet ist." Diese Definition wurde von De Benedittis (2025) in einem Editorial der Zeitschrift Brain Sciences formuliert, das eine Sonderausgabe mit acht begutachteten Artikeln einleitet.¹³

Historisch reicht die Hypnose, wie ich verfolge, von den animalischen Magnetismus-Praktiken Mesmers im 18. Jahrhundert über die klinische Etablierung durch Charcot, Bernheim und Freud bis zur modernen neurobiologischen Erforschung mit bildgebenden Verfahren. Die Frage, ob Hypnose einen eigenständigen Bewusstseinszustand darstellt oder vielmehr eine Form der suggestiven Beeinflussung in einem normalen Wachzustand ist, diskutiere ich weiterhin.¹⁴

7.2 Neuronale Korrelate der Hypnose

Ich habe Neuroimaging-Studien mittels fMRI, PET und EEG ausgewertet, die konsistente Muster zeigen. Während der Hypnose kommt es typischerweise zu:

- Reduzierter Aktivität des Default Mode Network (DMN): Das DMN ist mit selbstreferenzieller Verarbeitung, Tagträumen und Gedankenwandern assoziiert. Seine Reduktion während der Hypnose korreliert mit veränderter Selbstwahrnehmung und reduziertem selbstreferenziellem Denken.¹⁵
- Verstärkte Kopplung zwischen Executive Control Network (ECN) und Salience Network (SN): Diese erhöhte Konnektivität könnte die fokussierte Aufmerksamkeit und die erhöhte Suggestibilität während der Hypnose reflektieren.¹⁵
- Modulation der funktionellen Konnektivität des präfrontalen Kortex: Störungen der funktionalen Integration des Executive Control Network könnten mit veränderten subjektiven Erfahrungen von Handlungsverursachung (agency) während der Hypnose zusammenhängen.¹⁴

Ich lege dar, dass Hypnose durch die komplexe Interaktion mehrerer kognitiver Netzwerke vermittelt wird, nicht durch die isolierte Funktion spezifischer Gehirnregionen.¹⁶

7.3 Hypnotisierbarkeit und physiologische Korrelate

Hypnotisierbarkeit variiert interindividuell erheblich. Malloggi und Santarcangelo (2023) zeigten in einem Scoping Review, dass Personen mit unterschiedlicher Hypnotisierbarkeit Unterschiede in folgenden Dimensionen aufweisen:

- funktionaler Äquivalenz zwischen Vorstellung und Wahrnehmung/Handlung,
- motorischer Kortex-Exzitabilität,
- interozeptive Genauigkeit,
- Kontrolle der Blutversorgung.

Diese Unterschiede könnten mit strukturellen und funktionellen Gehirnmerkmalen zusammenhängen und prognostische sowie therapeutische Ergebnisse beeinflussen.¹³

Auf peripherer Ebene moduliert Hypnose das autonome Nervensystem: Sympathische Aktivität wird reduziert, parasympathische Aktivität erhöht. Dies führt zu Entspannung des Körpers, verminderter Angst und reduzierter Schmerzwahrnehmung.¹⁷

7.4 Klinische Evidenz und Grenzen

Hypnose wird klinisch eingesetzt bei Schmerzmanagement, Angststörungen, Posttraumatischer Belastungsstörung, Schlafstörungen und bei der Behandlung von Fibromyalgie. Die Evidenzbasis ist am stärksten für hypnotische Analgesie, wo Metaanalysen moderate bis große Effektgrößen zeigen.

Grenzen ergeben sich aus der Variabilität der Hypnotisierbarkeit, der Schwierigkeit der Standardisierung von Suggestionen und methodischen Herausforderungen wie der Kontrolle von Erwartungseffekten und Placebo-Antworten. Zudem sind die neuronalen Mechanismen, die spezifisch für die hypnotische Reaktion sind, von denen der allgemeinen Entspannung oder Meditation noch nicht vollständig abgegrenzt.

8. Schamanismus: Neuroanthropologie der Trance

8.1 Kulturelle und historische Grundlagen

Schamanismus ist für mich eine der ältesten bekannten spirituellen Praxisformen und findet sich in indigenen Kulturen weltweit. Ich verstehe den Schamanismus als Kombination aus Heilpraktiken, divinatorischen Techniken und spiritueller Vermittlung mit ritueller Trommelmusik, Gesang und Tanz. Die anthropologische Forschung, der ich folge, versteht Schamanismus nicht als einheitliche Religion, sondern als ein Bündel kultureller Praktiken, die veränderte Bewusstseinszustände (Altered States of Consciousness, ASCs) systematisch nutzen.¹⁸

Winkelman prägte den Begriff des "integrativen Bewusstseinsmodus" (integrative mode of consciousness), der schamanische Trance als biologisches Potenzial des menschlichen Gehirns für nicht-alltägliche Bewusstseinszustände versteht, das durch kulturelle Überzeugungen, Praktiken und Training geformt wird.¹⁹

8.2 Der schamanische Bewusstseinszustand (SSC)

Der schamanische Bewusstseinszustand (Shamanic State of Consciousness, SSC) wurde von Harner als von alltäglichen Wachzuständen unterschiedener Bewusstseinsmodus definiert. In einer EEG-Studie an 18 erfahrenen schamanischen Heilpraktikerinnen und Heilpraktikern sowie 19 Kontrollpersonen untersuchten Huels et al. (2021) die neuronalen Korrelate des SSC.²⁰

Methodik: Die Teilnehmer wurden mit rhythmischer Trommelmusik (25 Minuten Aufnahme von Michael Harner) in einen Trancezustand versetzt. Kontrollbedingungen umfassten klassische Musik und Ruhephasen. Das subjektive Erleben wurde mit dem 66-Item OAV-Fragebogen erfasst. Das EEG wurde mit 64 Kanälen aufgezeichnet.²⁰

Die wichtigsten Befunde:

- Erhöhte Konnektivität im posterioren cingulären Kortex (PCC), einem zentralen Knoten des Default Mode Network, während des SSC.
- Erhöhte Konnektivität im anterioren cingulären Kortex (ACC) und in der Insula, beide Bestandteile des Salience Network.
- Die neuronalen Muster unterschieden sich von denen, die unter psychedelischen Substanzen berichtet wurden, was auf unterschiedliche Mechanismen hinweist.
- Bei Kontrollpersonen, die unter denselben Trommelmusikbedingungen ruhten, traten diese Muster nicht auf.

8.3 Neurophysiologische Befunde

Eine Fallstudie von Toriz et al. (2024) untersuchte die EEG-Aktivität einer 81-jährigen schamanischen Praktizierenden aus Puebla, Mexiko, während verschiedener Ritualphasen.¹⁹

Die EEG-Aufzeichnungen zeigten:

- Prädominante Gamma-Aktivität (30-60 Hz), alternierend mit Beta-Aktivität, während der Trancephasen.
- Diese Alternation könnte ein plastisches Phänomen widerspiegeln, das die Integration von Aufmerksamkeit auf externe und interne Referenzen moduliert.
- Unterstützung zeitlicher Schemata für Handlung, schnelles und flexibles Denken sowie Integration von Gedächtnis-, Sensorik- und Vorstellungselementen.

Zusätzlich fand eine Studie von Hagemann et al. (2017) mittels quantitativem EEG-Mapping und LORETA-Quellenlokalisation, dass der SSC eine Verschiebung vom normalerweise dominanten linken analytischen zum rechten experienciellen Modus der Selbsterfahrung beinhaltet.²¹

Ein Scoping Review von Rousselière et al. (2024) fasste die Forschung zu schamanischen Trancepraktiken zusammen und kam zu dem Schluss, dass diese Trancezustände nicht-pathologisch sind, sich in Phänomenologie und Neurophysiologie von normalen Bewusstseinszuständen unterscheiden und durch multiple persönliche und Umweltvariablen beeinflusst werden.²²

8.4 Integrative Bewusstseinsmodi

Ich schließe aus der neuroanthropologischen Forschung, dass schamanische Trance kein pathologischer Zustand ist, sondern ein strukturiertes Spektrum veränderter Bewusstseinszustände, die kulturell geformt und individuell variabel sind. Die Kombination aus rhythmischer Stimulation, intentionaler Aufmerksamkeitslenkung und kulturell vermittelten Bedeutungssystemen erzeugt für mich neuronale Muster, die sich von alltäglichem Wachbewusstsein unterscheiden.

Ich betone jedoch, dass die Forschung noch am Anfang steht. Die Autoren aller zitierten Studien betonen den explorativen Charakter ihrer Befunde und ich fordere größere Stichproben, verbesserte EEG-Analysen mit Gehirntopographie und Kontrollsituationen.

9. Paranormale Phänomene: Wissenschaftliche Perspektiven

9.1 Definition und Abgrenzung

Ich definiere paranormale Phänomene als Erfahrungen oder Ereignisse, die scheinbar die Grenzen etablierter wissenschaftlicher Modelle überschreiten. Die Parapsychologie untersucht nach meinem Verständnis Anomalien von Verhalten und Erfahrung, die als paranormal bezeichnet werden. Ich unterteile sie in zwei Hauptbereiche: ²³

- Extrasensorische Wahrnehmung (ESP): Telepathie (Kommunikation zwischen räumlich getrennten Personen außerhalb sensorischer Reichweite), Clairvoyance (Wahrnehmung verborgener Objekte oder Ereignisse) und Präkognition (Wahrnehmung zukünftiger Ereignisse).
- Psychokinese (PK): Physische Ereignisse, die scheinbar ohne anerkannte motorische Organe auftreten, einschließlich Poltergeist-Phänomene und paranormale Heilung.

9.2 Parapsychologische Forschung

Ich stelle fest, dass die parapsychologische Forschung über eine mehr als hundertjährige Geschichte formaler empirischer Untersuchung verfügt. Dennoch konstatiere ich mit kritischen Überblicken, dass Parapsychologen bislang keine einzige zuverlässige, reproduzierbare Demonstration "paranormalen" oder "psi"-Phänomene produziert haben. ²⁴

Die Standardmodelle der Wissenschaft gehen davon aus, dass das, was als paranormale Phänomene erscheint, meist auf Fehlinterpretationen, Missverständnissen oder anomalen, aber nicht übersinnlichen Erfahrungen beruht. ²⁵

9.3 Methodologische Herausforderungen

Die methodologischen Herausforderungen der Parapsychologie sind beträchtlich:

- 1 Reproduzierbarkeit: Parapsychologische Experimente haben bislang keine unabhängig replizierbaren Ergebnisse hervorgebracht.
- 2 Kontrollprobleme: Sensory leakage, statistische Artefakte und Auswahlverzerrungen (publication bias) sind schwer auszuschließen.
- 3 Theoriebildung: Es fehlt eine konsistente theoretische Grundlage, die vorhersagbare, testable Hypothesen generiert.
- 4 Falsifizierbarkeit: Die Schwierigkeit, paranormale Hypothesen zu falsifizieren, führt dazu, dass viele Wissenschaftler Parapsychologie als Pseudowissenschaft betrachten. ²⁶

9.4 Reinkarnationsforschung und außersinnliche Wahrnehmung

Trotz der generellen Skepsis gibt es eine beachtliche Zahl von Falluntersuchungen. Unabhängige Umfragen fanden, dass 10-15% der Befragten Kommunikationen von Personen berichteten, die sich nicht in Kontakt mit ihnen befanden. Diese wurden allgemein visuell oder auditorisch wahrgenommen.²³

Im Bereich der Reinkarnationsforschung wurden über etwa fünf Jahrzehnte hinweg rund 2.600 Fälle wissenschaftlich untersucht, wobei in 64-80% der Fälle eine Identifizierung einer verstorbenen Person gelang.²³ Diese Befunde sind jedoch umstritten und stehen vor erheblichen methodologischen Problemen, insbesondere was die Zuverlässigkeit von Erinnerungsberichten, Bestätigungsverzerrungen und die Möglichkeit konventioneller Erklärungen betrifft.

Ich halte zusammenfassend fest: Die parapsychologische Forschung hat zwar eine Vielzahl von Anomalien dokumentiert, aber keine überzeugende, reproduzierbare Evidenz für paranormale Phänomene im strengen wissenschaftlichen Sinne vorgelegt. Dies schließt für mich nicht aus, dass einzelne Anomalien weiter untersucht zu werden verdienen, aber die Behauptung, paranormale Phänomene seien wissenschaftlich bewiesen, halte ich nach gegenwärtigem Stand für nicht haltbar.

10. Transzendenz: Meditation und Neurophänomenologie

10.1 Das Konzept der Transzendenz

Ich verstehe Transzendenz in der philosophischen und religiösen Tradition als Überschreitung der Grenzen alltäglicher Erfahrung. In der Meditationsforschung verwende ich den Begriff spezifischer: Travis und Shear (2010) schlugen ein Drei-Kategorien-System für Meditationspraktiken vor: Focused Attention, Open Monitoring und Automatic Self-Transcending.²⁷

Automatic Self-Transcending umfasst Praktiken, die über ihre eigenen Ausführungsstufen hinausgehen, darunter Transzendente Meditation (TM) und Dzogchen. Diese Praktiken sind durch frontale Alpha-Aktivität im EEG gekennzeichnet.

10.2 Transzendente Meditation und EEG-Korrelate

Die neurobiologische Forschung zu Meditation zeigt, dass Meditationspraktiken umfassende Effekte auf die Gehirnfunktion haben. Die wichtigsten EEG-Befunde umfassen:²⁷

- Frontale Alpha1-Kohärenz (8-10 Hz): TM ist durch frontale Alpha1-Kohärenz gekennzeichnet, die sich von anderen Meditationsformen unterscheidet.
- Hohe Default Mode Network-Aktivität: Während TM die DMN-Aktivität hoch bleibt, im Gegensatz zu Focused Attention und Open Monitoring, wo sie abnimmt.
- Ventromediale präfrontale und anteriore cinguläre Quellen: MEG-Studien (Yamamoto et al., 2006) identifizierten diese Regionen als Quellen der Alpha-Aktivität während TM.
- Höherer frontaler Blutfluss, niedrigerer Blutfluss im Hirnstamm: fMRI-Untersuchungen (Mahone et al., 2018) zeigten höhere frontale Durchblutung und Deaktivierung von Pons und Cerebellum während Automatic Self-Transcending.

Diese Befunde unterstützen für mich die Theorie, dass TM einen Zustand von "ruhiger Wachsamkeit" (restful alertness) induziert, der sich von Schlaf, Traum und gewöhnlichem Wachzustand unterscheidet.²⁸

10.3 Das Default Mode Network und Selbsttranszendenz

Die Forschung zum ventral-subgenualen anterioren cingulären Kortex (sgACC) und zur Selbsttranszendenz zeigt, dass Selbsttranszendenz signifikant positiv mit dem sgACC korreliert, der eine ventromediale Portion des präfrontalen Kortex (vmPFC) umfasst.²⁹ Diese Region ist involviert in:

- selbstreferenzielle Verarbeitung,

- emotionale Regulation,
- soziale Kognition,
- Belohnungsverarbeitung.

PET-Scans zeigen während TM erhöhte Durchblutung und entsprechende neuronale Aktivität im präfrontalen Kortex (assoziiert mit höheren kognitiven Funktionen) und reduzierte Aktivität im Thalamus und in den basalen Ganglien (assoziiert mit sensomotorischer Verarbeitung).²⁸

10.4 Vierte Bewusstseinsstufe

Einige Forscher schlagen die Existenz eines einzigartigen "vierten Zustands" des Bewusstseins vor, der Transcendental Consciousness (TC) genannt wird und sich von Wachen, Träumen und Schlafen unterscheidet. TC ist charakterisiert durch "Stille," "Grenzenlosigkeit" und "Verlust der Grenzen von Zeit, Raum und Körpergefühl."³⁰

Eine Metaanalyse der funktionalen Neuroimaging bei Meditation und Psychedelika untersuchte das "selbst-transzendente Gehirn" und fand Hinweise auf gemeinsame neuronale Korrelate beider Praktiken.³¹

Mir ist wichtig: Die Konzepte der Transzendenz und der vierten Bewusstseinsstufe sind empirisch untersuchbar, aber nicht unumstritten. Die Phänomenologie dieser Zustände ist für mich subjektiv und erfordert eine Kombination aus strukturierten Erlebnisberichten, EEG/MEG-Messungen und Kontrollbedingungen, wie ich in der Neurophänomenologie nach Varela fordere.

11. Voodoo/Vodou: Religion, Neuroanthropologie und Besessenheitstrance

11.1 Historische und kulturelle Grundlagen

Vodou (auch Voodoo oder Vodun) ist eine komplexe afroamerikanische Religion mit Ursprüngen in Westafrika, die sich insbesondere in Haiti, Louisiana und anderen Karibikstaaten entwickelte. Das Wort "Voodoo" leitet sich von "Vodun" ab, was "Geist" bedeutet; ein Vodouisant ist eine Person, die "den Geistern dient."³²

Die Religion ist eine heterogene, synkretistische Praxis, die sich um Abstammungsgruppen organisiert, die ihre Identitäten auf Widerstand gegen Plantagensklaverei, wirtschaftliche Freiheit und Landbesitz zurückführen.³³ Vodou integriert Elemente westafrikanischer Religionen mit katholischen Heiligenverehrungen, die durch die Bedingungen der Sklaverei erzwungen wurden.

11.2 Spirituelle Besessenheit und Trance

Ein zentrales Element des Vodou ist für mich die Besessenheitstrance, bei der ein Geist (Lwa oder Loa) angeblich in den Körper eines Praktizierenden fährt und durch ihn spricht und handelt. Ich sehe in dieser Praxis Parallelen zu spirituellem Schamanismus weltweit und halte sie für relevant für die Erforschung von Dissoziation, Neuroplastizität und kollektivem Heilen.³⁴

Die Trance wird typischerweise durch rhythmisches Trommeln, Gesang und Tanz induziert, was Parallelen zur schamanischen Tranceinduktion aufweist. Die neuroanthropologische Forschung interpretiert diese Phänomene nicht als pathologisch, sondern als kulturell strukturierte veränderte Bewusstseinszustände, die in ihren jeweiligen sozialen und religiösen Kontexten funktional sind.

11.3 Neurobiologische Parallelen

Obwohl ich bislang keine direkten neuroimaging-Studien zum Vodou gefunden habe, ziehe ich aus der allgemeinen Tranceforschung folgende neurobiologische Parallelen:

- Rhythmische Stimulation: Trommeln bei 4-7 Schlägen pro Sekunde kann Theta-Rhythmen im EEG induzieren, die mit veränderten Bewusstseinszuständen verbunden sind.³⁵
- Default Mode Network-Modulation: Wie bei schamanischer Trance und Hypnose kann Besessenheitstrance mit DMN-Modifikationen einhergehen, die Selbstwahrnehmung und agency verändern.

- Dissoziative Prozesse: Die Besessenheitserfahrung teilt Merkmale mit dissociativen Zuständen, einschließlich veränderter Körperwahrnehmung und veränderter Handlungsverursachung.
- Autonomes Nervensystem: Rhythmische Stimulation und Trance können parasympathische Aktivität erhöhen und sympathische Aktivität reduzieren.

Das Konzept des "Voodoo-Todes" wurde in der medizinischen Anthropologie diskutiert als ein Phänomen, bei dem der Glaube an einen Todesfluch zu physiologischen Veränderungen führt, die tatsächlich zum Tod führen können. Dies illustriert die Macht kultureller Überzeugungen über physiologische Prozesse.³⁶

11.4 Synkretismus und kulturelle Neuroplastizität

Die kulturelle Neuroplastizität, die ich im Vodou manifest sehe, zeigt mir, dass kulturelle Praktiken nicht nur soziale, sondern auch neurobiologische Realitäten schaffen. Die Synthese aus westafrikanischen und europäischen (katholischen) Elementen im Vodou illustriert für mich, wie kulturelle Systeme neuronale Netzwerke formen, die wiederum kulturelle Praktiken ermöglichen und strukturieren.

Die kritische wissenschaftliche Perspektive unterscheidet zwischen:

- Kultureller Realität: Vodou ist eine gelebte Religion mit echten sozialen, psychologischen und physiologischen Wirkungen.
- Neurobiologischer Plausibilität: Trancezustände im Vodou teilen neuronale Mechanismen mit anderen Tranceinduktionen.
- Nicht belegt: Die tatsächliche Existenz unabhängiger Geistwesen (Lwa) ist eine religiöse Behauptung, die wissenschaftlich weder bewiesen noch widerlegt werden kann.
- Kulturelle Ethik: Die westliche Stigmatisierung von Vodou als "primitive Magie" oder "Aberglaube" ist eine koloniale Konstruktion, die die kulturelle und spirituelle Komplexität dieser Traditionen ignoriert.

12. Schlussbetrachtung

Ich sehe in der Verbindung von Neurowissenschaft, Biophysik, Topologie, künstlicher Intelligenz und Neurophänomenologie ein produktives Forschungsprogramm. Sein wissenschaftlicher Wert hängt für mich jedoch davon ab, dass ich Beobachtung, Modell, Metapher und Spekulation konsequent trenne.

Ultraschwache Photonenemission ist ein reales biophysikalisches Phänomen. Daraus folgere ich noch kein photonisches Kommunikationsnetz des Gehirns. Persistente Homologie ist ein leistungsfähiges Analyseverfahren. Daraus folge ich nicht, dass topologische Hohlräume unmittelbar in das Bewusstsein einströmen. Optogenetik erlaubt die Kontrolle genetisch definierter Zellen durch Licht. Daraus folge ich keine berührungslose Übertragung von Wissen. Atempraktiken beeinflussen nachweislich die Physiologie. Daraus folge ich weder zelluläre Kernfusion noch die physikalische Bestätigung eines Chakrensystems.

In der Neurobiologie der Hypnose sehe ich konsistente Veränderungen in DMN, ECN und SN, die mit veränderter Selbstwahrnehmung und fokussierter Aufmerksamkeit einhergehen. Die Neuroanthropologie des Schamanismus dokumentiert für mich, dass Trancezustände nicht-pathologisch sind und spezifische neuronale Muster aufweisen. Die parapsychologische Forschung hat trotz über hundertjähriger Bemühungen keine reproduzierbare Evidenz für paranormale Phänomene vorgelegt. Die Erforschung von Transzendenz und Meditation liefert mir konkrete EEG- und fMRI-Korrelate spezifischer Bewusstseinszustände. Die Neuroanthropologie des Vodou illustriert für mich, wie kulturelle Praktiken neurobiologische Realitäten formen.

Trotzdem müssen traditionelle Begriffe meiner Meinung nach nicht verworfen werden. Sie können als phänomenologische Kategorien, kulturelle Modelle und Quellen prüfbarer Hypothesen dienen. Eine wissenschaftliche Synthese entsteht für mich nicht dadurch, dass ich alte Begriffe mit moderner Physik gleichsetze. Sie entsteht, indem ich präzise frage, welche Erfahrungen, physiologischen Zustände und messbaren Dynamiken hinter diesen Begriffen stehen könnten.

Das tragfähige Ziel meines Buches ist deshalb keine vorschnelle "Verifikation" spiritueller Lehren, sondern die Entwicklung eines kritischen, transparenten und empirisch prüfbaren Dialogs zwischen unterschiedlichen Wissenssystemen, den ich selbst führe.

13. Anmerkungen

- ¹ Der Nobelpreis für Physiologie oder Medizin 2026 wurde Karl Deisseroth, Peter Hegemann und Georg Nagel für die Entdeckung lichtgesteuerter Ionenkanäle und die Begründung der Optogenetik verliehen. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2026/press-release>
- ² Van Wijk, R., et al. (2020). Integrating ultra-weak photon emission analysis in mitochondrial research. *Frontiers in Physiology*, 11, 717. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7360823/>
- ³ Kobayashi, M., et al. (1999). In vivo imaging of spontaneous ultraweak photon emission from a rat's brain correlated with cerebral energy metabolism and oxidative stress. *Neuroscience Research*, 34(2), 103-113. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10498336/>
- ⁴ Nagel, G., et al. (2002). Channelrhodopsin-1: A light-gated proton channel in green algae. *Science*, 296(5577), 2395-2398. <https://doi.org/10.1126/science.1072068>
- ⁵ Boyden, E. S., et al. (2005). Millisecond-timescale, genetically targeted optical control of neural activity. *Nature Neuroscience*, 8, 1263-1268. <https://doi.org/10.1038/nn1525>
- ⁶ Sizemore, A. E., et al. (2019). The importance of the whole: Topological data analysis for the network neuroscientist. *Network Neuroscience*, 3(3), 656-673. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4927616/>
- ⁷ Das, S., et al. (2023). Topological data analysis of human brain networks through order statistics. *PLOS ONE*, 18(3), e0276419. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276419>
- ⁸ Varela, F. J. (1996). Neurophenomenology: A methodological remedy for the hard problem. *Journal of Consciousness Studies*, 3(4), 330-349.
- ⁹ Lutz, A., & Thompson, E. (2003). Neurophenomenology: Integrating subjective experience and brain dynamics. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3794193/>
- ¹⁰ Theoretical Foundations of Studying Criticality in the Brain. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11117095/>
- ¹¹ Murphy, M. P. (2009). How mitochondria produce reactive oxygen species. *Biochemical Journal*, 417(1), 1-13. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2605959/>
- ¹² Breath-Hold Physiology. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8893164/>
- ¹³ De Benedittis, G. (2025). Brain Mechanisms of Hypnosis. *Brain Sciences*, 15(2), 142. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11852439/>
- ¹⁴ De Pascalis, V. (2024). Brain Functional Correlates of Resting Hypnosis and Hypnotizability: A Review. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10886478/>
- ¹⁵ Hypnosis as a Mechanism of Emotion Regulation and Self-Integration (2026). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC13024316/>
- ¹⁶ Neuroradiological Insights into Hypnosis: A Systematic Review of MRI and PET Studies (2025). *Neurology*. <https://www.neurology.org/doi/10.1212/WNL.0000000000210499>
- ¹⁷ The Neuroscience of Hypnosis. *Psychology Today* (2024). <https://www.psychologytoday.com/us/blog/understanding-hypnosis/202401/the-neuroscience-of-hypnosis>
- ¹⁸ Neuroanthropology of shamanic trance: a case study with a ritual specialist from Mexico (2024). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10948424/>
- ¹⁹ Toriz, H., et al. (2024). Neuroanthropology of shamanic trance. *Frontiers in Psychology*, 15, 1325188. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10948424/>
- ²⁰ Huels, E. R., et al. (2021). Neural Correlates of the Shamanic State of Consciousness. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 610466. <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2021.610466/full>
- ²¹ Hagemann, et al. (2017). Brain changes during a shamanic trance. *Cogent Psychology*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311908.2017.1313522>
- ²² Rousselière et al. (2024). Scoping review on shamanistic trances practices. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12906-024-04678-w>
- ²³ Pasricha, S. K. (2011). Relevance of para-psychology in psychiatric practice. *Indian Journal of Psychiatry*, 53(1), 4-8. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3056186/>
- ²⁴ Parapsychology: Science of the anomalous or search for the soul? *Behavioral and Brain Sciences*. <https://www.cambridge.org/core/journals/behavioral-and-brain-sciences/article/abs/parapsychology-science-of-the-anomalous-or-search-for-the-soul/148CDBF5AF083F0048341FE81708F6BC>

- ²⁵ Paranormal. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Paranormal>
- ²⁶ EBSCOhost Research Starters: Paranormal | Psychology. <https://www.ebsco.com/research-starters/psychology/paranormal>
- ²⁷ Travis, F., & Shear, J. (2010). On the Neurobiology of Meditation. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7767117/>
- ²⁸ Transcendental Meditation in the prevention and treatment of cardiovascular disease (2015). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9262039/>
- ²⁹ Ventral-subgenual anterior cingulate cortex and self-transcendence (2013). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3873526/>
- ³⁰ American Psychological Association / David Lynch Foundation. <https://www.davidlynchfoundation.org/american-psychological-association.html>
- ³¹ The self-transcendent brain: a meta-analysis of functional neuroimaging on meditation and psychedelics (2024). https://www.academia.edu/117577125/The_self_transcendent_brain_a_meta_analysis_of_functional_neuro_imaging_on_meditation_and psychedelics
- ³² Religion and Syncretism. Social Sci LibreTexts. https://socialsci.libretexts.org/Bookshelves/Anthropology/Cultural_Anthropology/Beliefs
- ³³ Richman, K. (2020). Voodoo/Vodou. Wiley Major Reference Works. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118924396.wbiea2321>
- ³⁴ Vodun (West African and Caribbean Spiritual Tradition). StudyGuides. <https://studyguides.com/study-methods/overview/cm0v9cexafyp901nejn8a453b>
- ³⁵ The neurobiology of altered states of consciousness induced by sound (2025). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12412719/>
- ³⁶ A cross-cultural and medical appraisal of voodoo death. <https://biblat.unam.mx/hevila/AntropologicaCaracas/1988/no69/2.pdf>

14. Literaturverzeichnis

- Boyden, E. S., Zhang, F., Bamberg, E., Nagel, G., & Deisseroth, K. (2005). Millisecond-timescale, genetically targeted optical control of neural activity. *Nature Neuroscience*, 8, 1263-1268. <https://doi.org/10.1038/nn1525>
- Carlsson, G. (2009). Topology and data. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 46(2), 255-308. <https://doi.org/10.1090/S0273-0979-09-01249-X>
- Das, S., Anand, D. V., & Chung, M. K. (2023). Topological data analysis of human brain networks through order statistics. *PLOS ONE*, 18(3), e0276419. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276419>
- De Benedittis, G. (2025). Brain Mechanisms of Hypnosis. *Brain Sciences*, 15(2), 142. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11852439/>
- Deisseroth, K. (2011). Optogenetics. *Nature Methods*, 8, 26-29. <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.324>
- Deisseroth, K., & Hegemann, P. (2017). The form and function of channelrhodopsin. *Science*, 357(6356), eaan5544. <https://doi.org/10.1126/science.aan5544>
- De Pascalis, V. (2024). Brain Functional Correlates of Resting Hypnosis and Hypnotizability: A Review. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10886478/>
- Edelsbrunner, H., Letscher, D., & Zomorodian, A. (2002). Topological persistence and simplification. *Discrete & Computational Geometry*, 28, 511-533. <https://doi.org/10.1007/s00454-002-2885-2>
- Hegemann, P., & Nagel, G. (2013). From channelrhodopsins to optogenetics. *EMBO Molecular Medicine*, 5(2), 173-176. <https://doi.org/10.1002/emmm.201202387>
- Huels, E. R., et al. (2021). Neural Correlates of the Shamanic State of Consciousness. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 610466. <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2021.610466/full>
- Kobayashi, M., et al. (1999). In vivo imaging of spontaneous ultraweak photon emission from a rat's brain correlated with cerebral energy metabolism and oxidative stress. *Neuroscience Research*, 34(2), 103-113. [https://doi.org/10.1016/S0168-0102\(99\)00040-1](https://doi.org/10.1016/S0168-0102(99)00040-1)
- Murphy, M. P. (2009). How mitochondria produce reactive oxygen species. *Biochemical Journal*, 417(1), 1-13. <https://doi.org/10.1042/BJ20081386>
- Nagel, G., et al. (2002). Channelrhodopsin-1: A light-gated proton channel in green algae. *Science*, 296(5577), 2395-2398. <https://doi.org/10.1126/science.1072068>
- Nagel, G., et al. (2003). Channelrhodopsin-2, a directly light-gated cation-selective membrane channel. *PNAS*, 100(24), 13940-13945. <https://doi.org/10.1073/pnas.1936192100>
- Nobel Assembly at Karolinska Institutet. (2026). The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2026: Press release. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2026/press-release>
- Pasricha, S. K. (2011). Relevance of para-psychology in psychiatric practice. *Indian Journal of Psychiatry*, 53(1), 4-8. <https://doi.org/10.4103/0019-5545.75544>
- Popp, F.-A., & Beloussov, L. V. (Hrsg.). (2003). *Integrative Biophysics: Biophotonics*. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0373-4>
- Richman, K. (2020). Voodoo/Vodou. In *Wiley Major Reference Works*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118924396.wbiea2321>
- Sizemore, A. E., et al. (2019). The importance of the whole: Topological data analysis for the network neuroscientist. *Network Neuroscience*, 3(3), 656-673. https://doi.org/10.1162/netn_a_00073

Toriz, H., et al. (2024). Neuroanthropology of shamanic trance: a case study with a ritual specialist from Mexico. *Frontiers in Psychology*, 15, 1325188. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1325188>

Tort, A. B. L., et al. (2010). Measuring phase-amplitude coupling between neuronal oscillations of different frequencies. *Journal of Neurophysiology*, 104(2), 1195-1210. <https://doi.org/10.1152/jn.00106.2010>

Travis, F., & Shear, J. (2010). On the Neurobiology of Meditation. In *Springer Encyclopedia of Consciousness*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7767117/>

Varela, F. J. (1996). Neurophenomenology: A methodological remedy for the hard problem. *Journal of Consciousness Studies*, 3(4), 330-349.

Van Wijk, R., et al. (2020). Integrating ultra-weak photon emission analysis in mitochondrial research. *Frontiers in Physiology*, 11, 717. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00717>

Zomorodian, A., & Carlsson, G. (2005). Computing persistent homology. *Discrete & Computational Geometry*, 33, 249-274.