

Kapitel 31: Photoelektrischer Effekt und Laserphysik in der fraktalen T0-Geometrie

1 Kapitel 31: Photoelektrischer Effekt und Laserphysik in der fraktalen T0-Geometrie

Der photoelektrische Effekt und die Funktionsweise von Lasern gelten als klassische Belege für die Quantennatur des Lichts und die Notwendigkeit der Wellen-Teilchen-Dualität. Im Standardmodell werden Photonen als diskrete Teilchen behandelt, deren Energie $E = h\nu$ die Austrittsarbeit überwindet, während die Intensität nur die Rate beeinflusst. Laser basieren auf stimulierter Emission und Population-Inversion phänomenologisch durch Einstein-Koeffizienten beschrieben.

In der fraktalen ****Fundamental Fractal-Geometric Field Theory (FFGFT)**** mit ****T0-Time-Mass-Dualität**** entfallen Dualitätsparadoxa und ad-hoc-Koeffizienten vollständig. Beide Phänomene emergieren parameterfrei aus der Trennung von Vakuum-Amplitude $\rho(x, t)$ (bindend, massenähnlich) und Vakuum-Phase $\theta(x, t)$ (oszillierend, kohärent), reguliert durch den einzigen fundamentalen Parameter $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$ (dimensionslos). Photonen sind reine Phasen-Excitationen, Elektronenbindung entsteht aus Amplituden-Deformationen.

1.1 Symbolverzeichnis und Einheiten

| Wichtige Symbole und ihre Einheiten | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Symbol | Bedeutung | Einheit (SI) |
| ξ | Fraktaler Skalenparameter | dimensionslos |
| $\rho(x, t)$ | Vakuum-Amplitudendichte | $\text{kg}^{1/2}/\text{m}^{3/2}$ |
| $\theta(x, t)$ | Vakuumphasenfeld | dimensionslos (rad) |
| $\Phi(x, t)$ | Komplexes Vakuumfeld | $\text{kg}^{1/2}/\text{m}^{3/2}$ |
| $\hbar\omega$ | Photonenenergie | J |
| ω | Kreisfrequenz | s^{-1} (Hz) |
| E_{bind} | Bindungsenergie/Austrittsarbeit | J (eV) |
| E_{kin} | Kinetische Energie des Photoelektrons | J |
| ω_0 | Schwellenfrequenz | s^{-1} |
| $\Delta\theta$ | Phasenexcitation | dimensionslos (rad) |
| K_0 | Amplituden-Stiffness | $\text{kg}^{1/2}/\text{m}^{3/2}$ |
| V_{atom} | Atomvolumen | m^3 |
| γ | Kopplungsrate | s^{-1} |
| τ_{cav} | Resonator-Umlaufzeit | s |

Einheitenprüfung (Photonenenergie):

$$[\hbar\omega] = \text{J s} \cdot \text{s}^{-1} = \text{J}$$

Einheiten konsistent.

1.2 Das Problem der Wellen-Teilchen-Dualität

Klassische Wellentheorie scheitert am photoelektrischen Effekt (Schwellenfrequenz, unabhängig von Intensität). Quantentheorie postuliert diskrete Photonen und Einstein-Koeffizienten für stimulierte Emission ohne tiefere geometrische Begründung.

1.3 Photoelektrischer Effekt als Phasen-Barrieren-Überwindung

Photonen sind reine Phasenwirbel im Vakuumfeld:

$$\hbar\omega = \xi^{-1} \cdot \Delta\theta \cdot k_B T_0, \quad (1)$$

wobei T_0 eine fundamentale Zeitskala ist.

Gebundene Elektronen erzeugen lokale Amplituden-Barrieren:

$$E_{\text{bind}} = K_0 \cdot (\delta\rho/\rho_0)^2 \cdot V_{\text{atom}}. \quad (2)$$

Schwellenbedingung:

$$\hbar\omega > E_{\text{bind}} \quad \Rightarrow \quad \Delta\theta > \Delta\theta_0 = \xi \cdot \sqrt{\frac{E_{\text{bind}}}{K_0 V_{\text{atom}}}}. \quad (3)$$

Kinetische Energie des emittierten Elektrons:

$$E_{\text{kin}} = \hbar(\omega - \omega_0) = \xi^{-1} \cdot (\Delta\theta - \Delta\theta_0) \cdot k_B T_0. \quad (4)$$

Einheitenprüfung:

$$[E_{\text{kin}}] = \text{dimensionslos} \cdot \text{dimensionslos} \cdot \text{J} = \text{J}$$

Intensität erhöht nur die Rate multipler Phasenexcitationen exakt Einsteins Gesetz.

1.4 Stimulierte Emission und Laser als Phasen-Entrainment

Stimulierte Emission entsteht durch resonante Phasen-Kopplung:

$$\dot{\theta}_{\text{atom}} = \gamma \cdot \xi \cdot \sin(\theta_{\text{in}} - \theta_{\text{atom}}). \quad (5)$$

Bei Population-Inversion ($\delta\rho > 0$) entsteht Verstärkung:

$$\dot{\theta} = \gamma(\delta\rho/\rho_0) \cdot \theta_{\text{in}}. \quad (6)$$

Im Resonator exponentielles Wachstum:

$$\theta(t) = \theta_0 \exp(\xi \cdot (\delta\rho/\rho_0) \cdot t/\tau_{\text{cav}}). \quad (7)$$

Der ausgekoppelte Strahl ist global phasen-synchronisiert monochromatisch und kohärent.

1.5 Vergleich mit anderen Ansätzen

| Andere Modelle | T0-Fraktale FFGFT |
|--|--|
| Standard-QM: Photon als Teilchen, ad-hoc Koeffizienten | Reine Phasenexcitation, emergente Kopplung |
| Semiklassisch: Wellen-Teilchen-Dualität | Einheitliche Vakuumfeld-Dualität ρ/θ |
| Einstein-Koeffizienten: Phänomenologisch | Geometrische Entrainment-Dynamik |
| Zusätzliche Postulate | Parameterfrei aus ξ |

1.6 Schlussfolgerung

Der photoelektrische Effekt und die Laserphysik emergieren in der Fundamentale Fraktal-geometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) vollständig und parameterfrei aus der Dualität von Vakuum-Amplitude ρ (Bindung) und Phase θ (Licht). Der Schwelleneffekt ist Barriere-Überwindung durch Phasenexcitation, stimulierte Emission ist resonantes Entrainment, Laser-Kohärenz globale Phasen-Synchronisation. Alle beobachteten Phänomene Schwellenfrequenz, lineare Kinetik-Energie, exponentielle Verstärkung folgen zwangsläufig aus der fraktalen Vakuumstruktur mit dem einzigen Skalenparameter $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$. Die Wellen-Teilchen-Dualität wird überflüssig; alles ist geometrische Dynamik des dynamischen Vakuums.