

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

## 1 Kapitel 31: Photoelektrischer Effekt und Laserphy- sik 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)
$\xi$	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
$\omega$	Kreisfrequenz	$\text{s}^{-1}$ (Hz)
$E_{\text{bind}}$	Bindungsenergie/Austrittsarbe	J (eV)
$E_{\text{kin}}$	Kinetische Energie des Photoelektrons	J
$\omega_0$	Schwellenfrequenz	$\text{s}^{-1}$
$\Delta\theta$	Phasenexcitation	dimensionslos (rad)
$K_0$	Amplituden-Stiffness	$\text{kg}^{1/2}/\text{m}^{3/2}$
$V_{\text{atom}}$	Atomvolumen	$\text{m}^3$
$\gamma$	Kopplungsrate	$\text{s}^{-1}$
$\tau_{\text{cav}}$	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 stimuliert 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:

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

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:**

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

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 $\rho/\theta$
Einstein-Koeffizienten: Phänomenologisch	Geometrische Entrainment-Dynamik
Zusätzliche Postulate	Parameterfrei aus $\xi$

## 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  $\rho$  (Bindung) und Phase  $\theta$  (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.