

Forscher aus den USA bestätigen die Richtigkeit grundlegender Arbeiten von F.A.Popp und Kollegen, so nun auch die Bedeutung der Quantenkohärenz in lebenden Organismen:

Nach deutlichen Hinweisen aus F.A.Popp's Arbeiten stammt der erste klare Beleg für die Quantenkohärenz der biologischen Kommunikation aus dem Jahr 1981, von einem Workshop, das im November 1979 unter Leitung des berühmten Physikers und Entdeckers des Mechanismus der Supraleitung, **Herbert Fröhlich**, in Bad Neuenahr stattfand (F.A.Popp, B.Ruth, W.Bahr, J.Böhm, G.Grolig, M.Rattemeyer, H.G.Schmidt, and P. Wulle: Emission of Visible and Ultraviolet Radiation by Active Biological Systems. *Collective Phenomena*, 1981, Vol.3., pp.187-214, Gordon and Breach Science Publishers, In., Printed in U.S.A.). In dieser Arbeit wurde nicht nur der Nachweis der Quanten-Kohärenz der Biophotonenemission aus biologischen Systemen geführt, sondern gezeigt, dass das spektrale Relaxationsverhalten der „verzögerten Lumineszenz“ im Einklang zur Quantenkohärenz einer „**hyperbolischen**“ **Abklingfunktion** folgt nach der Formel

$$N(t) = N(0) (1/t)^\gamma \quad (1),$$

wobei γ auch komplex sein kann und damit „hyperbolische“, experimentell nachgewiesene, langandauernde Oszillationen beschreibt.

Es konnten außerdem deutliche Unterschiede zwischen gesundem und Krebsgewebe aufgezeigt werden.

M.Rattemeyer, F.A.Popp and W.Nagl, Evidence of Photon Emission from DNA in Living Systems, *Naturwissenschaften* **68** (1981), 572-573 zeigten 1981 mit Hilfe von Ethidium-Bromid, dass die DNA mit großer Wahrscheinlichkeit die wesentliche Quelle der Biophotonenemission aus biologischen Systemen darstellt.

F.A.Popp and Ke-hsueh Li: Hyperbolic Relaxation as a Sufficient Condition of a Fully Coherent Ergodic Field, *International Journal of Theoretical Physics* **32**(1993), 1573-1583, **wiesen nach**, dass die **hyperbolische Abklingfunktion**, die schon 1981 erstmals gezeigt wurde, unter ergodischen Bedingungen als Nachweis für ein perfekt kohärentes Biophotonenfeld zu gelten hat. Dieser Nachweis wurde geführt über (a) ein klassisches Beispiel, (b) über die Zeitabhängigkeit des Zeit-Entwicklungs-Operators, (c) über die Photonen-zählstatistik.

Wir wiederholen hier die Ergebnisse:

- (a) Bei nichtlinearer Rückkopplung, die die Frequenz des Oszillators konstant hält, geht die Oszillatorgleichung $d^2x/dt^2 = -k^2x - 2\lambda dx/dt$ mit konstantem λ über in die Gleichung $d^2x/dt^2 = -k^2x - 2\lambda(t) dx/dt$, wobei gefordert werden muss, dass $d\lambda/dt = -\lambda^2$. Dann erhält man anstelle der bekannten gedämpften Oszillation die hyperbolische Abklingfunktion
- $$x(t) = y(t)/(1+\lambda_0 t) \quad (2)$$
- mit $y(t)$ als periodische Schwingung.

Charakteristika der kohärenten Oszillation in biologischen Systemen sind die Frequenzstabilität und die hyperbolische Abklingkinetik.

(b) Zeit-Evolution: Der Operator $\mathbf{A}(t) = \exp[-(i/\hbar)\int \mathbf{H}(t')dt']$ beschreibt die zeitliche Entwicklung des Vorgangs, wobei \mathbf{H} der Hamiltonoperator ist. Während die exponentielle Relaxation sich auf chaotische Prozesse beschränkt und der Operator-Gleichung

$$\mathbf{A}(t_1)\mathbf{A}(t_2) = \mathbf{A}(t_1+t_2) \quad (3)$$

genügt, folgt die quanten-kohärente Relaxation der Operatorgleichung

$$\mathbf{A}(t_1)\mathbf{A}(t_2) = \mathbf{A}[(t_1+t_2)/2]^{1/2}[\mathbf{A}(t_1)+\mathbf{A}(t_2)] \quad (4),$$
 die offensichtlich eine hyperbolische Relaxation beschreibt.

(c) Photonen-zählstatistik: Die Analyse der Photonen-zählstatistik für ergodische und kohärente Prozesse, die im Gegensatz zu chaotischen Feldern kein Bunching zeigen, erfordert für die Wahrscheinlichkeit $p(t)$, ein Photon zwischen t und $t+dt$ zu messen, die Beziehung $p(t) = N/(t+t_0)$ (4), mit N und t_0 als Normalisierungskonstanten.

Der Operator

$$\mathbf{H} = \mathbf{p}^2/(1+\lambda t) + 1/2(1+\lambda t)^2 \omega^2 \mathbf{q}^2 \quad (5)$$

wurde konsequenterweise von dem theoretischen Physiker Bajpai als Hamiltonian auch für gequetschte Zustände eingeführt.

R.P.Bajpai: Squeezed state description of spectral decompositions of a biophoton signal, Physics Letters A 337 (2005), 265-273.

Als Ausdruck weiterer optimierter Quantenkohärenz in der Biologie wiesen wir tatsächlich auch gequetschte Zustände nach, so in

F.A.Popp, J.J.Chang, A.Herzog, Z.Yan and Y.Yan: Evidence of non-classical (squeezed) light in biological systems. Physics Letters A 293 (2002), 98-102.

Die Quantenkohärenz der Biophotonen-Abstrahlung wurde erneut bestätigt in langlebigen wellenartigen quantenkohärenten Energie-Übertragungsvorgängen in lebenden Organismen, so zum Beispiel in:

F.A.Popp and Y.Yan: Delayed luminescence of biological systems in terms of coherent states. Physics Letters A 293 (2002), 93-97.

Y.Yan, F.A.Popp, S.Sigrist, D.Schlesinger, A.Dolf, Z.Yan, S.Cohen, A.Chotia: Further analysis of delayed luminescence of plants. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 78 (2005), 235-244.

F.A.Popp: Quantum Phenomena of Biological Systems as Documented by Biophotonics. In: Quo Vadis Quantum Mechanics? (A.Elitzur, S.Dolev, and N.Kolenda, Eds.), Springer, The Frontiers Collection, pp.371-396, Berlin, Heidelberg-New York 2005.

Das alles sind Marksteine von Beginn der Entdeckung an, die eindeutig beweisen, dass die Quantenkohärenz zu den elementaren Wechselwirkungen in biologischen Systemen gehört. Die Entdeckung geht auf den Physiker F.A.Popp und Kollegen zurück.

Aktueller Stand:

Research News, April 12, 2007: Quantum Secrets of Photosynthesis Revealed.

“We have obtained the first direct evidence that remarkably long-lived wavelike electronic quantum coherence plays an important part in energy transfer processes during photosynthesis”, said Graham Fleming, the principal investigator for the study Contact: Lynn Yarris, Berkeley (CA), results are presented in the April 12, 2007 issue of the journal *Nature*.