



# WISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN DER BIOPHYSIKALISCHEN MEDIZIN

QUANTENMECHANIK-, TELEPORTATION- UND VERSCHRÄNKUNG

## WISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN DER BIOPHYSIKALISCHEN MEDIZIN

### Inhaltsverzeichnis

1. Einführung: Quantenbiologie – Brücke zwischen Physik und Medizin .....	
2. Grundprinzipien der Quantenmechanik – kurz & relevant für Biologie .....	
Quantenverschränkung (Entanglement) .....	
3. Quantenteleportation .....	
4. Quanten-Tunneling und Kohärenz .....	
5. Quantenphänomene in biologischen Systemen .....	
Photosynthese und Energieübertragung .....	
6. Enzymreaktionen und Protonentransfer .....	
7. Magnetoreception und Spin-Effekte .....	
8. Neuere Entdeckungen: Biologische Qubits und Superradiance .....	
9. Potenzielle Anwendungen in der Biophysikalischen Medizin .....	
10. Diagnostik und Quantensensorik (inkl. Teleportation) .....	
11. Therapieansätze und personalisierte Medizin .....	
12. Grenzen und offene Fragen .....	
13. Wichtige Forscher und Schlüsselarbeiten .....	
14. Ausgewählte Veröffentlichungen (2021–2026) .....	
15. Zusammenfassung & Ausblick .....	

### 1. Einführung: Quantenbiologie – Brücke zwischen Physik und Medizin

Die Quantenbiologie untersucht, wie quantenmechanische Prinzipien in lebenden Systemen wirken – trotz warmer, chaotischer Umgebungen. Effekte wie Verschränkung, Teleportation und Tunneling optimieren Prozesse wie Energieübertragung oder Informationsverarbeitung und könnten neue medizinische Ansätze ermöglichen.

Quelle: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11960655/>

## 2. Grundprinzipien der Quantenmechanik – kurz & relevant für Biologie

### 2.1 Quantenverschränkung (Entanglement)

Quantenverschränkung ist eines der faszinierendsten Phänomene der Quantenmechanik: Zwei oder mehr Teilchen (z. B. Photonen, Elektronen) werden so miteinander verbunden, dass der Zustand des einen instantan den Zustand des anderen bestimmt – unabhängig von der Entfernung.

**Funktionsweise:** Der Gesamtzustand des Systems ist festgelegt, aber die individuellen Zustände sind undefiniert, bis eine Messung erfolgt. Dann „kollabiert“ die Wellenfunktion, und beide Teilchen zeigen korrelierte Eigenschaften (z. B. Spin up/down). Dies widerspricht klassischer Lokalität und wurde durch Bells Ungleichungen und Experimente (Aspect 1982, loophole-free 2015) bewiesen. Keine Information reist schneller als Licht – die Korrelation ist vorab festgelegt.

**Biologische Relevanz:** Verschränkung könnte in Photosynthese (effizienter Energie-Transfer) oder neuronaler Synchronisation eine Rolle spielen. Neuere Studien (2025) deuten auf Entanglement in höheren Bewusstseinszuständen oder Mikrotubuli hin.

Quelle: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11960655>

### 2.2 Quantenteleportation

Quantenteleportation überträgt den **Quanten-Zustand** eines Teilchens (z. B. eines Photons) von A nach B – ohne das Teilchen physisch zu transportieren.

**Funktionsweise:**

1. Alice und Bob teilen ein verschränktes Paar (EPR-Paar).
2. Alice misst ihr Teilchen gemeinsam mit dem zu teleportierenden Zustand (Bell-Messung).
3. Das Ergebnis (klassische Bits) sendet sie an Bob.
4. Bob wendet eine Korrekturoperation an – der Zustand erscheint bei ihm.

**Kein materieller Transport, nur Information.** Das Original wird zerstört (No-Cloning-Theorem). Erste Experimente 1997 (Zeilinger et al.), Rekorde bis 1.400 km (Satellit 2017). Neueste Fortschritte (2025): Erste Teleportation zwischen unterschiedlichen Quantenpunkten (Quantum Dots) und über reale Internetkabel mit >70–94% Fidelity – Schlüssel für Quanten-Internet.

**Biologische/Medizinische Relevanz:** Spekulativ als Modell für instantane Zellkommunikation oder Informationsübertragung in DNA/Mikrotubuli (z. B. Hypothesen zu "biologischen Drähten"). Praktisch: Teleportation für Quantensensorik in Zellen (z. B. in-vivo-Messungen).

Quelle: <https://www.sciencedaily.com/releases/2025/11/251129044516.htm>

<https://phys.org/news/2025-12-photon-teleportation-distant-quantum-dots.html>

### 2.3 Quanten-Tunneling und Kohärenz

Teilchen tunneln durch Barrieren; Kohärenz erlaubt Superposition. Diese Effekte beschleunigen Enzymreaktionen und Energieübertragung in Zellen.

### **3. Quantenphänomene in biologischen Systemen**

#### **3.1 Photosynthese und Energieübertragung**

Quanten-Kohärenz erklärt nahezu 100% Effizienz des Energie-Transfers in Lichtsammelkomplexen – bewiesen durch Spektroskopie.

Quelle: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaz4888>

#### **3.2 Enzymreaktionen und Protonentransfer**

Tunneling und Spin-Effekte steuern Protonen- und Elektronentransfer, was Zellmetabolismus und DNA-Prozesse optimiert.

Quelle: <https://phys.org/news/2025-09-scientist-microbial-roots-potential-quantum.html>

#### **3.3 Magnetoreception und Spin-Effekte**

Schwache Magnetfelder beeinflussen Elektronenspins in Radikalpaaren – relevant für Vogelnavigation und mögliche physiologische Therapien.

Quelle: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10811782>

#### **3.4 Neuere Entdeckungen: Superradiance und biologische Qubits**

2025: Zellen können fluoreszierende Proteine zu "biologischen Qubits" umwandeln – genetisch kodierte Quantensensoren für in-vivo-Messungen (z. B. Magnetfelder in Zellen).

Quelle: <https://singularityhub.com/2025/09/02/scientists-just-made-biological-qubits-that-act-as-quantum-sensors-inside-cells>

<https://news.uchicago.edu/story/scientists-program-cells-create-biological-qubit-quantum-breakthrough>

Philip Kurian (Quantum Biology Lab) zeigte 2025 Superradiance in Proteinfilamenten und setzte neue Grenzen für biologische Rechenkapazität.

Quelle: <https://thequantuminsider.com/2025/05/29/whats-quantum-biology-a-research-pioneer-shares-his-vision-for-quantum-technologys-next-frontier>

### **4. Potenzielle Anwendungen in der Biophysikalischen Medizin**

#### **4.1 Diagnostik und Quantensensorik (inkl. Teleportation)**

Biologische Qubits + Teleportation ermöglichen nanoscale-Imaging oder Echtzeit-Überwachung. Teleportation über Fasern könnte zukünftige Quanten-Sensor-Netzwerke für Fern-Diagnostik unterstützen.

<https://www.sciencedaily.com/releases/2024/12/241220132655.htm>

## 4.2 Therapieansätze und personalisierte Medizin

Verschränkung/Teleportation als Modell für nicht-lokale Effekte (z. B. in Magnetfeld-Therapien). Quantencomputing simuliert Moleküle für personalisierte Therapien.

## 4.3 Grenzen und offene Fragen

Decoherence-Probleme in Biologie; viele Effekte theoretisch/in vitro. Klinische Anwendungen brauchen mehr Evidenz. Abgrenzung zu Pseudowissenschaft wichtig.

## 5. Wichtige Forscher und Schlüsselarbeiten

- **Philip Kurian** (Quantum Biology Laboratory, Howard University): Computational capacity of life (Science Advances, 2025) Superradiance in biological systems (2025)
- **Peter Maurer & David Awschalom** (University of Chicago): Fluorescent-protein spin qubit (Nature, 2025)
- **Tim Strobel et al.** (University of Stuttgart): Telecom-wavelength quantum teleportation using frequency-converted photons from remote quantum dots (Nature Communications, 2025)
- **Jordan M. Thomas et al.** (Northwestern University): Quantum teleportation coexisting with classical communications in optical fiber (Optica, 2024/2025)

## 6. Ausgewählte Veröffentlichungen (2021–2026)

- Quantum Biology: Recent Advances (Quantum Reports, 2025–2026)
- Telecom-wavelength quantum teleportation using frequency-converted photons from remote quantum dots (Nature Communications, 2025)
- Quantum teleportation with dissimilar quantum dots over a hybrid quantum network (Nature Communications, 2025)
- Quantum teleportation coexisting with classical communications in optical fiber (Optica, 2024/2025)
- Evidence of quantum-entangled higher states of consciousness (2025)
- Computational capacity of life in relation to the universe (Science Advances, 2025)
- Biological qubits for sensing (Nature, 2025)