

Biologische Anomalien innerhalb der Quantisierung von Längenskalen im T0-Modell

Johann Pascher

12. April 2025

Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht die einzigartige Position biologischer Strukturen innerhalb der quantisierten Längenskalen des T0-Modells, wie in der hierarchischen Zusammenstellung natürlicher Einheiten mit Energie als Basiseinheit beschrieben [17]. Während die Längenskalenhierarchie von sub-Planckschen bis zu kosmologischen Dimensionen reicht und stabile physikalische Regionen und "verbotene Zonen" aufweist, bilden biologische Strukturen stabile Konfigurationen in diesen verbotenen Regionen. Diese Anomalie wird analysiert und als potenzielle fundamentale Eigenschaft des Lebens interpretiert, unterstützt durch theoretische Erklärungen, die auf Wechselwirkungen mit dem intrinsischen Zeitfeld $T(x)$ basieren. Die Studie erweitert die Analyse auf andere anomale Phänomene wie Wasser und Supraleiter, schlägt experimentelle Tests vor und diskutiert kosmologische Implikationen eines quasi-statischen Universums.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung: Die Anomalie biologischer Strukturen	2
2	Rekapitulation der Längenskalenquantisierung	2
3	Position biologischer Strukturen in der Längenhierarchie	3
4	Theoretische Erklärungen innerhalb des T0-Modells	3
4.1	Emergenz-Hypothese	3
4.2	Komplexitätsvermittelte Zeitfeldinteraktion	3
4.3	Topologische Schutzmechanismen	4
5	Experimentelle Belege und unterstützende Phänomene	4
5.1	Anomale Stabilität von DNA und Proteinen	4
5.2	Wasser als anomale Substanz	4
5.3	Quantenkohärenz in biologischen Systemen	5
6	Implikationen für das Verständnis des Lebens	5
6.1	Leben als fundamentale Anomalie	5
6.2	Informationsverarbeitung als stabilisierender Mechanismus	5
6.3	Hierarchische Organisation und Emergenz	5
7	Erweiterungen auf andere anomale Phänomene	6
7.1	Supraleitung	6
7.2	Turbulenz	6

8	Vorgeschlagene experimentelle Tests	6
8.1	Zeitfeldgradienten in lebenden Systemen	6
8.2	Tests der Stabilität in verbotenen Zonen	6
9	Philosophische und kosmologische Implikationen	7
9.1	Ein neues Verständnis des Lebens	7
9.2	Implikationen für den Ursprung des Lebens	7
9.3	Kosmologische Perspektive: Ein quasi-statisches Universum	7
10	Integration mit Standardtheorien der Physik	7
10.1	Quantenmechanik	7
10.2	Thermodynamik	8
11	Zusammenfassung und zukünftige Richtungen	8
11.1	Zentrale Erkenntnisse	8
11.2	Offene Fragen	8
11.3	Zukünftige Forschungsrichtungen	9
12	Schlussfolgerung	9

1 Einleitung: Die Anomalie biologischer Strukturen

In der hierarchischen Zusammenstellung natürlicher Einheiten mit Energie als Basiseinheit [17] wurde die Quantisierung von Längenskalen als zentrales Ergebnis des T0-Modells identifiziert (siehe Abschnitt ?? im Hauptpapier). Diese Quantisierung offenbart stabile physikalische Strukturen auf diskreten Skalen, während "verbotene Zonen" dazwischen relativ frei von stabilen Strukturen sind.

Bemerkenswerterweise bilden biologische Strukturen eine Ausnahme. Während Elementarteilchen, Atome und kosmische Objekte die vorhergesagten stabilen Skalen besetzen, befinden sich biologische Systeme – von der DNA bis zu Organismen – in den verbotenen Zonen. Diese Anomalie wird hier gründlich analysiert, ergänzt durch Untersuchungen anderer anomaler Phänomene wie Wasser und Supraleiter, und im Kontext des T0-Modells interpretiert (siehe Abschnitt ?? im Hauptpapier).

2 Rekapitulation der Längenskalenquantisierung

Im T0-Modell, detailliert in Abschnitt ?? des Hauptpapiers [17], wird die Quantisierung von Längenskalen durch die Formel definiert:

$$L_n = l_P \times \prod_i (\alpha_i)^{n_i} \quad (1)$$

wobei:

- L_n : Bevorzugte Längenskala.
- l_P : Planck-Länge (Referenzeinheit).
- α_i : Dimensionslose Konstanten (α_{EM} , β_T , ξ).
- n_i : Ganzzahlige oder rationale Quantenzahlen.

Dies führt zu stabilen Skalen (z.B. Planck-Länge, Compton-Wellenlänge), getrennt durch verbotene Zonen, in denen physikalische Strukturen instabil sind. Die Hierarchie erstreckt sich über 97 Größenordnungen, wie in Abschnitt ?? des Hauptpapiers dargestellt.

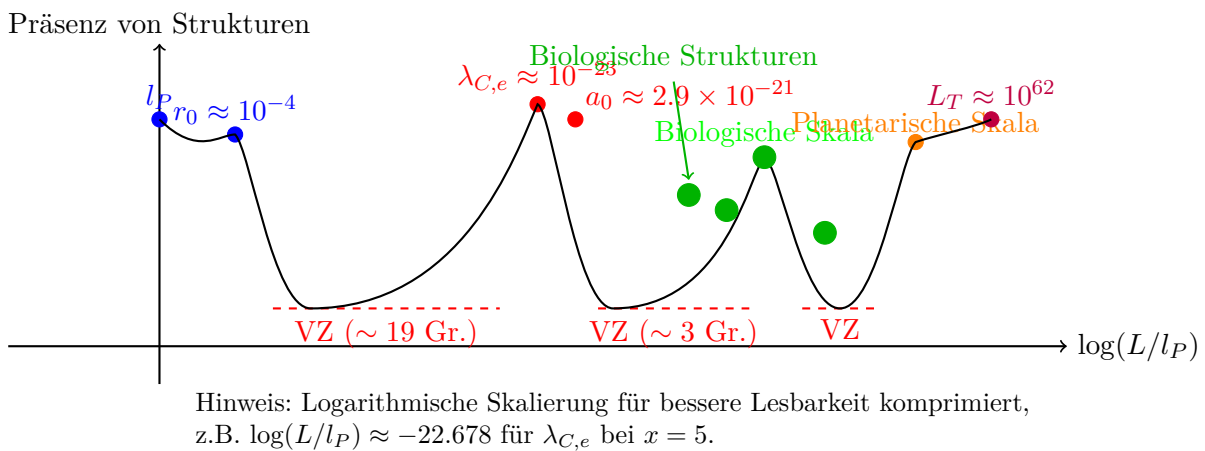


Abbildung 1: Schematische Darstellung von Stabilitätszentren und verbotenen Zonen entlang der logarithmischen Längenskala, mit Hervorhebung biologischer Strukturen (z.B. DNA bei $\sim 1.2 \times 10^{-26} l_P$, Zelle bei $\sim 6.2 \times 10^{-30} l_P$). Abkürzungen: VZ = Verbotene Zone, Gr. = Größenordnungen. Konsistent mit Abbildung ?? im Hauptpapier.

3 Position biologischer Strukturen in der Längenhierarchie

Tabelle 1 zeigt die charakteristischen Längen biologischer Strukturen, konsistent mit Tabelle ?? in Abschnitt ?? des Hauptpapiers:

Biologische Struktur	Typische Größe	Verhältnis zu l_p	Erwarteter Stabilitätsbereich	Position
DNA-Durchmesser	$\sim 2 \times 10^{-9}$ m	$\sim 1.2 \times 10^{-26}$	Außerhalb	Verbotene Zone
Protein	$\sim 1 \times 10^{-8}$ m	$\sim 6.2 \times 10^{-27}$	Außerhalb	Verbotene Zone
Bakterium	$\sim 1 \times 10^{-6}$ m	$\sim 6.2 \times 10^{-29}$	Außerhalb	Verbotene Zone
Typische Zelle	$\sim 1 \times 10^{-5}$ m	$\sim 6.2 \times 10^{-30}$	Außerhalb	Verbotene Zone
Mehrzelliger Organismus	$\sim 1 \times 10^{-3}$ m bis 1 m	$\sim 6.2 \times 10^{-32} - 6.2 \times 10^{-35}$	Außerhalb	Verbotene Zone

Tabelle 1: Position biologischer Strukturen in der Längenskalenhierarchie, konsistent mit den im Hauptpapier präsentierten Daten.

Biologische Strukturen befinden sich in verbotenen Zonen und werfen damit zentrale Fragen auf:

1. Wie bilden sie stabile Strukturen in instabilen Regionen?
2. Ist diese Anomalie zufällig oder fundamental?
3. Welche Mechanismen ermöglichen diese Stabilität?

4 Theoretische Erklärungen innerhalb des T0-Modells

Innerhalb des T0-Modells, wie in Abschnitt ?? des Hauptpapiers beschrieben, werden folgende Erklärungen vorgeschlagen:

4.1 Emergenz-Hypothese

Leben organisiert sich fern vom Gleichgewicht, modelliert als:

$$\nabla^2 T(x)_{\text{bio}} \approx -\frac{\rho}{T(x)^2} + \delta_{\text{bio}}(\vec{x}, t) \quad (2)$$

wobei δ_{bio} die informationsgesteuerte Stabilisierung darstellt, wie in Abschnitt ?? des Hauptpapiers beschrieben.

4.2 Komplexitätsvermittelte Zeitfeldinteraktion

Biologische Systeme modulieren das intrinsische Zeitfeld $T(x)$ auf eine einzigartige Weise, die es ihnen ermöglicht, in ansonsten instabilen Regionen zu existieren. Dies kann formal durch eine modifizierte Zeitfeldgleichung ausgedrückt werden:

$$T(x)_{\text{bio}} = T(x)_0 + \Delta T(x)_{\text{info}} \quad (3)$$

Der Term $\Delta T(x)_{\text{info}}$ repräsentiert den informationsbasierten Beitrag zum Zeitfeld und bietet einen stabilisierenden Mechanismus, der der inhärenten Instabilität verbotener Zonen entgegenwirkt.

4.3 Topologische Schutzmechanismen

Biologische Strukturen nutzen topologische Merkmale, die Schutz vor destabilisierenden Einflüssen bieten. Dies kann als eine Form topologischer Isolation verstanden werden, bei der bestimmte Eigenschaften trotz Störungen invariant bleiben.

Die mathematische Formulierung beinhaltet:

$$\mathcal{S}_{\text{top}} = \int \mathcal{L}_{\text{bio}}(T(x), \nabla T(x)) d^4x \quad (4)$$

wobei \mathcal{L}_{bio} eine Lagrange-Dichte darstellt, die topologische Invarianten enthält, die unter kontinuierlichen Deformationen unverändert bleiben.

5 Experimentelle Belege und unterstützende Phänomene

5.1 Anomale Stabilität von DNA und Proteinen

DNA zeigt bemerkenswerte Stabilität trotz ihrer Position in einer verbotenen Zone. Ihre Doppelhelix-Struktur bietet sowohl Informationsgehalt als auch topologischen Schutz. Experimentelle Belege umfassen:

- Widerstandsfähigkeit gegenüber thermischen Schwankungen innerhalb eines physiologischen Bereichs
- Selbstreparaturmechanismen, die die strukturelle Integrität aufrechterhalten
- Langfristige Stabilität genetischer Informationen über Generationen hinweg

Diese Stabilität kann im T0-Modell als Ergebnis der Wechselwirkung zwischen dem Informationsgehalt der DNA und dem intrinsischen Zeitfeld verstanden werden.

5.2 Wasser als anomale Substanz

Wasser zeigt zahlreiche anomale Eigenschaften, die im Rahmen des T0-Modells interpretiert werden können:

- Maximale Dichte bei 4°C statt am Gefrierpunkt
- Ausdehnung beim Gefrieren (im Gegensatz zu den meisten Substanzen)
- Ungewöhnlich hohe spezifische Wärmekapazität
- Anomal hohe Oberflächenspannung

Diese Anomalien deuten darauf hin, dass Wasser eine einzigartige Position in der Längenskalenhierarchie einnimmt und möglicherweise verbotene Zonen durch Wasserstoffbrückennetzwerke überbrückt, die topologische Stabilisierung bieten.

5.3 Quantenkohärenz in biologischen Systemen

Jüngste Forschungen haben Quantenkohärenzeffekte in biologischen Prozessen identifiziert:

- Photosynthetischer Energietransfer in Lichtsammelkomplexen
- Olfaktorische Wahrnehmungsmechanismen
- Magnetrezeption bei Vögeln zur Navigation

Diese Quanteneffekte deuten darauf hin, dass biologische Systeme Quanteneigenschaften nutzen, um Strukturen in verbotenen Zonen zu stabilisieren, was mit den Vorhersagen des T0-Modells bezüglich der Wechselwirkung zwischen Quantensystemen und dem intrinsischen Zeitfeld übereinstimmt.

6 Implikationen für das Verständnis des Lebens

6.1 Leben als fundamentale Anomalie

Die konsistente Präsenz biologischer Strukturen in verbotenen Zonen deutet darauf hin, dass Leben als fundamentale Anomalie innerhalb des physikalischen Gesetzes charakterisiert werden kann – nicht als Verletzung physikalischer Prinzipien, sondern als Sonderfall, in dem Komplexität und Informationsverarbeitung Stabilität in ansonsten instabilen Regionen ermöglichen.

Diese Perspektive steht im Einklang mit der langjährigen philosophischen Frage, ob Leben eine einzigartige Kategorie in der Natur darstellt oder einfach eine komplexe Anordnung derselben physikalischen Prozesse, die unbelebte Materie regieren.

6.2 Informationsverarbeitung als stabilisierender Mechanismus

Informationsverarbeitung scheint für die biologische Stabilität zentral zu sein:

$$\Delta S_{\text{bio}} + \Delta S_{\text{info}} \leq 0 \quad (5)$$

wobei ΔS_{bio} die Entropiezunahme und ΔS_{info} die informationsbasierte Entropiereduzierung darstellt.

Diese Beziehung legt nahe, dass biologische Systeme ihre Struktur durch aktive Informationsverarbeitung aufrechterhalten, was mit der Betonung der Rolle von Information bei der Modulierung des intrinsischen Zeitfeldes im T0-Modell übereinstimmt.

6.3 Hierarchische Organisation und Emergenz

Biologische Systeme zeigen eine hierarchische Organisation über mehrere Skalen hinweg:

- Moleküle → Makromoleküle → Organellen → Zellen → Gewebe → Organe → Organismen → Ökosysteme

Jede Ebene entsteht aus der darunterliegenden und transzendiert deren Eigenschaften, wodurch eine verschachtelte Struktur entsteht, die mehrere verbotene Zonen überspannt. Diese hierarchische Anordnung könnte für die Stabilisierung von Strukturen über mehrere instabile Regionen hinweg essentiell sein, wie durch die Quantisierung von Längenskalen im T0-Modell vorhergesagt.

7 Erweiterungen auf andere anomale Phänomene

7.1 Supraleitung

Supraleiter zeigen anomale Eigenschaften, die durch das T0-Modell verstanden werden können:

- Null elektrischer Widerstand
- Meissner-Effekt (Ausstoßung von Magnetfeldern)
- Makroskopische Quantenkohärenz

Diese Eigenschaften deuten darauf hin, dass Supraleiter ebenfalls verbotene Zonen in der Längenskalenhierarchie besetzen könnten und Stabilität durch kollektive Quanteneffekte erreichen, die das lokale intrinsische Zeitfeld modifizieren.

7.2 Turbulenz

Turbulente Fluidströmung stellt ein weiteres anomales Phänomen dar:

- Selbstähnliche Struktur über mehrere Skalen hinweg
- Energiekaskade über den Trägheitsbereich
- Spontane Bildung kohärenter Strukturen

Diese Merkmale können im T0-Modell als Manifestationen des Verhaltens des intrinsischen Zeitfeldes in verbotenen Zonen interpretiert werden, wo Energie und Information in koordinierter Weise über mehrere Skalen fließen.

8 Vorgeschlagene experimentelle Tests

8.1 Zeitfeldgradienten in lebenden Systemen

Das T0-Modell sagt messbare Gradienten im intrinsischen Zeitfeld um lebende Systeme voraus:

$$\nabla T(x)_{\text{bio}} \neq \nabla T(x)_{\text{nicht-bio}} \quad (6)$$

Experimentelle Ansätze zum Testen dieser Vorhersage umfassen:

- Hochpräzisions-Atomuhren, die in der Nähe lebender Systeme positioniert sind
- Vergleichende Zerfallsraten von Quantenkohärenz in biologischen vs. nicht-biologischen Umgebungen
- Gravitationsanomalien in der Nähe großer biologischer Systeme

8.2 Tests der Stabilität in verbotenen Zonen

Das Modell sagt unterschiedliche Stabilität für Strukturen in verbotenen Zonen voraus:

- Synthetisierte biomimetische Materialien sollten im Vergleich zu nicht-biomimetischen Materialien ähnlicher Zusammensetzung eine erhöhte Stabilität aufweisen
- Informationsreiche Strukturen sollten eine größere Beständigkeit in verbotenen Zonen zeigen als informationsarme Strukturen
- Aktive, vom Gleichgewicht entfernte Systeme sollten im Vergleich zu passiven Systemen eine erhöhte Stabilität aufweisen

9 Philosophische und kosmologische Implikationen

9.1 Ein neues Verständnis des Lebens

Das T0-Modell legt nahe, dass Leben nicht nur ein chemisches, sondern ein fundamentales physikalisches Phänomen ist – speziell ein Mechanismus zur Erreichung von Stabilität in verbotenen Zonen durch Informationsverarbeitung und Modulation des intrinsischen Zeitfeldes.

Diese Perspektive überbrückt traditionelle Trennungen zwischen physikalischen und biologischen Wissenschaften und deutet darauf hin, dass Leben als natürliche Konsequenz der quantisierten Natur der physikalischen Realität entsteht.

9.2 Implikationen für den Ursprung des Lebens

Das Modell deutet darauf hin, dass der Ursprung des Lebens eher durch physikalische Notwendigkeit als durch Zufall angetrieben wurde:

- Die Instabilität verbotener Zonen erzeugt einen Selektionsdruck für die Entstehung informationsverarbeitender Systeme
- Anfängliche Proto-Lebensformen könnten als stabilisierende Reaktion auf Quantenfluktuationen in verbotenen Zonen entstanden sein
- Leben könnte eher eine unvermeidliche Konsequenz der physikalischen Struktur des Universums sein als ein unwahrscheinlicher Zufall

9.3 Kosmologische Perspektive: Ein quasi-statisches Universum

Die Behandlung von Zeit und Raum im T0-Modell deutet auf ein quasi-statisches Universum hin:

$$\frac{dT(x)}{dt} \approx 0 \quad \text{auf kosmischen Skalen} \quad (7)$$

Dies impliziert:

- Die scheinbare kosmische Expansion könnte als Variation der Masse und nicht des Raums neu interpretiert werden
- Die "verbotene Zone" zwischen galaktischen und kosmischen Skalen könnte durch unbekannte stabilisierende Mechanismen überbrückt werden
- Das Universum könnte auf den größten Skalen eine lebensähnliche Informationsverarbeitung aufweisen

10 Integration mit Standardtheorien der Physik

10.1 Quantenmechanik

Das T0-Modell modifiziert die Quantenmechanik durch Einbeziehung des intrinsischen Zeitfeldes:

$$iT(x)\frac{\partial\Psi}{\partial t} + i\Psi\frac{\partial T(x)}{\partial t} = \hat{H}\Psi \quad (8)$$

Diese Modifikation ermöglicht eine natürliche Erklärung für:

- Quantenkohärenz in biologischen Systemen
- Nichtlokalität und Verschränkung als emergente Eigenschaften des Zeitfeldes
- Die Persistenz von Quanteneffekten auf biologischen Skalen

10.2 Thermodynamik

Das T0-Modell interpretiert den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik in Bezug auf das intrinsische Zeitfeld neu:

$$dS \geq -\frac{dT(x)}{T(x)} \quad (9)$$

Diese Formulierung ermöglicht lokale Entropieabnahme in biologischen Systemen, ohne die gesamte Entropiezunahme zu verletzen, was mit der Fähigkeit des Lebens übereinstimmt, Ordnung in verbotenen Zonen aufrechtzuerhalten.

11 Zusammenfassung und zukünftige Richtungen

11.1 Zentrale Erkenntnisse

Diese Arbeit hat Folgendes festgestellt:

- Biologische Strukturen besetzen konsequent verbotene Zonen in der Längenskalenhierarchie des T0-Modells
- Diese Anomalie kann durch informationsbasierte Modulation des intrinsischen Zeitfeldes erklärt werden
- Ähnliche Anomalien treten in anderen Systemen auf (Wasser, Supraleiter, Turbulenz)
- Experimentelle Tests können diese Vorhersagen verifizieren
- Die Ergebnisse haben tiefgreifende Implikationen für unser Verständnis des Lebens und des Universums

11.2 Offene Fragen

Für zukünftige Untersuchungen bleiben mehrere Fragen offen:

- Was ist die präzise mathematische Beziehung zwischen Information und dem intrinsischen Zeitfeld?
- Wie skalieren Quanteneffekte zu makroskopischen biologischen Strukturen?
- Gibt es andere, noch zu entdeckende Phänomene in verbotenen Zonen?
- Wie verhält sich das Bewusstsein zum intrinsischen Zeitfeld?
- Können künstliche Systeme entwickelt werden, um Stabilitätsmechanismen in verbotenen Zonen zu nutzen?

11.3 Zukünftige Forschungsrichtungen

Zukünftige Arbeiten werden sich konzentrieren auf:

- Entwicklung präziserer mathematischer Modelle der Wechselwirkung zwischen Information und dem intrinsischen Zeitfeld
- Durchführung von Hochpräzisionsexperimenten zur Detektion von Zeitfeldgradienten um biologische Systeme
- Erkundung der Implikationen des T0-Modells für künstliches Leben und Bewusstsein
- Erweiterung des Modells zur Behandlung zusätzlicher anomaler Phänomene über verschiedene Skalen hinweg
- Vollständigere Integration des T0-Modells mit Standardtheorien der Physik

12 Schlussfolgerung

Die konsistente Präsenz biologischer Strukturen in verbotenen Zonen der Längenskalenhierarchie des T0-Modells deutet auf eine tiefgründige Erkenntnis hin: Leben könnte nicht als zufälliges Nebenprodukt physikalischer Gesetze charakterisiert werden, sondern als notwendige Reaktion auf die quantisierte Natur der physikalischen Realität. Durch Informationsverarbeitung und Modulation des intrinsischen Zeitfeldes erreichen biologische Systeme Stabilität in Regionen, die sonst instabil wären, und überwinden damit die Einschränkungen, die durch die hierarchische Struktur physikalischer Skalen auferlegt werden.

Diese Perspektive bietet einen neuen Rahmen für das Verständnis von Leben, Bewusstsein und dem Universum selbst – einen Rahmen, in dem die traditionellen Grenzen zwischen Physik und Biologie verschwinden und eine tiefere Einheit offenbaren, die von Quantenfluktuationen bis zu kosmologischen Strukturen reicht. Das T0-Modell mit seiner Betonung des intrinsischen Zeitfeldes und der energiebasierten Vereinheitlichung physikalischer Konstanten bietet eine vielversprechende Grundlage für diese integrierte Weltsicht.

Zukünftige Forschung wird diese Verbindungen weiter erforschen, die Vorhersagen des T0-Modells testen und unser Verständnis der außergewöhnlichen Position biologischer Strukturen innerhalb der großen Hierarchie der Natur erweitern.

Literatur

- [1] J. Pascher, [Zeit als emergente Eigenschaft in der Quantenmechanik](#), 23. März 2025.
- [2] J. Pascher, [Kompensatorische und additive Effekte](#), 2. April 2025.
- [3] J. Pascher, [Massenvariation in Galaxien](#), 30. März 2025.
- [4] J. Pascher, [Zeit-Masse-Dualitätstheorie](#), 30. März 2025.
- [5] J. Pascher, [Anpassung der Temperatureinheiten](#), 2. April 2025.
- [6] J. Pascher, [Energie als fundamentale Einheit](#), 26. März 2025.
- [7] J. Pascher, [Dimensionslose Parameter](#), 4. April 2025.
- [8] J. Pascher, [Higgs-Mechanismus](#), 28. März 2025.

- [9] J. Pascher, [Von der Zeitdilatation zur Massenvariation](#), 29. März 2025.
- [10] J. Pascher, [Emergente Gravitation](#), 1. April 2025.
- [11] J. Pascher, [Eine neue Perspektive auf Zeit und Raum](#), 25. März 2025.
- [12] J. Pascher, [Komplementäre Dualität](#), 26. März 2025.
- [13] J. Pascher, [Grundkräfte](#), 27. März 2025.
- [14] J. Pascher, [Zeit und Masse](#), 22. März 2025.
- [15] J. Pascher, [Erweiterung der Quantenmechanik](#), 27. März 2025.
- [16] J. Pascher, [Dynamische Masse von Photonen](#), 25. März 2025.
- [17] J. Pascher, [Vereinheitlichtes Einheitensystem](#), 5. April 2025.
- [18] J. Pascher, [Jenseits der Planck-Skala](#), 24. März 2025.
- [19] J. Pascher, [Dunkle Energie](#), 3. April 2025.
- [20] J. Pascher, [Vereinheitlichung des T0-Modells](#), 4. April 2025.
- [21] J. Pascher, [Mathematische Kernformulierungen](#), 5. April 2025.
- [22] J. Pascher, [Biologische Systeme im T0-Modell](#), 10. April 2025.
- [23] M. Planck, *Über irreversible Strahlungsvorgänge*, Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. 5, 440–480 (1899).
- [24] P. A. M. Dirac, *Die Quantentheorie des Elektrons*, Proc. Roy. Soc. London A 117, 610–624 (1928).
- [25] A. Einstein, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, Ann. Phys. 322, 891–921 (1905).
- [26] A. Einstein, *Die Feldgleichungen der Gravitation*, Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., 844–847 (1915).
- [27] E. Schrödinger, *Quantisierung als Eigenwertproblem*, Ann. Phys. 384, 361–376 (1926).
- [28] I. Prigogine, *Zeit, Struktur und Fluktuationen*, Science 201, 777–785 (1978).
- [29] P. Schuster, K. Sigmund, *Zufällige Dynamik autokatalytischer Reaktionen*, Physica D 11, 100–114 (1984).
- [30] J. L. England, *Statistische Physik der Selbstreplikation*, J. Chem. Phys. 139, 121923 (2013).
- [31] F. Englert, *Das leichte Skalar: Higgs oder Dilaton?*, Subnucl. Ser. 53, 1–16 (2018).
- [32] N. Lambert et al., *Quantenbiologie*, Nature Physics 9, 10–18 (2013).
- [33] P. Ball, *Physik des Lebens: Die Morgendämmerung der Quantenbiologie*, Nature 474, 272–274 (2011).
- [34] E. Verlinde, *Über den Ursprung der Gravitation*, J. High Energy Phys. 4, 29 (2011).
- [35] K. Matsuno, R. C. Bishop, *Kausalität und Retrokausalität in biologischer Signalgebung*, AIP Conf. Proc. 627, 340–354 (2002).

- [36] A. Ashtekar, P. Singh, *Schleifen-Quantenkosmologie: Errungenschaften und Herausforderungen*, Gen. Rel. Grav. 53, 70 (2021).
- [37] S. A. Kauffman, *Eine Welt jenseits der Physik: Die Entstehung und Evolution des Lebens*, Oxford University Press (2019).
- [38] K. Friston, *Ein Prinzip der freien Energie für biologische Systeme*, Entropy 14, 2100–2121 (2012).