DE_4: Einstein-VED: Deterministische Herleitung des Protons und der R_VED-Formel

10.5281/zenodo.17172925

Das Proton

1. Einleitung

- Wir setzen den deterministischen Rahmen 3S+T fort.
- Wir haben den Behälter (Raumzeit) und die Funktion f definiert und damit Kausalität und Determinismus sichergestellt.
- Die Quantenmechanik bleibt außerhalb dieser Analyse, da sie Teilcheneigenschaften nicht deterministisch erklären kann.

2. Teilchen mit Masse und intrinsischer Frequenz

Jedem Teilchen der Masse m sind eine Frequenz ν und eine Wellenlänge λ zugeordnet:

$$E = mc^2 = h\nu \quad \Rightarrow \quad \nu = \frac{mc^2}{h}$$

Die zugehörige Compton-Wellenlänge lautet:

$$\lambda_C = \frac{c}{\nu} = \frac{h}{mc}$$

Diese Wellenlänge ist geometrisch und deterministisch und mit der Raumzeit 3S+T sowie der Funktion f verknüpft.

3. Geometrisches Einschließungsaxiom

Damit eine einem Teilchen zugeordnete Welle entlang eines Umfangs oder innerhalb eines Bereichs eingeschlossen ist, muss der Raum eine genaue Anzahl vollständiger Wellen enthalten:

$$L = n\lambda_C, \qquad n \in \mathbb{Z}^+$$

Andernfalls ist der Bereich nicht stabil. Stabilität erfordert strukturelle Regelmäßigkeit entlang der Zeitlinie.

4. Einschließung des Protons

Der kleinste stabile Einschließungsbereich des Protons muss die Welle in den drei räumlichen Dimensionen und der Zeit innerhalb des geometrischen Rahmens 3S+T schließen.

Bedingung für den Phasenschluss

Damit eine eingeschlossene Welle entlang ihrer eigenen Kontur exakt schließt, muss die Weglänge eine ganzzahlige Anzahl vollständiger Zyklen enthalten:

$$L = n\lambda_C, \qquad n \in \mathbb{Z}^+$$

Jeder vollständige Zyklus entspricht einer Phasenänderung von 2π Radiant. Daher:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi L}{\lambda_C} = 2\pi n$$

Exakter Schluss erfordert:

$$\Delta\phi = 2\pi n, \qquad n \in \mathbb{Z}^{+}$$

Ist n nicht ganzzahlig, stimmen Ende und Anfang der Welle in ihrer Phase nicht überein; es entsteht eine verbleibende Phasenverschiebung:

$$\Delta\phi_{\text{res}} = 2\pi(n - \lfloor n \rfloor)$$

Stabile Einschließung erfordert daher eine ganzzahlige Anzahl von Zyklen entlang der Kontur.

Geometrischer Schluss in 3S+T

In Einstein–VED umfasst die minimale Einschließung des Protons vier Schließungsebenen:

1. XT-Ebene: Beziehung zwischen X und T.
2. YT-Ebene: Beziehung zwischen Y und T.
3. ZT-Ebene: Beziehung zwischen Z und T.
4. XYZ-Ebene: gemeinsamer räumlicher Schluss.

Die geometrische Bedingung legt für jeden dieser vier Schlüsse einen vollständigen Zyklus fest.

Die **Mindestanzahl der Zyklen für eine stabile Einschließung der Protonenwelle** beträgt daher:

$$n_{\text{min}} = 4$$

Dieser Wert folgt nicht aus einer Anpassung an den experimentellen Radius, sondern aus dem vollständigen Schluss in den vier Ebenen der geometrischen Konstruktion von Einstein–VED.

Der minimale Umfang ergibt sich zu:

$$L_p = 4\lambda_p$$

Die drei Schlüsse XT, YT und ZT erzeugen die drei inneren Strukturen, die in diesem Rahmen die Farbeigenschaft geometrisch erklären.

Damit steht die Einschließungsbedingung fest, mit der im nächsten Abschnitt der Protonenradius aus seiner Masse hergeleitet wird.

5. Herleitung von Masse und Radius des Protons

Die intrinsische Compton-Wellenlänge des Protons lautet:

$$\lambda_p = \frac{h}{m_p c}$$

Der minimale Umfang einer stabilen Einschließung ist:

$$L_p = n_{\min} \lambda_p = 4\lambda_p$$

Die geometrische Beziehung zwischen Umfang und Radius der sphärischen Einschließung ergibt:

$$2\pi r_p = L_p$$

Daher:

$$r_p = \frac{L_p}{2\pi} = \frac{4\lambda_p}{2\pi} = \frac{2}{\pi}\lambda_p$$

Einsetzen der Wellenlänge liefert:

$$r_p = \frac{2h}{\pi m_p c}$$

Numerische Berechnung mit CODATA 2022

- Planck-Konstante:

$$h = 6.62607015 \times 10^{-34}\ \text{J s}$$

- Protonenmasse:

$$m_p = 1.67262192595(52) \times 10^{-27} \text{ kg}$$

- Lichtgeschwindigkeit:

$$c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m / s}$$

Die Wellenlänge ergibt sich zu:

$$\lambda_p = \frac{6.62607015 \times 10^{-34}}{1.67262192595 \times 10^{-27} \cdot 2.99792458 \times 10^8}$$

$$\lambda_p \approx 1.32140985 \times 10^{-15} \ m$$

Und der Radius:

$$r_p = \frac{2}{\pi}\lambda_p$$

$$r_p^{\text{VED}} \approx 0.84123564 \text{ fm}$$

Äquivalente alternative Formulierung

$$r_p = n_{\min} \frac{h / (2\pi)}{m_p c} = 4\frac{h / (2\pi)}{m_p c}$$

Der Faktor $h / (2\pi)$ folgt aus der geometrischen Beziehung zwischen Umfang und Radius.

Die Formulierung behält die Planck-Konstante h bei und benötigt keine zusätzliche Konstante.

5.1. Experimenteller Vergleich und QCD-Ergebnisse

Bezugsdatum: 27. Oktober 2026

Einstein–VED bestimmt den Protonenradius direkt aus der bekannten Masse, den Beziehungen von Einstein und Planck und der Mindestanzahl von Zyklen für eine stabile Welleneinschließung:

$$n_{\min} = 4$$

$$R_p = \frac{2h}{\pi m_p c} = \frac{2hc}{\pi E_p}$$

Der experimentelle Radius wird weder als Eingabeparameter noch zur Anpassung des Ergebnisses verwendet.

Ergebnisvergleich

Herkunft	Radius ± Unsicherheit (fm)	Absolute Abweichung (fm)	Relative Abweichung
Einstein–VED, DE_4	**0.84123564021 ± 0.00000000026**	**0.00048564**	**0.0578%**
CODATA 2022	0.84075 ± 0.00064	0	0%
Gitter-QCD, 2024	0.820 ± 0.014	0.02075	2.47%
Gitter-QCD, 2026	0.860 ± 0.038 ± 0.023	0.01925	2.29%

Die absoluten und prozentualen Abweichungen beziehen sich auf den experimentellen Zentralwert von CODATA 2022.

Die für Einstein–VED angegebene Unsicherheit folgt aus der Fortpflanzung der experimentellen Unsicherheit der Protonenmasse. Für QCD werden die in den jeweiligen Arbeiten veröffentlichten Unsicherheiten wiedergegeben.

Einstein–VED liefert einen Radius, der nur um 0.0578% vom experimentellen Zentralwert von CODATA 2022 abweicht, ohne die Formel an den beobachteten Radius anzupassen.

Bei den beiden zitierten Gitter-QCD-Ergebnissen betragen die Abweichungen vom CODATA-Zentralwert 2.47% beziehungsweise 2.29%.

Der Vergleich zeigt unmittelbar die numerische Nähe, die Einstein–VED durch eine geschlossene geometrische Herleitung erreicht.

Ziel ist die Darstellung eines reproduzierbaren theoretischen Ergebnisses und seiner Übereinstimmung mit den verfügbaren experimentellen Daten.

5.2. Rechengenauigkeit und zukünftige Messungen

Mit der Einstein–VED-Formulierung lässt sich der Protonenradius aus seiner Masse oder gleichwertig aus seiner Ruheenergie berechnen:

$$R_p = \frac{2h}{\pi m_p c} = \frac{2hc}{\pi E_p}$$

Im Internationalen Einheitensystem haben die Planck-Konstante h und die Lichtgeschwindigkeit c exakte Werte.

Die minimale Einschließungszahl $n = 4$ wird durch die geometrische Bedingung für den stabilen Schluss der Protonenwelle festgelegt.

Die fortgepflanzte numerische Unsicherheit des berechneten Radius folgt daher ausschließlich aus unserer experimentellen Kenntnis der Protonenmasse:

$$\frac{\sigma_{R_p}}{R_p} = \frac{\sigma_{m_p}}{m_p}$$

Die absolute Unsicherheit erhält man durch:

$$\sigma_{R_p} = \left|\frac{\partial R_p}{\partial m_p}\right| \sigma_{m_p}$$

Da:

$$\frac{\partial R_p}{\partial m_p} = -\frac{2h}{\pi c m_p^2} = -\frac{R_p}{m_p}$$

Folgt:

$$\sigma_{R_p} = R_p \frac{\sigma_{m_p}}{m_p}$$

Mit der von CODATA 2022 empfohlenen Massenunsicherheit:

$$\sigma_{m_p} = 0.00000000052 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Ergibt sich näherungsweise:

$$\sigma_{R_p} = 2.6 \times 10^{-10} \text{ fm}$$

Und das vollständige Ergebnis lautet:

$$R_p^{\text{VED}} = (0.84123564021 \pm 0.00000000026) \text{ fm}$$

Folge der Masse–Radius-Beziehung

Jede experimentelle Verbesserung unserer Kenntnis der Protonenmasse oder ihrer Ruheenergie über $E_p = m_p c^2$ ermöglicht eine Aktualisierung des von Einstein–VED berechneten Radius mit geringerer fortgepflanzter Unsicherheit.

Der geometrische Ausdruck bleibt unverändert:

$$R_p = \frac{2hc}{\pi E_p}$$

Es sind weder neue Parameter noch eine Neukalibrierung der Formel anhand des experimentellen Radius erforderlich.

Die numerische Genauigkeit des berechneten Radius kann sich somit mit der experimentellen Kenntnis der Protonenmasse oder Ruheenergie verbessern.

6. Verallgemeinerung: Radius und Masse der geometrischen Einschließung

Die Herleitung des Protonenradius ermöglicht einen allgemeinen Ausdruck für alle Materie, die aus eingeschlossenen Wellen besteht.

Die einer Masse M zugeordnete intrinsische Wellenlänge ist:

$$\lambda = \frac{h}{Mc}$$

Dabei gilt:

- h = Planck-Konstante.
- M = Masse der eingeschlossenen Materie.
- c = Lichtgeschwindigkeit.
- n = Anzahl der Wellen der Einschließung.

Die geometrische Schließungsbedingung ergibt:

$$L = n\lambda$$

Für eine kreisförmige Einschließung:

$$2\pi R_{\mathrm{VED}} = L$$

Daher:

$$R_{\mathrm{VED}} = \frac{n\lambda}{2\pi}$$

Einsetzen der Wellenlänge liefert:

$$R_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi Mc}$$

Dies ist die allgemeine Formel des geometrischen Einstein–VED-Radius.

Herleitung der Masse

Auflösen nach der Masse:

$$M_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi cR_{\mathrm{VED}}}$$

Und folglich:

$$M_{\mathrm{VED}}\, R_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi c}$$

Bei einer gegebenen Einschließungszahl n ist der geometrische Radius umgekehrt proportional zur Masse:

$$R_{\mathrm{VED}} \propto \frac{1}{M}$$

Der Ausdruck wird im Einstein–VED-Rahmen für alle Materie vorgeschlagen, von Teilchen bis zu makroskopischen Körpern, mit der jeweils zugehörigen Einschließungszahl.

R_{VED} beschreibt die intrinsische Geometrie der Welleneinschließung und ist nicht notwendigerweise mit beobachtbaren Körperradien oder dem gravitativen Schwarzschild-Radius gleichzusetzen.

Spezialfall Proton

Für das Proton:

$$n_{\mathrm{min}} = 4$$

$$R_{\mathrm{VED}} = \frac{4h}{2\pi m_p c}$$

Vereinfacht:

$$R_{\mathrm{VED}} = \frac{2h}{\pi m_p c}$$

Mit den in der Herleitung verwendeten CODATA-2022-Werten:

$$R_{\mathrm{VED}} \approx 0.84123564 \text{ fm}$$

So erhält man erneut das Ergebnis der geometrischen Herleitung des Protonenradius, ohne neue Konstanten oder Anpassungsfaktoren einzuführen.

Die Formulierung verwendet ausschließlich die Planck-Konstante h und lässt die Einschließungszahl n und den geometrischen Faktor 2π explizit stehen.

7. Schlussfolgerung

1. Masse = eine in 3S+T eingeschlossene Welle.
2. Radius und Masse der geometrischen Einschließung (R_{VED}, M_{VED}) sind exakt und deterministisch.
3. Die Formel $R_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi Mc}$ wird ein grundlegendes Werkzeug weiterer Entwicklungen sein.
4. Für das Proton erhält man mit $n = 4$ durch direkte geometrische Herleitung $r_p \approx 0.84123564$ fm, ohne Anpassung an den experimentellen Radius.
5. Das Ergebnis weicht relativ um 0.0578% vom experimentellen CODATA-2022-Zentralwert ab, weniger als die beiden betrachteten Gitter-QCD-Berechnungen.

6. Die fortgepflanzte numerische Unsicherheit des Einstein–VED-Radius hängt von der experimentellen Unsicherheit unserer Kenntnis der Protonenmasse ab. Zukünftige Verbesserungen bei der Bestimmung von Masse oder Ruheenergie erhöhen die Rechengenauigkeit, ohne die geometrische Formel zu ändern.

Literatur

CODATA 2022 — Fundamentalkonstanten

https://physics.nist.gov/cuu/Constants/

Djukanovic et al. (2024)

Precision Calculation of the Electromagnetic Radii of the Proton and Neutron from Lattice QCD.

Physical Review Letters 132, 211901.

https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.132.211901

Alexandrou et al. (2026)

Proton and neutron electromagnetic form factors in the continuum limit using lattice QCD ensembles with physical pion masses.

Physical Review D 113, 114524.

https://doi.org/10.1103/tt39-n1df

Einstein–VED / UNIHOLOG — Víctor Estrada Díaz

https://doi.org/10.5281/zenodo.17172925

10.5281/zenodo.17172925

Ende von DE_4