Zum Problem der konzeptionellen Unvereinbarkeit von Gravitation und Quantentheorie

Ein von der Geometrie dominierter Ansatz

die mathematische Beschreibung von Gravitations-Wellen und ihr grundlegender Zusammenhang mit dem Vierer-Weg-Integral und der Einstein-Hilbert-Wirkung

wissenschaftliche Abhandlung

von

Torsten Pieper

Dezember 2018

Hat irgendjemand jemals darüber nachgedacht, dass die quantenmechanische Wellenfunktion nicht fundamental sein könnte, sondern Spezialfall einer übergeordneten Gleichung?

Die Energie linearer Gravitationswellen – der erste Hinweis

Eine genaue Berechnung der Energiedichte von Gravitations-Wellen führt zum Ausdruck

$$t_{\mu\nu} = \frac{c^4}{8\pi\gamma} * k_\mu * k_\nu * |F_{\mu\nu}| \tag{1.1}$$

Eine Integration über die Funktion ergibt

$$E_\mu / A = \frac{c^4}{8\pi\gamma} * k_\mu * |F_{\mu\nu}| \tag{1.2}$$

Energie ist proportional der Wellenzahl und damit proportional der Frequenz der Wellenfunktion. Dies ergibt einen unerwarteten Zusammenhang zur bis hierher nicht betrachteten Quantenmechanik!

Die Analogie zwischen zwei scheinbar vollkommen zusammenhanglosen Theorien wird noch deutlicher, setzt man die punktsymmetrisch angenommene Planckfläche als durchströmte Fläche an.

$$A = A_0 \times \pi = \pi \times \hbar \times \gamma / c^3 \tag{1.3}$$

Damit ergibt sich die Energie zu

$$E = \mathrm{h} * f * \frac{|F_{\mu\nu}|}{8\pi} \tag{1.4}$$

Von allen Naturkonstanten bleibt nur das Wirkungsquantum übrig.

Damit ist die vorliegende Herleitung die einzige, mit welcher die Energie-Frequenz-Relation eindeutig und unabhängig von der Quantenmechanik hergeleitet werden kann. Die Divergenzen (Krümmungen) aller anderen konservativen Felder führen zu anders gearteten Ladungs- bzw. Stromdichten und können daher nicht zur Definition einer Energie herangezogen werden.

Kann man etwas aus dieser formalen Ähnlichkeit schließen?

a) Wellen-Gleichung der Gravitationswellen: Linearisierung und Eichung der Tensorfeldgleichung der ART und Bezug auf ein konstantes Hintergrund-Koordinaten-System vom Minkowsky-Typ.

→ Die Wellen-Gleichung der Quantenmechanik könnte analog durch denselben Ansatz aus einer quantisierten Tensorfeldgleichung folgen.

b) Zusammenhang zwischen dem Viererweg-Element ds^2 und der Metrik $g_{u,v}$ erlaubt im Nachhinein die Quantisierung der Gravitationswellen sauber zu begründen.

→ effektiver Weg durch eine gekrümmte Raumzeit durch Integration der Metrik über einen Viererweg als Parameter.

hier: Produkt der Energie-Flächendichte einer Gravitationswelle und Planckfläche eigentlich Viererweg-Integral über die Metrik

$$ds^2 = g_{u,v} * dx_u * dx_v = -1*c^2*dt^2 + 1*dx^2 + 1*dy^2 + 1*dz^2 \qquad (2.1)$$

mit der Plancklänge L als Eintrag eines nicht infinitesimalen, sondern endlichen Vierervektors L_u zu

$$Ds^2 = g_{u,v} * L_u * L_v \qquad (2.2)$$

Eine erste Näherung und ihre Interpretation - Kann auf ein Quellenfeld verzichtet werden?

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} * g_{\mu\nu} * R = \frac{8\pi\gamma}{c^4} * T_{\mu\nu} \tag{3.1}$$

in erster Näherung ist Einstein-Gleichung Vierervolumendichte einer neuen Tensorfeldgleichung. Quellenfeld anders interpretieren:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} * g_{\mu\nu} * R = \frac{8\pi\gamma}{c^3} * H_{\mu\nu} * \frac{1}{dx^4} \tag{3.2}$$

a) Energie-Impuls-Dichte-Tensor wird ein Tensor, dessen Elemente Wirkungen entsprechen.

b) Elemente als Vielfache des Wirkungsquants führt zu:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} * g_{\mu\nu} * R = \frac{8\pi\gamma}{c^3} * H_{\mu\nu} * \frac{1}{dx^4} \tag{3.3}$$

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} * g_{\mu\nu} * R = \frac{8\pi h\gamma}{c^3} * N_{\mu\nu} * \frac{1}{dx^4} \tag{3.4}$$

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} * g_{\mu\nu} * R = \frac{16\pi^2\hbar\gamma}{c^3} * N_{\mu\nu} * \frac{1}{dx^4} \tag{3.5}$$

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} * g_{\mu\nu} * R = 16\pi^2 * A_0 * N_{\mu\nu} * \frac{1}{dx^4} \tag{3.6}$$

Elemente sind in dieser Definition aber reine Zahlen, ganz im Sinne der Quantentheorie, Quantenzahlen für die Geometrie des Riemann-Raumes.

→ vorher: Einsteingleichung - Geometrie der Raumzeit und Quellterm

→ jetzt: reine Geometrie, welche Wirkungen proportional ist. Was ist Quelle, was ist Feld?

→ Übergang zu einer Eigenwert-Gleichung?

→ Wie hängt Plancklänge mit Krümmung zusammen?

allgemeine Quantisierung auf Basis der Einstein-Hilbert-Wirkung

$$S = \frac{1}{2} * \frac{c^3}{8\pi\gamma} * \int \sqrt{-\det{(g_{\mu\nu})}} * R(g_{\mu\nu}) * dx^4 \qquad (4.1)$$

$$S * \gamma/c^3 = \frac{1}{2} * \frac{1}{8\pi} * \int \sqrt{-\det{(g_{\mu\nu})}} * R(g_{\mu\nu}) * dx^4 \qquad (4.2)$$

→ Einheit: Fläche, besser: Abstandsquadrat

$$K * N * \hbar * \gamma/c^3 = \frac{1}{2} * \frac{1}{8\pi} * \int \sqrt{-\det{(g_{\mu\nu})}} * R(g_{\mu\nu}) * dx^4 \qquad (4.3)$$

→ K: Plancklänge oder reduzierte Plancklänge und fehlt noch ein Vorfaktor?

a) Funktion soll im Kern ART reproduzieren

b) Bosonenaustausch zweier Massen ergibt maximal als Grenzwert für die Anwendung der Quantenfeld-Theorie

$$M_p^2 * c^4 = E_p^2 = \hbar * c^5/\gamma \qquad (5.1)$$

$$E_p^2 = (\hbar * \mathrm{k} * \mathrm{c})^2 = \hbar^2 * \frac{(2\pi)^2}{\lambda^2} * \mathrm{c}^2 = \hbar^2 * \frac{1}{\mathrm{L}^2} * \mathrm{c}^2 \qquad (5.2)$$

$$\mathrm{L}^2 = \hbar * y/c^3 \qquad (5.3)$$

K=1 .

vorläufiges Korrespondenzprinzip für die Erweiterung der ART:

$$\hbar \rightarrow 0 \qquad (5.4)$$

→ N verschwindet, wenn der Krümmungs-Skalar verschwindet.

→ Die Struktur der Minkowski-Raumzeit mag quantisiert sein, trägt aber hier nicht zur Wirkung S bei.

→ Intrinsische Krümmung muss gegeben sein.

→ berechnete Wirkung ħ repräsentiert die Zunahme eines Weges S um ds, in dem Moment, in dem die Geometrie von der flachen Raumzeit abweicht (R>0).

→ Die Art der Abweichung hängt dann zusätzlich von der Art der Rand- und Nebenbedingungen ab, nicht jedoch ihr Betrag.

→ Abschnitte von der Ausdehnung der Plancklänge zunächst als Tangential-Räume

→ Metrik lokal über diese konstant und Pendant zu lokalen Inertial-Systemen

→ Differenzen-Quotienten statt Differential-Quotienten

→ Metrik muss nahezu beliebig schwach variieren können! Die begrenzende Größe ist das Vierer-Integral über die Krümmung.

→ neuer Begriff, übergeordnet zur Metrik: Abweichung von einer Minkowski-Metrik ist *geodätische Störung* $\boldsymbol{S_p}$.

→ Integral über Krümmung ist positiv definit.

→ Minimum der Wirkung minimal Null

→ negative Längen nicht möglich.

→ *geodätischen Störung* der Minkowski-Raumzeit erfordert, Quantisierung ebenfalls auf Basis der Plancklänge. Abstand zwischen zwei direkt benachbarten Punkten ist die Plancklänge

→ Plancklänge als Eintrag eines Vierer-Vektors

→ Krümmung eines Pfades und Krümmung der Raumzeit bestimmt über nicht kolineare Vektoren endlicher Länge.

Die minimale geodätische Störung als Amplitude

Definition einer Geschwindigkeit:

$$\frac{ds}{dt} = \frac{1*s_0}{n_t*t_0} = \frac{1*c*t_0}{n*t_0} = \frac{c}{n} \tag{6.1}$$

$$\beta = \frac{1}{n_t} \tag{6.2}$$

→ β, multipliziert mit der passenden Länge der Eigenzeit im Beobachter-System, ist gerade ausgeglichen

→ alternierende Funktionen mit Plancklänge als Amplitude

→ Metrik ist zweite Ableitung!

→ *geodätischen Störung* $\boldsymbol{S_p}$ als Amplitude einer wellenartigen Geodäte, abhängig von der betrachteten Lösung

→ neue Stammfunktion!

Gravitationswellen aus neuer Sichtweise - Elementarer Zusammenhang von Energie und Freiheitsgraden

a) Zwangsbedingungen:

→ Wegintegral über beliebige symmetrische metrische Funktion immer dieselbe geodätische Störung $\mathbf{S_p}$

→ Quantisierungsregel hier 1 $S_p \sim \hbar$

→ Nebenbedingung: Längen können nicht negativ sein

b) *geodätische Störung* skalar, dann ist neue Stammfunktion zunächst ebenfalls skalar.

$$S(t,z) = S_p * F(\vec{r},t) = S_p * e^{i(\omega*t-k*z)} \tag{7.1}$$

→ partielle Ableitung, als Feld und als Eigenwert auffassbar

$$E = \hbar * \omega \tag{7.2}$$

$$\vec{p} = \hbar * \vec{\mathrm{k}} \tag{7.3}$$

mit Basis

$$\overrightarrow{\mathrm{e}_1} \times \overrightarrow{\mathrm{e}_2} = \overrightarrow{\mathrm{e}_3} \tag{7.4}$$

$$\overrightarrow{\mathrm{e}_1} * \overrightarrow{\mathrm{e}_2} = 0 \tag{7.5}$$

zwei Schwingungs-Richtungen definiert und voneinander verschieden

$$\vec{E} = S_1(t, z) = \mathrm{S}_p * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}}, \mathrm{t}) * \overrightarrow{\mathrm{e}_1} \tag{7.6}$$

$$\vec{B} = S_2(t, z) = \mathrm{S}_p * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}}, \mathrm{t}) * \overrightarrow{\mathrm{e}_2} \tag{7.7}$$

→ Vektor-Felder gekoppelt

→ bei Gravitationswellen phasenverschoben.

→ Erst in Tensor-Schreibweise vollständig beschreibbar.

→ Metrik: zwei unabhängige Amplituden, Freiheitsgrade

→ jetzt: nur eine Amplitude $\mathbf{S_p}$, Freiheitsgrade verschiedene Basen oder Phasenverschiebung

$$\begin{pmatrix} \vec{E} \\ \vec{B} \end{pmatrix} = S_{\mu\nu} = \mathrm{S}_p * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}}, \mathrm{t}) * \begin{pmatrix} \mathrm{e}_1 & 0 \\ 0 & \mathrm{e}_2 \end{pmatrix} \tag{7.8}$$

→ hier weiterhin Spin-2–Verhalten für Gravitationswellen

$$S_{\mu\nu} = \mathrm{S}_p * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}}, \mathrm{t}) * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \tag{7.9}$$

c) Betrachtung der Ableitungen der Stamm-Funktion

→ erste Ableitung Energie und Impuls proportional

→ Allerdings: hier reelle geometrische Größen. Eulersche Form nur Schreibweise!

→ Eigenwerte nur positive Extrema der Geometrie

$$\dot{S_{\mu\nu}} = \mathrm{S}_p * \omega * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}}, \mathrm{t}) * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \tag{8.1}$$

$$S'_{\mu\nu} = \mathrm{S}_p * |\vec{\mathrm{k}}| * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}},\mathrm{t}) * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \tag{8.2}$$

→ *geodätische Störung* entspricht direkt der physikalischen Wirkung:

$$H_{\mu\nu} = \hbar * \varphi_{\mu\nu} * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}},\mathrm{t}) = \hbar * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} * \mathrm{e}^{\mathrm{i}(\omega * \mathrm{t} - \mathrm{k} * \mathrm{z})} \tag{8.3}$$

→ Ableitung nach der Zeit ist Energie-Größe

$$E_{\mu\nu} = \hbar * \omega * \varphi_{\mu\nu} * \mathrm{f}(\vec{\mathrm{r}},\mathrm{t}) = \hbar * \omega * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} * \mathrm{e}^{\mathrm{i}(\omega * \mathrm{t} - \mathrm{k} * \mathrm{z})} \tag{8.4}$$

→ Analog zur Quantenmechanik Energie als Eigenwert

$$E_{\mu\nu} * g^{\mu\nu} = \mathrm{E}^{\mu}_{\nu} = \hbar * \omega * \varphi^{\mu}_{\nu} \tag{8.5}$$

→ Skalar der Energie

$$E = \pm\sqrt{\textstyle\sum_1^2 \mathrm{E}^{\mu}_{\nu}} = \pm\sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \pm\, \hbar * \omega * \sqrt{1^2 + (-1)^2} \tag{8.6}$$

$$\pm E = \hbar * \omega * \sqrt{2} \tag{8.7}$$

→ Normierung der Wellenfunktion zur Kompensation der Freiheitsgrade

$$S_{\mu\nu} = \mathrm{S}_p * \frac{1}{\sqrt{2}} * \varphi_{\mu\nu} * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}},\mathrm{t}) = \mathrm{S}_p * \frac{1}{\sqrt{2}} * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} * \mathrm{e}^{\mathrm{i}(\omega * \mathrm{t} - \mathrm{k} * \mathrm{z})} \tag{8.8}$$

d) Betrachtung eines lichtschnellen Vorgangs ohne Ruhemasse

$$\pm E = \pm\hbar * |\vec{\mathrm{k}}| * \mathrm{c} = \pm p * c \tag{8.9}$$

→ Vorzeichen entspricht lediglich möglichen Ausbreitungs-Richtungen

e) *geodätischen Störung* immer gleiche Amplitude einer Wellenfunktion

→ nur Wellenlänge bestimmt *Metrische Störung*

$$S_{\mu\nu} = \mathrm{S}_p * \frac{1}{\sqrt{2}} * \varphi_{\mu\nu} * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}}, \mathrm{t}) = \mathrm{S}_p * \frac{1}{\sqrt{2}} * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} * \mathrm{e}^{\mathrm{i}(\omega * \mathrm{t} - \mathrm{k} * \mathrm{z})} \tag{9.1}$$

→ Metrik über zweifache Ableitung nach Ausbreitungsrichtung

$$\frac{d^2}{dz^2} S_{\mu\nu} = h_{\mu\nu} = \mathrm{S}_p * \frac{1}{\sqrt{2}} * \varphi_{\mu\nu} * (-\mathrm{k})^2 * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}}, \mathrm{t}) = \mathrm{h} * \frac{1}{\sqrt{2}} * \varphi_{\mu\nu} * \mathrm{e}^{\mathrm{i}(\omega * \mathrm{t} - \mathrm{k} * \mathrm{z})} \tag{9.2}$$

→ Metrik als *lokale Störung*, nur in Abhängigkeit von der Zeit.

$$\frac{d^2}{c^2 * dt^2} S_{\mu\nu} = h_{\mu\nu} = \mathrm{S}_p * \frac{1}{\sqrt{2}} * \varphi_{\mu\nu} * \left(\frac{\omega}{\mathrm{c}}\right)^2 * \mathrm{F}(\vec{\mathrm{r}}, \mathrm{t}) = \mathrm{h} * \frac{1}{\sqrt{2}} * \varphi_{\mu\nu} * \mathrm{e}^{\mathrm{i}(\omega * \mathrm{t} - \mathrm{k} * \mathrm{z})} \tag{9.3}$$

→ Zusammenhang: metrisches Feld – also Raum-Zeit – ist Koppelung von lokalen Oszillationen zu Wellen

→ nur Zustände werden transportiert: Energie(!), Metrik, Krümmung..

→ wichtiger Aspekt bei Vergleich mit nichtlokalen Aspekten der Quantenmechanik

f) Maximum der *skalaren metrischen Störung* bei bekannter Wellenlänge

$$\widehat{h_{11}} = \widehat{h_{22}} = \mathrm{S}_p * \mathrm{k}^2 = \mathrm{L}_\mathrm{p}^2 * \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \tag{9.4}$$

→ wie groß wird $h_{\mu\nu}$?

$$g - h = 1 - \mathrm{S}_p * \mathrm{k}^2 = 1 - \mathrm{L}_\mathrm{p}^2 * \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \tag{9.5}$$

→ wann Komponenten von $g_{\mu\nu}$ singulär für einen externen Beobachter?

$$\lambda = 2\pi * \mathrm{L}_\mathrm{p} \tag{9.6}$$

→ Störung definiert lichtartige Geodäten, wenn Wellenlänge identisch zu nichtreduzierter Plancklänge (L_p war reduzierte Compton-Wellenlänge)

→ Größe von $h_{\mu\nu}$ bei Größenordnungen quantenmechanischer Vorgänge, Beispiel Elektron

$$\lambda_\mathrm{e} \approx 10^{-12}\mathrm{m} \tag{9.7}$$

$$h = L_p^2 * \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \approx 10^{-70+1+24} \approx 10^{-45} \tag{9.8}$$

→ Größe von $h_{\mu\nu}$ bei 10 TeV:

$$\lambda \quad = {}^{h * c}/_{E} \approx 10^{-33+8+6}\mathrm{m} \approx 10^{-19}\mathrm{m} \tag{9.9}$$

$$h \approx 10^{-70+1+38} \approx 10^{-31} \tag{9.10}$$

→ Größe von $h_{\mu\nu}$ im Spektral-Bereich messbarer Gravitationswellen?

$$\lambda_{gw} \approx 10^{4} \,..\, 10^{12} \text{ m} \tag{9.11}$$

$$h_{gemessen} \approx 10^{-24} .. 10^{-18} \tag{9.12}$$

$$h(\lambda_{gw}) = 10^{-70+1-(4..12)} \approx 10^{-73} .. 10^{-81} \tag{9.13}$$

$$\overline{h_{gemessen}}/h(\overline{\lambda_{gw}}) \approx 10^{-21+75} \approx 10^{54} \tag{9.14}$$

→ Vergleich kann als die Suche nach dem Tensor-Boson, dem Graviton, verstanden werden, ist jedoch nicht allgemeingültig!

→ gemessene Amplituden, wirken wie ein Fluss von größenordnungsmäßig 10^{54} Gravitonen

Neue Aspekte für Eigenschaften der Raumzeit

→ Gravitationswelle ist dynamisch und alterniert zwischen zwei Extrema.

→ Wellenfeld als dynamische Überlagerung, entspräche Eigenfunktion der extremalen geometrischen Störungen der Raumzeit, wenn diese Eigenwerte sind

→ wo und wann realisiert sich eine bestimmte geometrische Struktur der Raum-Zeit?

→ direkter Zusammenhang zum Wahrscheinlichkeits-Aspekt der Quantenmechanik und Aussagen wie Einstein-Podolski-Rosen-Paradoxon

→ Die geodätische Störung $\mathbf{S_p}$ ist identisch mit einem angeregten Zustand vom Betrag $\hbar$.

→ Quanten-Mechanik: angeregte Zustände tendieren immer dazu, den in einem System kleinstmöglichen Wert anzunehmen

Raum-Zeit und harmonischer Oszillator

→ formale Ähnlichkeit der Energie-Gleichung für Gravitations-Wellen und der Wellenfunktion der Quantenmechanik

→ fundamentale quantenhafte Eigenschaften der Raum-Zeit

→ gravitative Eigenschaften der Wellenfunktion der Quantenmechanik

→ Energetisch beide Lösungen vollkommen gleichwertig

→ Unterschied in erster Linie *Interpretation* von *Art* und *Einheit* der Elongation.

→ Wellengleichung der Quantenmechanik keine reelle Größe

→ Lediglich Betragsquadrat Maß für eine Wahrscheinlichkeitsdichte

→ aber: Wellengleichungen für physikalische, weitreichende Felder:

1) lineare, homogene Wellengleichungen immer symmetrische Elongationen
2) Welle des Feldes hat keine divergierende Eigenschaft im Sinne einer Ladung
3) bei Gravitationswellen: das effektive Fern-Feld im raumzeitlichen Mittel Null
4) Wellenfunkion definiert Pfade die gerade um Beträge der Plancklänge geändert werden

5) Im Bereich von Elementarteilchen ($>10^{-19}$m) muss die damit verbundene Gravitations-Störung um viele Zehnerpotenzen abgefallen sein. Ein Wirkungs-Querschnitt muss mit der Planckfläche korrelieren
6) wenn Wellengleichung der Quantenmechanik identisch dann kann Vakuum-Energie nicht langreichweitig gravitativ wechselwirken.

7) quantenmechanische Wellenfunktion neutrales Element zwischen den Zuständen Materie und Antimaterie, analog zu elektromagnetischer Welle für die Zustände elektrischer Ladung
8) quantenmechanische Wellenfunktion beschreibt im ersten Moment ausschließlich die *mechanischen* Eigenschaften von Elementarteilchen, jetzt auch *Gravitation*.

→ Gravitations-Wellen sind eine Folge der Koppelung der metrischen Eigenschaften der Raum-Zeit

→ Lokale Störungen beeinflussen verzögert ihr Umfeld und übertragen so Energie

→ Die Verzögerung zwischen zwei Punkten im Raum entspricht gerade einer Phasenverschiebung aufgrund der endlichen Lichtgeschwindigkeit.

→ Raum-Zeit stellt Feld mit physikalischen Eigenschaften dar

a) In der herkömmlichen, kontinuierlichen Sichtweise ergibt sich der Energie-Übertrag zu

$$\vec{I} = |t_{\mu\nu}| * \vec{c} \tag{10.1}$$

Mit

$$t_{\mu\nu} = \frac{c^4}{8\pi\gamma} * k_\mu * k_\nu * (h_{11}^2 + h_{12}^2) \tag{10.2}$$

b) Unter Berücksichtigung der abgeleiteten Quantisierung der Geometrie folgt jedoch für eine lokale Oszillation, also für die Ableitung nach der Zeit für eine bestimmte räumliche Koordinate die Energie

$$E = \hbar * \omega \tag{10.3}$$

Durch die Ableitung nach den räumlichen Koordinaten ergibt sich ebenso ein Impuls

$$\vec{p} = \hbar * \vec{\mathrm{k}} \tag{10.4}$$

→ Quantenmechanik: Zustände von Teilchen

→ quantenmechanische Wellenfunktion deterministisch und kausal

→ Teilchen erscheint hingegen zufällig und in mancher Hinsicht scheinbar instantan!

c) neue Sicht: Geometrie der Raum-Zeit

→ quantisierte Raum-Zeit ist Feld unendlich vieler lokaler Oszillatoren

→ Feld, also Raum-Zeit, ist quasi-kontinuierliches Gewebe mit kausaler Entwicklung, welche lokale Eigenschaften transportieren kann

→ Folgerung: lokale Oszillatoren sind in fester Reihenfolge miteinander gekoppelt.

→ Folgerung: lokal definierte Energie E überträgt sich durch den Raum mit Lichtgeschwindigkeit

$$E = \vec{\mathrm{p}} * \vec{\mathrm{c}} \tag{10.5}$$

→ Vorgabe: Quanten-Feld konstanter Energie (überall gleiche Frequenz)

→ Folgerung: alle lokalen Oszillatoren führen dieselbe Grundschwingung aus

→ Folgerung: Impuls kann als Energie-Transport gesehen werden.

→ Unabhängig von Ort und Zeit überall derselbe Energie-Transport

$$\frac{dE}{dt} = 0 = \frac{d\vec{\mathrm{p}}}{dt} * \vec{\mathrm{c}} = \frac{d\vec{\mathrm{p}}}{dx} * \mathrm{c}^2 \tag{10.6}$$

Interpretation des Welle-Teilchen-Dualismus und der quantenmechanischen Unschärfe-Relation

a) Das Feld - die Raum-Zeit – ist überall.

b) Lokale Oszillationen seiner Struktur tragen Energie.

c) Die Koppelung dieser Oszillationen bedingt einen Impuls, ausdrückbar als Energietransport.

d) alle metrischen Oszillationen konstanter Frequenz repräsentieren dieselbe Energie

Folge für die Ortsunschärfe:

→ Teilchen ist keine selbständige Entität in der Raum-Zeit, sondern ein Zustand.

→ Eine Messung oder Störung bedingt keinen Transport von Energie an eine bestimmte Stelle. Schon gar keinen instantanen Vorgang der Energie oder Impuls in irgendeiner Weise verschiebt.

→ Energie ist in diesem Zusammenhang im Grunde eine Feldgröße und der Teilchenbegriff im ersten Moment nicht anwendbar.

→ Wellengleichung ist auch Feld, *"Eigen-Funktion"* der *Feldstruktur*

→ Teilchen definiert sich als *"Eigen-Struktur"* (Krümmung, Metrik..), ist somit im Feld kodiert

→ Felder sind keine lokalen, sondern ausgedehnte Strukturen

→ prinzipielle Unschärfe vollkommen durch die Geometrie erklärt

e) Bisher nur halbklassisch argumentiert, Wahrscheinlichkeits-Aspekt außen vor gelassen.

→ wenn Impuls durch Energietransport aufgrund der Koppelung lokaler Oszillatoren dargestellt, dann muss ein Teilchen der Energie E durch die lokale Struktur der Raum-Zeit repräsentiert sein, die an einem bestimmten Ort X_μ zu einer bestimmten Zeit t vorliegt.

→ reelle Schwingung durchläuft jedoch alle Zustände die durch Phase und die Ableitungen der Wellenfunktion definiert sind, auch neutrale und negative.

→ es fehlt Teilchen-Aspekt, Erwartungs-Zustand und Wahrscheinlichkeit

→ Raum-Zeit nimmt verschiedene, nahezu kontinuierliche Zustände an, auch nicht proportional zu ganzen Wirkungsquanten

→ wenn Extrema Erwartungszustände sind und Zwischenwerte Überlagerungs-Zustände, kann die Wellenfunktion voll quantenmechanisch auch als Wahrscheinlichkeitsfeld dargestellt werden.

d) geometrische Sichtweise bietet Erklärung, warum Information über Impuls verloren gehen kann

→ Störung der Wellenfunktion bedeutet, dass der Energietransport an der Stelle der Messung effektiv unterbrochen wird. Die Energie wird von einem zweiten Teilchen absorbiert oder gestreut.

→ durch diese Sichtweise nicht erklärbar: globale Dekohärenz!

→ klassisch erwartet: Welle baut sich mit maximal Lichtgeschwindigkeit ab

→ Aber: Sie bricht überall gleichzeitig zusammen

→ durch diese Sichtweise nicht erklärbar: welcher Zustand stellt sich am Ort der Messung tatsächlich ein?

→ Energie ist überall dieselbe

→ phasenbedingter Zustand der Welle (Metrik..) nimmt zufällig nur einen *Eigenzustand* an

→ noch problematischer: Verschränkung. Jedoch: geometrische Sicht kann soweit wie bisher angewandt werden, da verschränkte Teilchen von nur einer Wellenfunktion beschrieben werden!

Es darf aber auch nicht vergessen werden, dass die Wellenfunktion für die Entwicklung der Raum-Zeit nur eine mögliche Lösung von vielen ist. Die Metrik kann oszillieren oder ganz anderen Funktionen folgen, je nach betrachteten Nebenbedingungen und Symmetrien!

fundamental abgeleitete maximale metrische Störung ist tatsächlich vom Betrag identisch zur Kopplungskonstanten der Gravitation, welche in der Quantenmechanik analog zur Wechselwirkungsstärke der Quantenelektrodynamik definiert wird

$$\hat{h} = S_p * k^2 = \mathrm{L}_\mathrm{p}^2 * \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \tag{11.1}$$

Mit

$$m = \frac{E}{c^2} = (\hbar * \mathrm{k})/c \tag{11.2}$$

$$k = (\mathrm{m} * \mathrm{c})/\hbar \tag{11.3}$$

Folgt

$$\hat{h} = S_p * \left(\frac{m*c}{\hbar}\right)^2 = \frac{\hbar*\gamma*\mathrm{m}^2*\mathrm{c}^2}{c^3*\hbar^2} = \frac{\gamma*\mathrm{m}^2}{\hbar*\mathrm{c}} \tag{11.4}$$

$$\hat{h} = \alpha(m) \tag{11.5}$$

→ Wechselwirkungsrate automatisch begrenzt, wenn absolutes Maximum der metrischen Störung über die fundamentale Quantisierung der Raumzeit auf Basis der Plancklänge begrenzt.

Super-Feinstruktur des linearen Spektrums

Auf dieser Basis natürlicher Zahlen lässt sich eine Super-Feinstruktur des Spektrums der linearen Wellen-Funktion exemplarisch ableiten. Dies wäre prinzipiell eine messbare Größe um die Theorie im Allgemeinen und die Sub-These über die Feinstruktur im Besonderen zu falsifizieren.

Jeder Übergang zwischen erlaubten Grundschwingungen dürfte wieder nur ganz bestimmte Wellenlängen bzw. Energien aufweisen

Wenn

$$E(n) = \hbar * \omega = \hbar * (2\pi/2\pi * \mathrm{T_p} * \mathrm{n}) \qquad (12.1)$$

Ist der kleinste Unterschied dn=1, dann ist eine Energiedifferenz

$$E(n_2) - E(n_1) = \frac{\hbar * c}{L_p} * \left(\frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1}\right) = \frac{\hbar * c}{L_p} * \frac{1}{n_3} \qquad (12.2)$$

$$E(n_1 + 1) - E(n_1) = \frac{\hbar * c}{L_p} * \left(\frac{1}{n_1 + 1} - \frac{1}{n_1}\right) \qquad (12.3)$$

$$\varepsilon(n) = \frac{\hbar * c}{L_p} * \left(\frac{n - n - 1}{n * (n \quad + 1)}\right) \qquad (12.4)$$

$$\varepsilon(n) = \frac{\hbar * c}{L_p} * \left(\frac{-1}{n^2 + n}\right) \qquad (12.5)$$

Unter Vorgabe einer messbaren Energiedifferenz kann die benötigte Grundschwingung bestimmt werden zu

$$n^2 + n = \frac{\hbar * c}{L_p} * \frac{1}{\varepsilon} \qquad (12.6)$$

$$\left(n \quad + \frac{1}{2}\right)^2 = \frac{\hbar * c}{L_p} * \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{4} \qquad (12.7)$$

$$n = -\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{\hbar * c}{L_p} * \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{4}} \qquad (12.8)$$

n wird naturgemäß sehr groß für heutzutage erreichbare Energien, so dass einige Konstanten vernachlässigbar werden.

$$n \approx \sqrt{\frac{\hbar * c}{L_p} * \frac{1}{\varepsilon}} \tag{12.9}$$

$$n \approx \sqrt{\frac{\hbar * c}{L_p * e_0} * \frac{1}{\varepsilon_{ev}}} \tag{12.10}$$

wenn

$$E_{ev}(n) = \frac{\hbar * c}{L_p * e_0} \sqrt{\frac{L_p * e_0}{\hbar * c} * \varepsilon_{ev}} \tag{12.11}$$

$$E_{ev}(n) = \sqrt{\frac{\hbar * c}{L_p * e_0} * \varepsilon_{ev}} \tag{12.12}$$

Ein Übergang von 1 µeV würde dann korrekt auf die Super-Feinstruktur schließen, wenn der Grundzustand den Betrag

$$E_{ev}(\varepsilon_{ev}) = \sqrt{12{,}209 * 10^{27} * 10^{-6}} eV \tag{12.13}$$

$$E_{ev}(\varepsilon_{ev}) = 11{,}04943 * 10^{10} eV \tag{12.14}$$

$$E_{ev}(\varepsilon_{ev}) = 110{,}4943\ GeV \tag{12.15}$$

erreicht. Der Unterschied vom Grundzustand entspräche relativ

$$\varepsilon_{ev}/E_{ev}(\varepsilon_{ev}) = 1{,}7171 * 10^{-17} \tag{12.16}$$

Eine derartige Messung erscheint nahezu aussichtlos, wäre aber immer noch weit einfacher, als zu versuchen die Planck-Energie direkt zu erreichen. Immerhin erreichen moderne Beschleuniger-Anlagen Energien im Bereich von einigen TeV. Die gemessene Masse des Higgs-Bosons liegt sogar über diesem Wert.

Bestätigen sich Aussagen bekannter Physiker?

William Clifford (*On the Space-Theory of Matter,* Cambridge Philosophical Soc. (Vortrag am 21.2.1870)):

<<Die Krümmung kleiner Raumgebiete setzt sich nach Art einer Welle fort. Diese Änderung in der Krümmung der Raums ist es, was wir die Bewegung der Materie nennen.>>

→ etwas allgemeiner interpretieren (Raum-Zeit, nicht Raum allein!) und Wirkungs-Quantisierung hinzufügen.

Albert Einstein:

<<Können wir den Materiebegriff nicht einfach fallenlassen und eine reine Feldphysik entwickeln?>>

→ vermutlich Ja! In dem Moment in dem Quelle (Materie), selbst als Anregung der Raum-Zeit beschrieben wird. Hier wird ART grundlegend beibehalten. Warum hatte Einstein hiermit aber keinen Erfolg? Involvierung der Wirkungs-Quantisierung fehlt.