Annäherung der diskretisierten Allgemeinen Relativitätstheorie an die Quantenmechanik : bewegte Masse und Spin-Zustände

Anwendung der diskreten Vektorfelder ohne explizite Betrachtung der

höheren Ableitungen der ART

In der Eingangs-Arbeit wurden die höheren Ableitungen betrachtet, wie sie in der ART üblich sind (Divergenz, Christoffel-Symbole, Riemann-Tensor). Doch letztlich sind diese allenfalls nur notwendig um Bedingungen an die angesetzten Funktionen zu stellen und zu beweisen, dass diese die Einstein-Gleichung erfüllen. Doch das eigentlich interessante Ergebnis – das räumliche Integral über die Einstein-Gleichung – muss letztlich dem Quellterm in der Metrik entsprechen. Es ist ein Zirkelschluss.[1]

Diese Beweisführung ist für die Berechnung der diskretisierten Geometrie somit nicht zwingend. Quellterme in der Metrik folgen jetzt bereits aus der Ableitung der diskreten Vektor-Felder.

Die Auffindung von Lösungen hängt in erster Linie von der richtigen Wahl der Modelle und ihrer Grenzbedingungen ab. Zum Vergleich mit bekannten Lösungen der ART und ihrer Erweiterungen ist es ausreichend die damit korrespondierenden Tetraden zu bestimmen. Die Tetraden folgen hier umgekehrt aus der Ableitung oder auch Normierung der Vektor-Felder über die konstante („ungestörte“) Plancklänge.

$$e_\mu^i = \frac{\partial}{\partial x^\mu}\overrightarrow{X}$$

$$\Delta x_\mu^i = L_p \cdot e_\mu^i$$

In dem übergeordneten diskreten Modell entspricht jeder (lokale) Differenz-Vektor dem Teil einer lokalen Basis. Die Basis-Vektoren geben Richtung und Maßstab im Sinne der ART vor, die Plancklänge macht hieraus einen endlichen Abstand. Diese kleinsten Basis-Vektoren sind nicht weiter auflösbar. Aber ihre Richtung und Länge sind Feldfunktionen in Raum und Zeit.

Es werden im Weiteren nur Orts-Vektoren und ihre Ableitungen betrachtet. Der einfachste Fall in kartesischen Koordinaten führt auf

$$e_\mu^i = \frac{\partial}{\partial x^\mu}\begin{pmatrix} ict \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

$$\breve{e}_\mu^i = \begin{pmatrix} i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Um Störungen der Basis-Vektoren besser darzustellen, wird mittels der Minkowski-Basis normiert und die Vektoren analog zu Vektor-Potentialen behandelt.

$$\Delta e_\mu^i = e_\mu^i - \breve{e}_\mu^i$$

Dies macht es einfacher Felder darzustellen. Auch die Minkowski-Raumzeit mag eine Spin-Struktur aufweisen, doch diese hat keine physikalische Relevanz. Erst Abweichungen in der Struktur führen auf Kräfte bzw. gekrümmte Geodäten, die auf Teilchen wirken können. Diese bedingen die Christoffel-Symbole oder auch Feldstärke-Tensoren, in Cartan-Geometrie Torsions-Tensoren.

Im Unterschied zu bekannten Feld-Theorien ist die vorliegende bereits grundlegend quantisiert. Lösungen führen direkt auf ausgedehnte Strukturen und endliche skalare Quellterme. Diese Terme sind tatsächlich Vektorkomponenten. So ist Masse nur vierdimensional korrekt beschreibbar.

Basis-Vektor-Elemente als Impulsgrößen

In der ersten Abhandlung war zu erkennen, dass die Amplituden von metrischen Innenfeldern und ebenen Wellen betragsmäßig den Wechselwirkungsstärken entsprechen, wie sie in der Quantenfeld-Theorie beschrieben werden.

$$\mathrm{e}_0^{0\,2} = \mathrm{L}_\mathrm{p}^2 \mathrm{k}_0^2 = \alpha_\mathrm{g}$$

$$\mathrm{L}_\mathrm{p}^2 \mathrm{k}_0^2 = \frac{\gamma\, \mathrm{m}^2}{\hbar\, c}$$

Aufgrund dieser Entsprechung können die Elemente der korrespondierenden Tetraden als normierte Impulse aufgefasst werden, wobei die Normierungs-Konstante der Planck-Impuls ist

$$\mathrm{e}_0^{0\,2} = \frac{\gamma\, \mathrm{m}^2}{\hbar\, c} = \frac{\gamma\, \mathrm{m}^2 \mathrm{c}^2}{\hbar\, c^3} = \frac{\gamma\, \mathrm{p}_0^2}{\hbar\, c^3}$$

$$\mathrm{p_{lp}}^2 = \frac{\hbar c^3}{\gamma}$$

$$\mathrm{e}_\mu^\mathrm{i} = \mathrm{p}_\mu^\mathrm{i} / \mathrm{p_{lp}}$$

Für alle weiteren Betrachtungen wird diese Interpretation auf beliebige Impulse verallgemeinert. Tatsächlich können Basis-Vektoren als normierte Geschwindigkeiten aufgefasst werden. Dies folgt bereits aus der Definition des gravitativen Potentials in der ART. Hier kann insbesondere der Quellterm der Schwarzschild-Metrik $2\varphi/c^2$ als Verhältnis von Geschwindigkeit zu Lichtgeschwindigkeit $(v/c)^2$ dargestellt werden.

Basis-Vektoren geben bestimmte Richtungen vor, die ein Testteilchen gehen kann, sogar muss (wenn außer der Gravitation keine anderen Kräfte wirken).

Die Vektor-Felder die in dieser Arbeit spezifiziert werden –quantisiert oder nicht- sind tatsächlich Felder von vierdimensionalen Geodäten, Basis-Vektoren und Metrik folgen durch ihre Ableitung.

Bestimmte Geodäten vorzugeben macht es zudem ungleich einfacher Metrik-Felder als Lösungen zu finden.

Bewegte Masse

Der Masseterm wurde bereits als longitudinale Störung des zeitartigen Basis-Vektors hergeleitet.

Prinzipiell müssen Impulse jetzt als longitudinale Störungen bezüglich der raumartigen Basis-Vektoren folgen, denn eine Lorentz-Transformation der Masse-Lösung ändert die grundsätzliche Feldform nicht. Die Transformation ist eher einer Drehung dieser Feldform ähnlich:

$$\Lambda^{\mathrm{a}}_{\mathrm{b}} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta \\ -\gamma\beta & \gamma \end{pmatrix}$$

$$e^{\mu}_{i} = \Lambda^{\nu}_{\mathrm{i}} \Lambda^{\mu}_{\mathrm{k}} \mathrm{e}^{\mathrm{k}}_{\nu}$$

$$e^{\mu}_{i} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta \\ -\gamma\beta & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathrm{iA} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta \\ -\gamma\beta & \gamma \end{pmatrix}$$

$$e^{\mu}_{i} = \begin{pmatrix} \gamma\mathrm{iA} & -\gamma\beta \\ -\gamma\beta\mathrm{iA} & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta \\ -\gamma\beta & \gamma \end{pmatrix}$$

$$e^{\mu}_{i} = \begin{pmatrix} \gamma^2\mathrm{iA} + \gamma^2\beta^2 & -\gamma^2\beta\mathrm{iA} - \gamma^2\beta \\ -\gamma^2\beta\mathrm{iA} - \gamma^2\beta & \gamma^2\beta^2\mathrm{iA} + \gamma^2 \end{pmatrix}$$

$$e^{\mu}_{i} = \frac{1}{1-\beta^2} \begin{pmatrix} \mathrm{iA} + \beta^2 & -\beta(1 + \mathrm{iA}) \\ -\beta(1 + \mathrm{iA}) & 1 + \beta^2\mathrm{iA} \end{pmatrix}$$

$$e^{\mu}_{t} = \frac{1}{1-\beta^2} \begin{pmatrix} \mathrm{iA} + \beta^2 & -\beta(1 + \mathrm{iA}) \end{pmatrix}$$

$$e^{\mu}_{r} = \frac{1}{1-\beta^2} \begin{pmatrix} -\beta(1 + \mathrm{iA}) & 1 + \beta^2\mathrm{iA} \end{pmatrix}$$

Die lorentztransformierte Basis enthält in der räumlichen Ausbreitungsrichtung jetzt **A** als Störterm. Die longitudinale Störung der Zeit wird in erster Linie zu einer longitudinalen Störung des Raums in Bewegungsrichtung. Zusätzlich enthalten beide Basis-Vektoren eine transversale Störung. Der zeitartige Vektor dreht sich in räumliche Richtung und der räumliche in zeitliche Richtung. Verschwindet **β** so erhält man wieder die ursprüngliche Form, abgesehen davon, dass die Basisvektoren jetzt kontravariant sind.

$$e^{\mu}_{t}(\beta \to 0) = \frac{1}{1} \begin{pmatrix} \mathrm{iA} & 0 \end{pmatrix}$$

$$e^{\mu}_{r}(\beta \to 0) = \frac{1}{1} \begin{pmatrix} 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Geht **β** hingegen gegen 1 ergibt sich das typisch asymptotische Verhalten mit Polstelle. Diese Transformation löst aber auch ein Paradoxon auf. Es wird im Rahmen doppelt relativistischer Theorien vermutet, dass Elementarteilchen hoher Geschwindigkeit – also in Abhängigkeit vom Beobachter – auch als Schwarze Löcher erscheinen. Dies ist hier nicht der Fall. Wenn nicht bereits eine entsprechend hohe Masse vorliegt, wird die Metrik bzw. der entsprechende Basis-Vektor erst im Grenzfall v = c lichtartig.

Sollen die räumlichen Basen hingegen durch eigene Störungen dargestellt werden ist es zwingend notwendig dass diese einen Zusammenhang mit dem zeitartigen Basis-Vektor aufweisen. Dies ist eine Konsequenz der speziell relativistischen Energie-Impuls-Relation. Der Zusammenhang muss auf sie führen. Da de EI-Relation quadratisch bezüglich ihrer Terme ist, wird hier davon ausgegangen, dass erst die allgemeine holonome Metrik auf diesen Zusammenhang führt. Dann können die Basis-Vektoren durchaus linear unabhängig sein und mit longitudinalen Störungen zusammenhängen.

$$\breve{e}^{\mathrm{i}}_{\mu} = \begin{pmatrix} \mathrm{iA} & 0 & .. & .. \\ 0 & \mathrm{B} & .. & .. \\ .. & .. & 1 & .. \\ .. & .. & .. & 1 \end{pmatrix}$$

Die Elemente der Basis-Vektoren sind dann zunächst voneinander unabhängig. Es sollen nun Störungen gefunden werden, die die lorentztransformierte Basis im Wesentlichen reproduzieren und allgemeinen Impuls-Komponenten entsprechen.

Dazu ist es völlig hinreichend die Darstellung bewegter Zustände in einem Raum-Zeit-Diagramm zu betrachten. Im ersten Ansatz entspricht eine lineare Bewegung als Viervektor der Translation in Raum und Zeit. Das Fortschreiten der Zeit ist eine essentielle Voraussetzung für jede physikalisch sinnvolle Betrachtungen.

$$e^{\mathrm{t}}_{\mu} = \dot{R} = \frac{\partial}{\partial t}\begin{pmatrix} ict \\ \beta ct \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} i \\ \beta \end{pmatrix}$$

Diese Kombination von longitudinal und transversal (bezüglich der Zeitachse) kann auf Impuls-Relationen p/m abgebildet werden, wenn diese linear zusammenhängen. Ausgehend von der Herleitung des (Ruh-)Masse-Begriffs aus einer linearen, wellenartigen Distortion zeitartig auseinander liegender Punkte, soll analog eine Herleitung allgemein von Impulsen aus linearen, wellenartigen Distortionen der räumlichen Koordinaten-Achsen folgen. Bezüglich der Zeit-Achse ist dies hier eine Tangential-Komponente. Dann folgt:

$$e^{\mathrm{t}}_{\mu} = \dot{R} = \frac{\partial}{\partial t}\begin{pmatrix} f_0(\omega_0) \\ \overrightarrow{f_r(\omega_r)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega_0 \\ \overrightarrow{\omega_r} \end{pmatrix}$$

Aus diesem Basis-Vektor kann ein normaler Impuls-Vektor gebildet werden wie er auch analog im Energie-Impuls-Dichte-Tensor auftritt. Hier wird die Plancklänge als Amplitude vorübergehend weggelassen, da sie in diesen und folgenden Betrachtungen immer gleich ausfällt.

$$g_{0\mu} = e^{\mathrm{t}}_{0} e^{\mathrm{t}}_{\mu} = \omega_0 \overrightarrow{\omega_r}$$

Hier wird $\mathbf{e}^{\mathbf{t}}$ als Teil eines Basis-Vektor-Tupels für einen allgemeinen Impuls-Raum gedeutet. Damit dieser ganz allgemein ausfällt, muss für jede Richtung ein eigener Störterm angenommen werden und so können 4 linear unabhängige Impulse bestimmt werden.

Wird nun der typische Ansatz gewählt, dass eine wellenartige Bewegung aus einer lokalen, divergenten Abweichung (hier der Koordinaten) hervorgeht, muss zwangsläufig davon ausgegangen werden, dass die räumlichen Achsen um ein bestimmtes Maß longitudinal gekrümmt sind. Das korreliert dann wieder mit der Lorentztransformation der räumlichen Basis-Vektoren. Insbesondere, wenn auch hier eine Kombination von longitudinaler und transversaler Störung vorliegt.

Nun kann verallgemeinert werden. Fällt der $\mathbf{e}_{\mathbf{t}}^{\mathbf{t}}$ -Term weg, so sind doch weiterhin davon unabhängige Basis-Vektor-Elemente gegeben. Diese sind gerade die transversalen Elemente des zeitlichen Basis-Vektors und die zu bestimmenden Elemente der räumlichen Basis-Vektoren.

Jetzt ergeben nur solche Störungen Sinn, die raumzeitlich gesehen Bewegungen entsprechen. Bekannte Feldstörungen breiten sich aber mit Lichtgeschwindigkeit aus. Es muss also davon ausgegangen werden, dass alle Koordinaten-Störungen – unabhängig von ihrer Richtung, selbst in Kaluza-Klein-artigen Erweiterungen - , die nicht die Zeit-Achse selbst betreffen, immer lichtartig ausfallen (umgekehrt ist dies nicht zwingend..).

Dann müssen nun die impulsartigen Basis-Vektoren für die räumlichen Koordinaten in räumlicher und zeitlicher Ableitung gleich ausfallen:

$$\mathrm{e}_{\mu}^{\mathrm{r}} = \acute{R} = \frac{\partial}{\partial r}\begin{pmatrix} f_0(\omega_0, k_r) \\ \overrightarrow{f_r(\omega_r, k_r)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_r \\ \overrightarrow{k_r} \end{pmatrix}$$

So ergibt sich das allgemeine Vierbein – die Basis eines allgemeinen Impulsraumes für longitudinale Störungen - zu

$$\mathrm{e}_{\mu}^{\mathrm{i}} = \begin{pmatrix} \omega_0 & k_x & k_y & k_z \\ \omega_x & k_x & 0 & 0 \\ \omega_y & 0 & k_y & 0 \\ \omega_z & 0 & 0 & k_z \end{pmatrix}$$

Und die Metrik dieses Raumes ist

$$g_{\mu v} = \eta_{ij} e_{\mu}^{i} e_{v}^{j}$$

$$g_{\mu v} = \begin{pmatrix} -E^2 & {k_x}^2 & {k_y}^2 & {k_z}^2 \\ {\omega_x}^2 & {k_x}^2 & 0 & 0 \\ {\omega_y}^2 & 0 & {k_y}^2 & 0 \\ {\omega_z}^2 & 0 & 0 & {k_z}^2 \end{pmatrix}$$

Mit der $\mathbf{g_{00}}$ Komponente

$$g_{00} = -{\omega_0}^2 - {k_x}^2 - {k_y}^2 - {k_z}^2$$

Die Impulsbasis reproduziert somit die Energie-Impuls-Relation indem sie zeitartige und lichtartige Vorgänge vereint. Diese sind rein geometrische Vorgänge, nämlich wellenförmig fortschreitende Krümmungsformen der Raumzeit. Die restlichen Diagonalkomponenten entsprechen dem räumlichen Impuls-Transport (Druck) und die Ränderungen zeitlichem Impuls-Transport und Energiestrom. Alle haben hier die gleiche Ursache.

Durch die Ableitung aus Tetraden ist es nun auch möglich Linearkombinationen von Energie und Impuls zu betrachten, was mathematisch der linearen Dirac-Gleichung schon ein wenig ähnlich ist. Die Linearkombinationen folgen mit entsprechenden Verschiebungs-Vektoren **x**, die hier auch als „Eigen"-Vektoren $\boldsymbol{\Psi}$ interpretiert werden können.

$$\mathrm{p}_{\mu} = \mathrm{e}_{\mu}^{\mathrm{i}} \cdot \Psi_i$$

Ein zeitartiger Eigenvektor ergibt

$$\mathrm{p}_{\mu} = \mathrm{e}_{\mu}^{\mathrm{i}} \cdot (1 \quad \vec{0})^T = (\omega_0 \quad \omega_x \quad \omega_y \quad \omega_z)^T$$

Ein raumartiger (hier für eine Achse) führt immer auf lichtartige Eigenvektoren

$$\mathrm{p}_{\mu} = \mathrm{e}_{\mu}^{\mathrm{i}} \cdot (0 \quad 1_y)^T = (k_y \quad 0 \quad k_y \quad 0)^T$$

und als Linearkombination folgt

$$\mathrm{p}_\mu = \mathrm{e}^{\mathrm{i}}_{\mu} \cdot (1 \quad 1_y)^T = (\omega_0 + k_y \quad 0 \quad \omega_y + k_y \quad 0)^T$$

Es kann natürlich auch die inverse Basis definiert werden, die dann Wellenlängen bzw. Periodendauern entspricht!

Impuls-Basen transversaler Schwingungs-Formen und die Geometrie des Spin 1

Bisher wurden, ausgehend von der Betrachtung der Lorentztransformation der Masse-Lösung, nur eine mögliche Form von Wellen betrachtet, nämlich Longitudinal-Wellen der Raumzeitstruktur. Es können vollkommen analog auch Basis-Räume für transversale Wellen abgeleitet werden. Unter ansonsten gleichen Bedingungen ergeben sich gleiche Impuls-Transporte und Energieströme und damit auch die gleiche Gesamt-Energie. Diese hängen nur von der Planck-Länge als Amplitude und den angesetzten Frequenzen ab. Doch die Wirkung in den rein räumlichen Komponenten entspricht dann nicht mehr Druck, sondern Scherung.

Die Transversalen Lösungen können in zwei Hauptgruppen unterteilt werden:

a) Nur eine transversale Schwingung **x** von Koordinatenpunkten liegt vor

$$\mathrm{e}^{\mathrm{i}}_{\mu} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & k \\ 0 & 1 & 0 & k \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \omega & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

b) Es liegen zwei transversale Schwingungen **x** und **y** gleichzeitig vor

$$\mathrm{e}^{\mathrm{i}}_{\mu} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & k \\ 0 & 1 & 0 & k \\ 0 & 0 & 1 & k \\ \omega & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Bei ansonsten gleichen Bedingungen folgen gleiche Werte für Impulse und Energien. Z ist hier die Ausbreitungsrichtung.

Die Berechnung der korrespondierenden Metriken führt jedoch auf unterschiedliche Verhaltensweisen:

a) Die transversale Schwingung der Metrik $\mathbf{g}_{xy}$ bleibt linear und vektorwertig. Die Metrik unterliegt einer Wiederholung alle 360°
b) Die transversale Schwingung der Metrik $\mathbf{g}_{xy}$ entspricht einer Quadrierung der ursprünglichen Schwingung der Basis-Vektoren. Dies bedingt eine Verdoppelung der Wiederholungs-Frequenz. Bezüglich der Frequenz der linearen Schwingung wiederholt sich die Metrik nun alle 180°.

Der Unterschied zwischen a und b ist nun besonders interessant. Denn b entspricht dem typischen Verhalten von Gravitationswellen (bzw. Gravitonen) und diesen wird in Erweiterungen der Quantenfeld-Theorie der hypothetische Spin 2 zugeordnet.

Dann muss dem vektorwertigen Verhalten der Lösung a theoretisch der Spin 1 zugeordnet werden. Aber was bedeutet das nun geometrisch?

Um die Frage zu beantworten wird eine Linear-Kombination **Ψ** (0,dx,dy,0) mit einer Phasenverschiebung $\pi/2$ betrachtet. Diese ist additiv und ändert das Grundverhalten nicht. Aber die Form der so bestimmten Geodäte entspricht effektiv einer Rotation von Punkten, was dreidimensional einer spiralierenden Geodäte entspricht. Sie hat einen Schraubungssinn bezüglich der Ausbreitungsrichtung.

Ein Testteilchen dass diese Geodäte entlangläuft (oder von ihr durchlaufen wird, der Unterschied ist genauso irrelevant wie bei elektromagnetischer Induktion) wird in Drehung versetzt, es entspricht also einem Drehimpuls-Übertrag! Man kann auch argumentieren dass die Drehung in einer fixen Ebene pro Periodendauer quasi eine Planckfläche $\boldsymbol{\pi * L_p^2}$ überstreicht, was einem Wirkungsquant proportional ist.

Die Vektor-Wertigkeit tritt genauso in Kaluza-Klein-Theorien auf. Die elektromagnetischen Vektorpotentiale werden faktisch auf konstante Raum-Basis-Vektoren linear abgebildet. So bleiben Vorzeichen und Vektorwertigkeit erhalten.

Das unterschiedliche Verhalten muss noch genauer betrachtet werden. Warum führt eine Linear-Kombination der Lösung a nicht auch auf tensorwertiges Verhalten?

Das hängt elementar mit den möglichen Richtungen zusammen, aus dem ein Testteilchen kommen kann. Bei der vektorwertigen Lösung gibt es eine ausgezeichnete Richtung, in der jede Wirkung theoretisch verschwindet, auch wenn kein ebene Wellenfront, sondern eine mehr teilchenartige Feldform betrachtet wird. Liegt die Ausbreitungsrichtung z vor und die Schwingung in Richtung x, so erfährt ein Teilchen dass aus Richtung y kommt keine Auslenkung. Linearkombinationen dieser Lösungen führen nur zu einer Drehung der Schwingungs-Richtung (der Polarisationsrichtung). Eine Wirkung kann dann durch eine rein räumliche Drehung auf null gebracht werden. Dies ist ein Merkmal – eine 360° - Symmetrie - von vektorwertigen Feldern.

Bei Gravitationswellen ist das generell nicht möglich. Hier liegt allenfalls eine Minimierungs-Richtung vor, beschrieben durch die Eigen-Vektoren der Tensor-Gleichung. Das ist die 180° Symmetrie des tensorwertigen Feldes. Dies entspricht eher einer flächenhaften Dilatation der Schwingungs-Ebene wenn man die Vektor-Lösung als längenhafte Dilatation auffasst bei der eine Ebenen-Richtung unbeeinflusst bleibt.

Abschließend soll nochmal auf die Lösung für bewegte Massen eingegangen werden.

Diese überträgt aufgrund ihrer longitudinalen Struktur Impuls und Energie. Testteilchen welche eine parallele Bewegungsrichtung aufweisen werden in der Lösung für ebene Wellen nicht senkrecht dazu abgelenkt. Es ist eindeutig keine Dreh-Impuls-Übertragung möglich. Dann muss diese Lösung für bewegte Massen mit Spin Null identifiziert werden. Als Ein-Teilchen-Lösung muss das Feld zudem vollkommen rotations-invariant ausfallen, sie ist punktsymmetrisch im Raum, unter räumlicher Bewegung im zweidimensionalen Unterraum senkrecht zur Bewegungs-Richtung.

9 Zusammenfassung

Es liegen aufgrund der diskreten Struktur des beschriebenen Vektor-Raums Ähnlichkeiten zur Quantenmechanik vor. Teilweise geht dieser Ansatz bereits über sie hinaus, denn weder ART, Quanten-Mechanik oder Quantenfeld-Theorie können die Quellen der physikalischen Felder und generell intrinsische Eigenschaften von Elementarteilchen beschreiben. Es sind in die Theorie gegebene Werte und oft rein abstrakte, nicht klassisch interpretierbare Größen.

Diese Lücken der Quantentheorie können im Wesentlichen durch folgende Arbeitsansätze behoben werden:

- Generell Betrachtung dynamischer Vorgänge
- Erweiterung der Freiheitsgrade (geometrische Freiheitsgrade sind möglich, wo die Physik sie für gewöhnlich ausschließt)

Dies ermöglichte zuerst den Term Ruhemasse in der Theorie zu eliminieren, bzw. als Ergebnis einer Dynamik zu verstehen. Die Erweiterung der Theorie auf bewegte Massen führte zunächst auf eine neue Sichtweise auf die Energie-Impuls-Relation und damit letztlich auch auf die Klein-Gordon-Gleichung. Skalare Bosonen entsprechen longitudinalen Deformationen der Raumzeit.

Die Erweiterung auf transversale Deformationen der Raumzeit führte dann auf die Beschreibung von Spin 1 und Spin 2 aus einem gemeinsamen Ansatz heraus. Während Spin 2 bereits im Rahmen der ART (bzw. spekulativer QFT) beschrieben werden kann, war die Erweiterung um Spin 1 nur möglich, weil hier mit dem Tetraden-Kalkül gearbeitet wird. Spin Null, Eins und Zwei sind jetzt lediglich unterschiedlich gekrümmte, vierdimensionale (dynamische) Geodäten. Ein Drehimpuls-Übertrag kann als geometrisch fundierte Induktion verstanden werden. Teilchen laufen entlang der Geodäten oder umgekehrt und erfahren dadurch eine Drehung im Raum. Diese Unterscheidung spielt wie im Elektromagnetismus keine Rolle.

Damit sind fast alle mechanischen Größen im Rahmen der erweiterten ART auf spezifische Geometrien zurückführbar. Was nun noch fehlt sind Größen der Quantenmechanik und der Quantenfeld-Theorie die nach dem allgemeinen Wissensstand in der klassischen Mechanik keine Entsprechung haben: Spin ½ und Spinore. Für Untersuchungen in diese Richtung liegen immer noch sechs Freiheitsgrade vor, die Freiheitsgrade für Rotationen in vier Dimensionen.

Die Erklärung anderer skalarer Ladungstypen (el. Ladung..) wird hingegen erst in Erweiterungen der Theorie erwartet, die zusätzliche Dimensionen beinhalten, denn die Freiheitsgrade der Gravitations-Theorie scheinen in dieser Hinsicht ausgeschöpft zu sein.

11 Ausblick

- Wie erklärt sich Trägheit im vorliegenden Modell?
- Ist die Dirac-Gleichung ableitbar?
- Wie stellt sich Paarbildung im Wellenbild der Materie dar?
- Erweiterung der Theorie in eine vierdimensional-komplexe Form
- Wie verhalten sich die Schwarzschildlösung im Makrobereich und die Thermodynamik schwarzer Löcher?
- Wie verhält sich die Kerrlösung im Mikrobereich
- Was ändert sich für die Friedmannmetrik und das Urknall-Szenario?

12 Literatur-Verzeichnis

(1) 1 Diskretisierung der Allgemeinen Relativitätstheorie mit holonomer Basis, Ableitung quantenmechanischer Zusammenhänge, 28.10. 2022