

Gleichförmig beschleunigte Bewegung in einem quantisierten Raum

Florian Pendl
Herderweg 14
49086 Osnabrück

Abstrakt

Ausgangspunkt dieser Abhandlung ist die Annahme, dass alle Prozesse dem Ursache-Wirkungs-Prinzip folgen. Aufgrund dieser Kausalität ist die Welt durch und durch deterministisch. Bei Kenntnis der Orte und Impulse aller vorhandenen Teilchen zu einem konkreten Zeitpunkt sind Vergangenheit und Zukunft prinzipiell unbegrenzt berechenbar. Die Kenntnis von Ort und Impuls eines Teilchens zu einem konkreten Zeitpunkt widerspricht allerdings der Heisenberg'schen Unschärferelation. Die Lösung dieses Dilemmas, wie in der Einführung noch gezeigt wird, ist der quantisierte Raum. Die Auswirkungen eines quantisierten Raumes auf die Bewegungen von Teilchen und damit auch u.a. auf Zeit und Beschleunigung sind Schwerpunkte des zweiten Teils dieser Abhandlung. Dabei wird gezeigt, dass die Gesetzmäßigkeiten eines quantisierten Raumes bei einer gleichmäßigen Beschleunigung eines Teilchens im Vergleich zu den relativistischen Bewegungsgesetzen der Speziellen Relativitätstheorie für den kontinuierlichen Raum in einigen Punkten zu abweichenden Ergebnissen kommen. Diese Abweichungen sind messbar. Eine experimentelle Bestätigung wäre ein starkes Indiz für die Existenz des quantisierten Raumes, der Kausalität und einer ontologischen Erklärung der Heisenberg'schen Unschärferelation und weiterer, bis heute nicht verstandener physikalischer Phänomene. Diese Punkte werden im 3. Teil der Abhandlung diskutiert und im Fazit noch einmal zusammengefasst.

1. Einführung

Ein quantisierter Raum erfordert die Definition von Größen, die ein kontinuierlicher Raum nicht benötigt. Das Gleiche gilt für die Zeit, da ein kontinuierlicher Zeitfluss unter der Voraussetzung, dass der Raum quantisiert existiert, nicht sinnvoll erscheint. Es sind somit zum einen Zählgrößen erforderlich, mit denen Raum und Zeit als Anzahl der quantisierten Teile angegeben werden können und zum anderen Umrechnungsgrößen, mit denen die Anzahl Raumteile in eine Streckenlänge - gemessen in Meter - und die Anzahl der Zeiteile in eine Zeit - gemessen in Sekunden - umgerechnet werden können.

- R_Q Anzahl quantisierter Raumlängen, in der Regel identisch mit der Anzahl eines quantisierten Raumvolumens, genannt Raumquants
- s_q Umrechnungsfaktor von Anzahl quantisierter Raumlängen in die Einheit Meter (Längenfaktor [m])
- Z_Q Anzahl quantisierter Zeitabschnitte, genannt Zeitquants
- t_q Umrechnungsfaktor von Anzahl quantisierter Zeitabschnitte in die Einheit Sekunden (Zeitfaktor [s])

Zwischen den beiden Größen s_q und t_q gibt es eine feste Beziehung, die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum (abgeleitet aus der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit gemäß der Speziellen Relativitätstheorie):

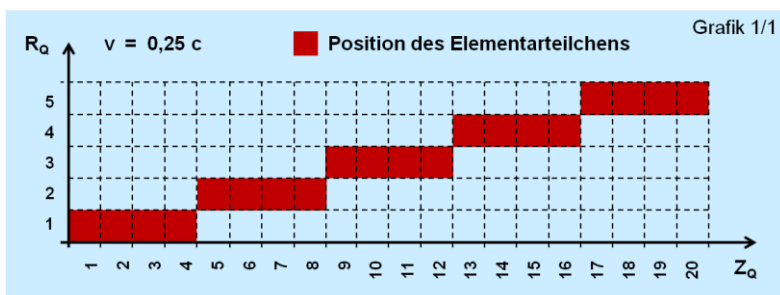
$$c = \frac{s_q}{t_q} \quad 1/1$$

Als weitere Festlegung gilt, dass es sich bei den Umrechnungsfaktoren s_q und t_q um keine konstanten Größen handelt. Konstant ist ausschließlich die Beziehung s_q / t_q . Dieser Umstand kann aber erst einmal ignoriert werden. Alle im Kapitel 2 durchgeführten Ergebnisvergleiche zwischen quantisiertem und kontinuierlichem Raum konnten unabhängig von s_q bzw. t_q durchgeführt werden.

Der Zeitfaktor t_q spiegelt neben der Funktion als Umrechnungsfaktor von Zeitquants in Sekunden auch das Zeitintervall wider, in dem benachbarte Raumquants miteinander wechselwirken. Es wird postuliert, dass die Raumquants dabei Informationen betreff des eigenen Zustands austauschen und sich mit jeder Wechselwirkung neu aneinander anpassen. Aufgrund der gegenseitigen Anpassung entspricht die Wechselwirkung zwischen den Raumquants einer schrittweisen Übertragung von Informationen mit Lichtgeschwindigkeit. Diese Informationsübertragung kann auch als Kraftwirkung z.B. Gravitation interpretiert werden. In diesem Sinn könnte Gravitation als Funktion von s_q beschrieben werden.

Eine weitere Annahme unter der Voraussetzung eines real existierenden quantisierten Raumes ist, dass wirklich grundlegende Teilchen (massebehaftete Elementarteilchen) mit dem Volumen eines Raumquants gleichzusetzen sind. Damit wird die Masse (bzw. die Energie) eines Elementarteilchens zum Faktor für die Größe von s_q . Das erfordert zum einen von s_q eine große Flexibilität und zum anderen und das ist im Bezug zum Thema Bewegung elementar, definiert das Raumquant eindeutig die Position des Teilchens zu einem konkreten Zeitpunkt (Zeitquant). Eine Position zwischen zwei Raumquanten wird mit dieser Annahme ausgeschlossen. Auch dieser Ausschluss ist nur unter der Voraussetzung möglich, dass neben dem Raum auch die Zeit quantisiert ist.

Unter diesen Voraussetzungen kann es in einem quantisierten Raum keine kontinuierliche Bewegung von Elementarteilchen geben. Die Elementarteilchen wechseln im Rahmen nur einer Wechselwirkung von einem Raumquant zum nächsten. Aufgrund der Beziehung $c = s_q / t_q$ (siehe Formel 1/1) erfolgt dieser Bewegungsschritt, genauso wie die Informationsübertragung zwischen den Raumquants, mit Lichtgeschwindigkeit. Geschwindigkeiten unterhalb der Lichtgeschwindigkeit beinhalten somit auch Wechselwirkungen ohne eine Bewegung der Elementarteilchen. Bewegung ist unter dieser Voraussetzung ein Wechselspiel zwischen Verharrungsphasen und Bewegungsschritten mit Lichtgeschwindigkeit. Diese Bewegung mit Lichtgeschwindigkeit steht nicht im Widerspruch zur Speziellen Relativitätstheorie, da eine dauerhafte kontinuierliche Lichtgeschwindigkeit, wie in Teil 2 der Abhandlung noch gezeigt wird, nie erreicht werden kann.



Grafik 1/1 verdeutlicht, dass jeder Abschluss einer Wechselwirkung mit einer konkreten Raumposition eines sich bewegenden Teilchens verbunden ist.

Mit dem Wechselspiel zwischen Verharrungsphase und Bewegungsschritt erklärt sich zumindest prinzipiell die Heisenberg'sche Unschärferelation, allerdings ohne auf die Grenze der Unschärfe ($h / 4\pi$) einzugehen. Entweder es liegt bei genauer Ortskenntnis kein Impuls vor (Verharrungsphase) oder im Falle des Bewegungsschritts der Impuls $m c$. Beides spiegelt die objektive Realität der Bewegung wider, aber eben nicht die subjektive Realität der vermeintlich kontinuierlichen Bewegung, die Grundlage der Unschärferelation ist. Um unter den Bedingungen der schrittweisen Bewegung den Impuls mit höchster Genauigkeit bestimmen zu können, benötigt man den Mittelwert aus unendlich vielen Bewegungsschritten. Eine 100 % exakte Impulsbestimmung ist somit nicht möglich.

Wenn in den folgenden Kapiteln von "normierten" Größen gesprochen wird, handelt es sich um Größen, die ohne die üblichen Einheiten Meter (m) und Sekunde (s) definiert werden. Die Berechnung dieser Größen erfolgt in der Regel über die oben aufgeführten Zählgrößen R_Q und Z_Q . Geschwindigkeit wird grundsätzlich als Anteil Lichtgeschwindigkeit (c) angegeben. Die "Denormierung" erfolgt über die Umrechnungsfaktoren s_q und t_q sowie über c.

2. Quantisierte Mechanik

2.1. Theoretische Grundlagen

Die Beschleunigungsinformation, die auf ein Elementarteilchen wirkt, soll allgemein als P_F bezeichnet werden. Es handelt sich dabei real um eine Information, die über die Eigenschaften der Raumquants (z.B. Volumen) ausgehend von einer Quelle (z.B. Masse oder elektrische Ladung) im quantisierten Raum, vergleichbar eines Informationsfeldes (F), vorliegt. Die Information ist normiert und kann über die Umrechnungsgrößen s_q und t_q in die Größe Beschleunigung (a) der Newton'schen Mechanik umgerechnet werden:

$$a = P_F \frac{s_q}{t_q^2} \quad 2.1/1$$

Unter der Annahme, dass jeder konkrete Bewegungsschritt mit Lichtgeschwindigkeit vollzogen wird, errechnet sich die Wirkgeschwindigkeit aus Lichtgeschwindigkeit (c) dividiert durch die Summe der Zeitquants der Verharrungsphase plus dem Zeitquant Bewegungsschritt (Z_Q):

$$v = c / Z_Q \quad 2.1/2$$

Somit gilt für die Anzahl der Z_Q pro Bewegungsschritt bei einer Geschwindigkeit v:

$$Z_Q = c / v \quad 2.1/3$$

Laut Formel 2.1/1 entspricht P_F des quantisierten Raumes denormiert der Beschleunigung (a) des kontinuierlichen Raumes. Unter Berücksichtigung der Newton'schen Beschleunigungsbeziehung

$$a \approx s / t^2 \quad 2.1/4$$

und folgenden Entsprechungen

$$\begin{aligned} a &\triangleq P_F \\ s &\triangleq R_Q s_q, \text{ bei einer Distanz von } 1 R_Q \text{ hat } s \text{ normiert den Wert } 1 \\ t &\triangleq Z_Q t_q \text{ und somit normiert } Z_Q \end{aligned}$$

ergibt sich ein ganz neuer Zusammenhang zwischen Beschleunigung und Geschwindigkeit auf normierter Ebene (gilt nur für $s = 1 R_Q$):

$$P_F = \frac{1}{Z_Q^2} \quad (\text{gilt nur für } s = 1 R_Q) \quad 2.1/5$$

bzw. zusammen mit Formel 2.1/3

$$P_F = \frac{v^2}{c^2} \quad 2.1/6$$

Auf normierter Ebene entspricht demnach Beschleunigung in direkter Nachbarschaft des beschleunigten Teilchens dem Quadrat einer Geschwindigkeit. Dies ist fundamental und gilt grundsätzlich im quantisierten Raum und bildet die Grundlage der im Folgenden dargestellten "Theorie der Bewegung im quantisierten Raum".

Das Newton'sche Beschleunigungsgesetz lautet korrekt $a = \frac{1}{2} s / t^2$. Das in der Formel 2.1/5 der Faktor $\frac{1}{2}$ nicht auftaucht, liegt daran, dass sich Elementarteilchen grundsätzlich in einem quantisierten Raum auf Spiralbahnen bewegen. In dieser Abhandlung stehen die Differenzen zwischen den Bewegungsgleichungen der Relativitätstheorie, also der Bewegung in einem kontinuierlichen Raum, und der Bewegung in dem quantisierten Raum im Vordergrund, so dass auf die Erklärung derartiger Details verzichtet wird.

Wenn gemäß Formel 2.1/6 Geschwindigkeit und Beschleunigung ohne weitere Faktoren miteinander verknüpft sind, bedeutet das, dass jede Geschwindigkeit mit einer Beschleunigungswirkung verbunden ist. Dies gilt auch für die konstante Geschwindigkeit. In einem quantisierten Raum gibt es somit keine kräftefreie Bewegung.

Man kann daraus ableiten, dass bei einer gleichförmigen Bewegung eines Elementarteilchens jeder Bewegungsschritt im quantisierten Raum ein neues Beschleunigungsfeld in den angrenzenden Raumquants des Teilchens induziert. Dieses Beschleunigungsfeld wird im Folgenden als P_{F-v} bezeichnet. Dieses selbstinduzierte P_{F-v} sorgt dafür, dass das Elementarteilchen einen nächsten Bewegungsschritt vollzieht.

Wenn also eine weitere, konstante Beschleunigung (P_{F-a}) die Zunahme einer Bewegung verursacht und jede existierende Bewegung eines Elementarteilchens bereits ein der Geschwindigkeit entsprechendes Beschleunigungsfeld (P_{F-v}) auslöst, bleibt das auf das Elementarteilchen letztlich wirkende Beschleunigungsfeld (P_{F-ET}) nicht konstant. Es wird mit jedem Bewegungsschritt kontinuierlich um den Teil der konstanten Beschleunigung größer.

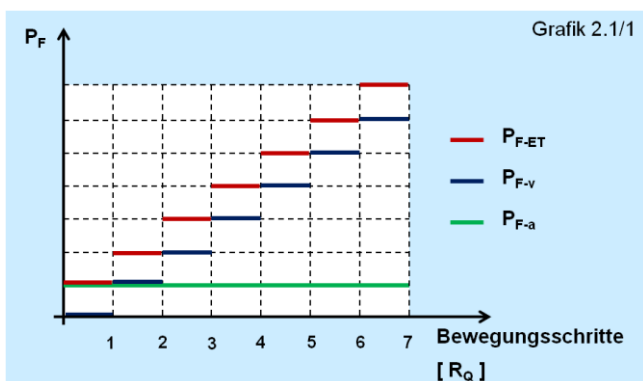
Für die Berechnung des P_{F-ET} eines konstant und gleichgerichtet beschleunigten Elementarteilchens ohne Anfangsgeschwindigkeit gelten somit folgende Zusammenhänge:

$$P_{F-ET} = P_{F-a} + P_{F-v} \quad 2.1/7$$

$$P_{F-v} = P_{F-a} (R_Q - 1) \quad 2.1/8$$

$$P_{F-ET} = R_Q P_{F-a} \quad 2.1/9$$

Grafik 2.1/1 soll diese Zusammenfassung verdeutlichen. Sie zeigt, wie sich das P_{F-ET} bei einer konstanten externen Beschleunigung (P_{F-a}) mit jedem Bewegungsschritt verändert.



Grafik 2.1/1 zeigt die Entwicklung des Beschleunigungsfeldes P_{F-ET} durch lineare Addition der Beschleunigungsfelder P_{F-a} und P_{F-v} .

Eine konstante Beschleunigung führt zu einer linearen Erhöhung der wirkenden Beschleunigungsinformation und aufgrund der Beziehung von Formel 2.1/6 zu einer quadratischen Zunahme der Geschwindigkeit pro Bewegungsschritt.

Bei der theoretisch maximal erreichbaren Geschwindigkeit (Lichtgeschwindigkeit) bewegt sich das Elementarteilchen pro Zeitquant ein Raumquant weiter. In diesem Fall gilt:

$$P_{F-ET} = \frac{v^2}{c^2} = 1 \quad \text{und} \quad v = c \quad 2.1/10$$

Mit Formel 2.1/10 sind die Grenzen der Beschleunigung und der Geschwindigkeitsentwicklung in einem quantisierten Raum eindeutig definiert. Ein Raumquant kann normiert maximal nur eine Information (P_{F-ET}) vom Wert 1 an das Nachbarräumquant übertragen. Dies bedeutet aber auch, dass die lineare Addition der Beschleunigungsinformation gemäß Formel 2.1/9 und die Darstellung in Grafik 2.1/1 nicht die Realität widerspiegelt. Unter Berücksichtigung der Informationsgrenze 1 der Raumquants lauten die Formeln für die Addition der Beschleunigungsfelder unter "relativistischen" Bedingungen:

$$P_{F-ET}(R_Q = 1) = P_{F-a}$$

$$P_{F-ET}(R_Q = 2) = P_{F-a} + (1 - P_{F-a}) P_{F-a}$$

$$P_{F-ET}(R_Q = n) = 1 - (1 - P_{F-a})^n$$

und ganz allgemein mit $n = R_Q$ als Länge der Beschleunigungsstrecke:

$$P_{F-ET} = 1 - (1 - P_{F-a})^{R_Q} \quad 2.1/11$$

Fasst man die Formeln 2.1/10 und 2.1/11 zusammen ergibt sich die relativistische Geschwindigkeitsformel einer konstanten gleichgerichteten Beschleunigung ohne Anfangsgeschwindigkeit als Funktion des zurückgelegten Weges (R_Q) unter der Voraussetzung der Existenz eines quantisierten Raumes:

$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - (1 - P_{F-a})^{2R_Q}} \quad 2.1/12$$

Der Faktor 2 im Exponenten unter der Wurzel der Formel 2.1/12 ergibt sich durch die Zusammenfassung der Formeln 2.1/10 und 2.1/11 zwar nicht, erklärt sich aber wieder durch die Spiralbahnbewegung, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen wird.

2.2. Ergebnisvergleiche; quantisierter Raum versus kontinuierlicher Raum

2.2.1. Geschwindigkeit

Bewegungen in einem kontinuierlichen Raum werden durch die Relativitätstheorie und die Quantenfeldtheorie beschrieben. Bei den bisherigen Berechnungen im quantisierten Raum wurde immer das Bild eines sich bewegenden Teilchens verwendet. Hierzu passt am besten die Mechanik der Relativitätstheorie. Deshalb werden für den folgenden Ergebnisvergleich die Formeln der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) herangezogen. Weil die Berechnung der Bewegung im quantisierten Raum als Funktion von R_Q erfolgt, wird die SRT-Formel der Geschwindigkeitsberechnung als Funktion des Weges ($v(s)$) für den Ergebnisvergleich verwendet.

Die relativistischen Formeln der SRT für eine gleichförmige Beschleunigung ohne Anfangsgeschwindigkeit aus Sicht eines ruhenden Beobachters lauten, wie allgemein gelehrt wird:

- Geschwindigkeit als Funktion der Zeit (t):

$$v(t) = \frac{a t}{\sqrt{\left(\frac{a t}{c}\right)^2 + 1}} \quad 2.2.1/1$$

- Zeit als Funktion des zurückgelegten Weges (s):

$$t(s) = \frac{c}{a} \sqrt{\left(\frac{a s}{c^2} + 1\right)^2 - 1} \quad 2.2.1/2$$

- Zusammenfassend ergibt sich aus Formel 2.2.1/1 und 2.2.1/2 die Geschwindigkeit als Funktion des zurückgelegten Weges (s):

$$\frac{v(s)}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{\left(\frac{a s}{c^2} + 1\right)^2}} \quad 2.2.1/3$$

Mit

$$R_Q = s / s_q \quad 2.2.1/4$$

und

$$a = P_{F-a} \frac{c^2}{s_q} \quad 2.2.1/5$$

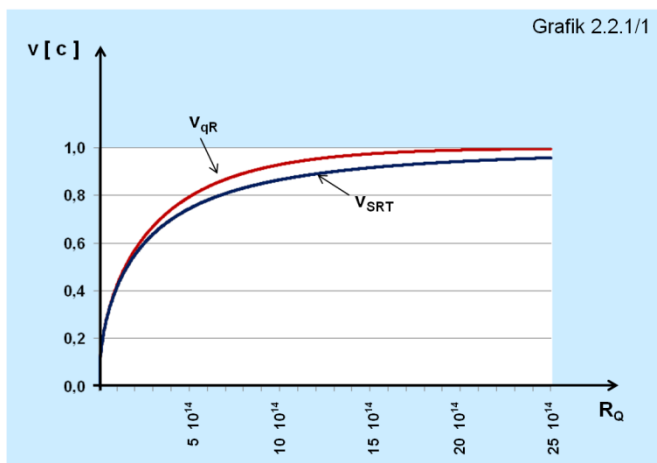
siehe 1/1 zusammen mit 2.1/1

kann Formel 2.2.1/3 auch als Funktion von R_Q und der Beschleunigungskraft P_{F-a} ausgedrückt werden (siehe Formel 2.2.1/6):

$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{(R_Q P_{F-a} + 1)^2}} \quad 2.2.1/6$$

Damit können bei vorgegebener Beschleunigung a bzw. P_{F-a} die Ergebnisse der Formeln 2.1/12 und 2.2.1/6 (Grafik 2.2.1/1) unabhängig vom Längenfaktor s_q miteinander verglichen werden.

Grafik 2.2.1/1 zeigt die Geschwindigkeitsentwicklung entsprechend der Theorie der quantisierten Bewegung (v_{qR} nach Formel 2.1/12) und entsprechend der Theorie der kontinuierlichen Bewegung (v_{SRT} nach Formel 2.2.1/6) als Funktion von R_Q . Für die Beschleunigung wurde der Wert $P_{F-a} = 10^{-15}$ festgelegt (noch kleinere Werte führen bei der Berechnung von $1 - 10^{-15}$, siehe Formel 2.1/12, mit Excel durch Rundung auf den Wert 1). Wie bereits gezeigt wurde, hat der Wert für s_q keinen Einfluss auf das Ergebnis Geschwindigkeit pro Raumquant (R_Q). Der Wert s_q beeinflusst aber über Formel 2.2.1/5 die Beschleunigung a für die SRT-Berechnung nach Formel 2.2.1/3. Bei einem Wert $s_q = 10^{-15}$ m (ca. Protonenradius) errechnet sich eine Beschleunigung a von $8,99 \cdot 10^{16} \text{ m s}^{-2}$. Das ist ein sehr hoher Wert. Elementarteilchen würden bei dieser Beschleunigung (Formel 2.1/12) bereits nach 2,5 m ($25 \cdot 10^{14} R_Q s_q$) annähernd Lichtgeschwindigkeit erreichen. Die Geschwindigkeit v_{SRT} beträgt nach 2,5 m und einer Beschleunigung von $a = 8,99 \cdot 10^{16} \text{ m s}^{-2}$ 0,96 c (Berechnung mit Formel 2.2.1/3).



Grafik 2.2.1/1 zeigt die Entwicklung der Geschwindigkeiten v_{qR} (Berechnung quantisierter Raum) und v_{SRT} (Berechnung Spezielle Relativitätstheorie).

In den folgenden Kapiteln wird noch gezeigt, dass nicht nur die Ergebnisse der Geschwindigkeitsberechnungen zwischen quantisiertem Raum und kontinuierlichem Raum voneinander abweichen sondern auch die in den jeweiligen Formeln zu berücksichtigende Beschleunigung und die Zeit, die benötigt wird, um eine bestimmte Geschwindigkeit bei einer konstanten Beschleunigung zu erreichen.

2.2.2. Kinetische Energie

Nach der SRT-Formel zur Berechnung der kinetischen Energie eines sich bewegenden Elementarteilchens

$$E_{\text{kin}} [\text{J}] = m_x c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right) \quad 2.2.2/1$$

verfügt ein Elementarteilchen, das sich mit konstanter Beschleunigung im quantisierten Raum bewegt, aufgrund der höheren Endgeschwindigkeit (siehe Grafik 2.2.1/1) über eine größere kinetische Energie am Ende einer Beschleunigungsstrecke als das Elementarteilchen, das in einem kontinuierlichen Raum (SRT-Raum) über eine gleich lange Strecke beschleunigt wurde. Zumindest wenn Formel 2.2.2/1 für beide Räume gültig ist. Davon wird in dieser Abhandlung ausgegangen.

Durchläuft ein einfach geladenes Elementarteilchen (z.B. Elektron oder Proton) eine beliebig lange Wegstrecke mit einer Potentialdifferenz von z.B. 1000 V zwischen Anfangspunkt und Endpunkt des Weges, wird dem Elementarteilchen eine kinetische Energie von 1000 eV zugeführt. Aufgrund der Annahme, dass die Formel 2.2.2/1 die kinetische Energie korrekt berechnet, müssen nach der Beschleunigungsstrecke die Geschwindigkeiten unabhängig, ob sie nach der Formel des quantisierten Raumes (2.1/12) oder der Formel der SRT (2.2.1/6) berechnet werden, gleich groß sein. Wenn dem so ist und beide Formeln korrekte Ergebnisse liefern, müssen die jeweiligen "Beschleunigungsfelder" (P_{F-a}) voneinander abweichen. Aus diesem Grund wird im Folgenden zwischen

- dem "Beschleunigungsfeld" quantisierter Raum (P_{F-qR}) und dem
- "Beschleunigungsfeld" kontinuierlicher Raum (P_{F-SRT})

$$a = P_{F-SRT} \frac{s_q}{t_q^2} \quad 2.2.2/2$$

vergleiche mit 2.1/1

unterschieden. Die Berechnung der beiden "Beschleunigungsfelder" erfolgt über die jeweiligen Geschwindigkeitsformeln 2.1/12 und 2.2.1/6 und der Formel 2.2.2/1 der kinetischen Energie. Demnach gilt für P_{F-qR} und P_{F-SRT} als Funktion von R_Q und E_{kin} :

$$P_{F-qR} = 1 - \sqrt{\frac{R_Q m_x c^2}{E_{\text{kin}} [\text{J}] + m_x c^2}} \quad 2.2.2/3$$

$$P_{F-SRT} = \frac{1}{R_Q} \frac{E_{\text{kin}} [\text{J}]}{m_x c^2} \quad 2.2.2/4$$

und zur gegenseitigen Umrechnung:

$$P_{F-qR} = 1 - \sqrt{\frac{1}{R_Q P_{F-SRT} + 1}} \quad 2.2.2/5$$

$$P_{F-SRT} = \frac{1}{R_Q} \left(\frac{1}{(1 - P_{F-qR})^{R_Q}} - 1 \right) \quad 2.2.2/6$$

Die Formeln zur Berechnung der Geschwindigkeit einer gleichförmigen Beschleunigung lauten damit korrekter Weise:

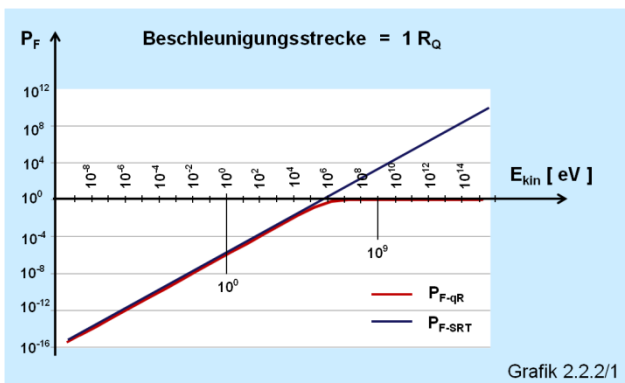
$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - (1 - P_{F-qR})^2 R_Q} \quad 2.2.2/7$$

vergleiche mit 2.1/12

$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{(R_Q P_{F-SRT} + 1)^2}} \quad 2.2.2/8$$

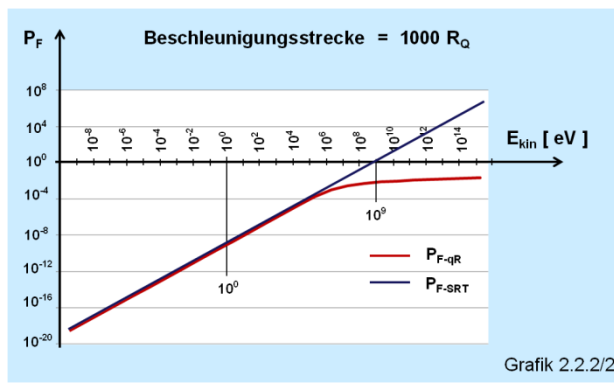
vergleiche mit 2.2.1/6

Die folgenden Grafiken zeigen die unterschiedlichen Ergebnisse von P_{F-qR} und P_{F-SRT} in Abhängigkeit von E_{kin} (Grafiken 2.2.2/1 und 2.2.2/2) und von R_Q (Grafiken 2.2.2/3 und 2.2.2/4) und von v/c (Grafik 2.2.2/5). Grundlage der Analysen ist jeweils die Beschleunigung eines Elektrons.



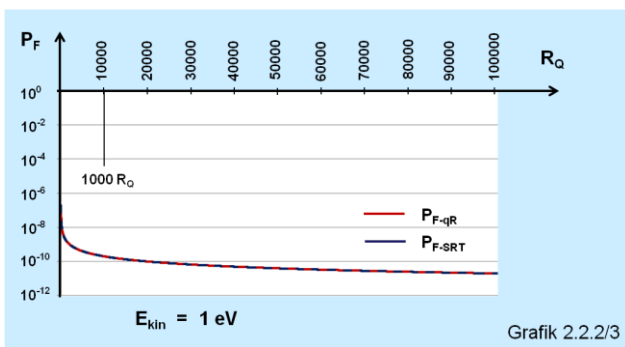
Grafik 2.2.2/1

Grafik 2.2.2/1; Beschleunigungsstrecke = $1 R_Q$: Aufgrund der Proportionalität zwischen E_{kin} und P_{F-SRT} (siehe Formel 2.2.2/4) wird das P_{F-SRT} bei der Beschleunigungsstrecke von $1 R_Q$ ab $E_{kin} > E_0$ (Ruhemasse) größer 1. Dies ist für das P_{F-qR} nicht möglich (siehe Theorie in Kapitel 2.1).



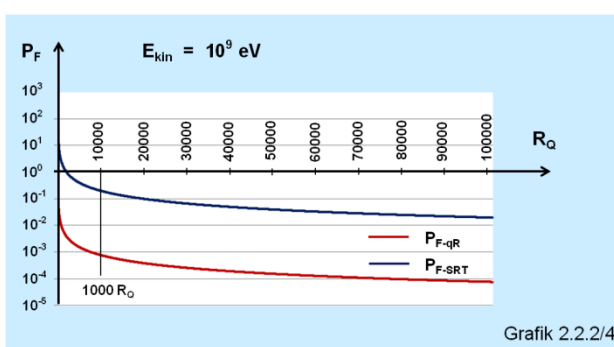
Grafik 2.2.2/2

Grafik 2.2.2/2; Beschleunigungsstrecke = $1000 R_Q$: Prinzipiell ergibt sich der gleiche Kurvenverlauf wie bei der Beschleunigungsstrecke von $1 R_Q$. Die beiden Markierungspunkte $E_{kin} = 10^0$ und 10^9 eV verdeutlichen die Energiewerte, die in den Grafiken 2.2.2/3 und 2.2.2/4 als Funktion von R_Q dargestellt werden.



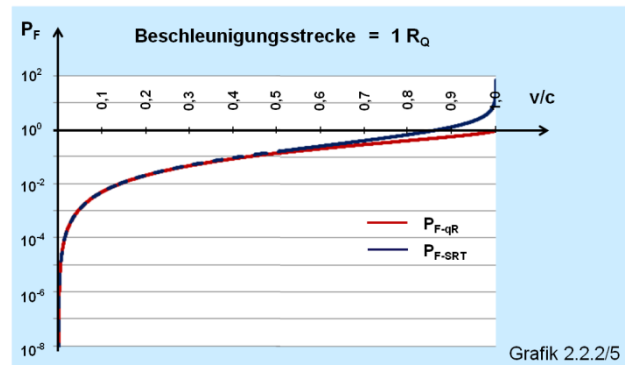
Grafik 2.2.2/3

Grafik 2.2.2/3; $E_{kin} = 1$ eV: Wie zu erwarten (vergleiche mit den Grafiken 2.2.2/1 und 2.2.2/2) laufen beide Kurven deckungsgleich, so dass zur besseren Sichtbarkeit die Kurve P_{F-SRT} gestrichelt dargestellt wurde.



Grafik 2.2.2/4

Grafik 2.2.2/4; $E_{kin} = 10^9$ eV: Beide Kurven verlaufen offensichtlich parallel zueinander und nehmen mit zunehmender Beschleunigungsstrecke ab.



Grafik 2.2.2/5

Grafik 2.2.2/5: Im niedrigen Endgeschwindigkeitsbereich laufen beide Kurven deckungsgleich, so dass zur besseren Sichtbarkeit die Kurve P_{F-SRT} gestrichelt dargestellt wurde.

Die Grafiken zeigen, dass im niedrigen Energiebereich das Beschleunigungsfeld des kontinuierlichen Raumes (SRT) und das Start-Beschleunigungsfeld des quantisierten Raumes (qR) annähernd identisch sind. Abweichungen entstehen bei höheren Energien. Der entscheidende Unterschied ist, dass die Formel des kontinuierlichen Raumes (2.2.2/4) eine normierte Beschleunigung größer 1 zulässt (wenn $E_{kin} > R_Q E_0$ (Ruhemasse)), während dies für den quantisierten Raum (2.2.2/3) unmöglich ist (siehe auch Kapitel 2.1). Dies dokumentieren die ersten beiden Grafiken (Grafik 2.2.2/1 und 2.2.2/2). Mit zunehmender Beschleunigungsstrecke und hoher kinetischer Endenergie nimmt der Unterschied zwischen dem P_{F-qR} und dem P_{F-SRT} überproportional zu. Das P_{F-SRT} steigt linear an, während das Start- P_{F-qR} sich in Größenordnung von der Länge der Beschleunigungsstrecke (Anzahl R_Q) von dem Maximalwert 1 entfernt. Diesem kann sich das P_F erst am Ende der Beschleunigungsstrecke annähern (siehe Kapitel 2.1 und Formel 2.1/11), was genau bei Endgeschwindigkeiten von annähernd Lichtgeschwindigkeit bei hohen Energien in Abhängigkeit der beschleunigten Masse der Fall ist.

Berechnungen mit unterschiedlichen Beschleunigungsfeldern (P_F), die im Ergebnis bei einer fest vorgegebenen Beschleunigungsstrecke zu gleichen Endgeschwindigkeiten kommen, erfordern Beschleunigungszeiten die sich in Abhängigkeit vom jeweiligen P_F voneinander unterscheiden (hierzu siehe Kapitel 2.2.3).

2.2.3. Beschleunigungszeit

Ausgangspunkte der folgenden Überlegungen sind die Formeln zur Berechnung der Beschleunigungsdauer als Funktion der Beschleunigungsstrecke bei vorgegebener Endgeschwindigkeit.

Im kontinuierlichen Raum gilt:

$$t(s) = \frac{c}{a} \sqrt{\left(\frac{a s}{c^2} + 1\right)^2 - 1} \quad \begin{array}{l} 2.2.3/1 \\ \text{siehe 2.2.1/2} \end{array}$$

Analog zur Formel 2.2.1/6 (v/c als Funktion von R_Q) kann auch diese Formel auf Quantisierungsgrößen normiert werden.

$$\frac{a s}{c^2} = \frac{P_{F-SRT} s_q R_Q s_q t_q^2}{t_q^2 s_q^2} = R_Q P_{F-SRT} \quad 2.2.3/2$$

$$\frac{c}{a} = \frac{t_q}{P_{F-SRT}} \quad 2.2.3/3$$

$$t(s) = Z_Q t_q \quad 2.2.3/4$$

Damit lautet die Formel 2.2.3/1 normiert:

$$Z_{Q-SRT} = \frac{\sqrt{(R_Q P_{F-SRT} + 1)^2 - 1}}{P_{F-SRT}} \quad 2.2.3/5$$

oder mit P_{F-SRT} als Funktion von E_{kin} (siehe Formel 2.2.2/4):

$$Z_{Q-SRT} = \frac{R_Q m_x c^2}{E_{kin} [J]} \sqrt{\left(\frac{E_{kin} [J]}{m_x c^2} + 1\right)^2 - 1} \quad 2.2.3/6$$

und abschließend als Funktion von v/c (siehe Formel 2.2.2/1):

$$Z_{Q-SRT} = \frac{R_Q \frac{v}{c}}{\sqrt{1 - (1 - v^2/c^2)}} \tag{2.2.3/7}$$

Die normierte Formel für Z_Q im quantisierten Raum in Abhängigkeit der P_F -Zunahme pro Bewegungsschritt $(1 - (1 - P_{F-qR})^{R_Q})$, siehe Formel 2.1/11) lautet:

$$Z_{Q-qR} = \frac{R_Q}{\sqrt{1 - (1 - P_{F-qR})^{1/2} R_Q}} \tag{2.2.3/8}$$

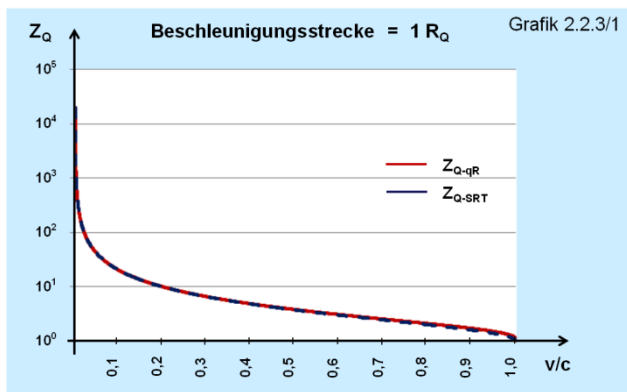
Die Herleitung der Formel orientiert sich an die im Kapitel 2.1 beschriebene Theorie. Der Wurzelteil im Nenner entspricht der mittleren Geschwindigkeit nach einer Beschleunigungsstrecke von R_Q Raumquanten. Der Faktor 1/2 im Exponenten unter der Wurzel der Formel 2.2.3/8 erklärt sich wie schon bei der Formel 2.1/12 durch die Spiralbahnbewegung, auf die auch an dieser Stelle nicht weiter eingegangen wird.

Mit P_{F-qR} ersetzt durch E_{kin} (siehe Formel 2.2.2/3) lautet die Formel für Z_{Q-qR} :

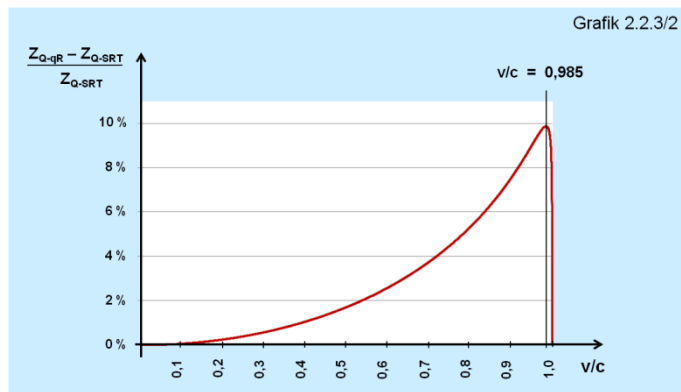
$$Z_{Q-qR} = \frac{R_Q}{\sqrt{1 - \left(\frac{m_x c^2}{E_{kin} [J] + m_x c^2}\right)^{1/2}}} \tag{2.2.3/9}$$

und abschließend mit E_{kin} als Funktion von v/c (siehe Formel 2.2.2/1):

$$Z_{Q-qR} = \frac{R_Q}{\sqrt{1 - (1 - v^2/c^2)^{1/4}}} \tag{2.2.3/10}$$



Grafik 2.2.3/1:
Anzahl der Zeitquants als Funktion von v/c bei einer Beschleunigungsstrecke von $1 R_Q$.



Grafik 2.2.3/2:
Differenz der Zeitquants qR und SRT in Relation zur Anzahl der Zeitquants SRT; das Ergebnis ist unabhängig von der Länge der Beschleunigungsstrecke.

Ein Elektron hat bei einer Geschwindigkeit von $0,985 c$ eine kinetische Energie von nicht ganz $2,5 \text{ MeV}$. Das heißt, zur experimentellen Überprüfung kann ein Linearbeschleuniger mit einer Spannung von $2,5 \text{ MV}$ genutzt werden, der gleichzeitig eine Zeitmessung der Beschleunigungszeit über die Beschleunigungsstrecke ermöglicht.

Die genaueren Werte für die maximale Abweichung lauten:

Abweichung:	9,868411347 %
v:	0,985171431 c
E_{kin} (Elektron):	2,467317132 MeV

2.2.4. Kraftgesetz

Die Kraftgesetze der Newton'schen Mechanik lauten:

$$F = m a \quad 2.2.4/1$$

$$F = E_{\text{kin}} [\text{J}] / s \quad 2.2.4/2$$

Nach der "Theorie der Bewegung im quantisierten Raum" (siehe Kapitel 2.1) gibt es keine kontinuierliche Bewegung. Nach jedem Bewegungsschritt folgt in Abhängigkeit von der aktuellen Geschwindigkeit eine Ruhephase. Jede Bewegung erfolgt somit aus der Ruhelage des sich "bewegenden" Teilchens heraus. Dies erklärt, dass die Bewegung im quantisierten Raum in einem konstanten externen Beschleunigungsfeld keine konstante Beschleunigung für ein Teilchen mit der Masse m_0 bedeutet, sondern dass zum einen die Beschleunigung nach Formel 2.1/11 mit jedem Bewegungsschritt zunimmt und analog dazu nimmt aufgrund der zunehmenden kinetischen Energie auch die Masse " m_0 " mit jedem Bewegungsschritt zu. Unter dieser Voraussetzung gilt im quantisierten Raum für m und a :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad 2.2.4/3$$

$$a = (1 - (1 - P_{F-qR})^{R_Q}) \frac{s_q}{t_q^2} \quad 2.2.4/4$$

Die Kraftformel im quantisierten Raum (F_{qR}) auf Basis von Formel 2.2.4/1 lautet somit:

$$F_{qR} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} (1 - (1 - P_{F-qR})^{R_Q}) \frac{s_q}{t_q^2} \quad 2.2.4/5$$

und zusammen mit der Formel 2.1/12 wird daraus:

$$F_{qR} = \frac{m_0 s_q}{t_q^2} \left(\frac{1}{(1 - P_{F-qR})^{R_Q}} - 1 \right) \quad 2.2.4/6$$

Das entspricht exakt dem Ergebnis von Formel 2.2.4/2, wenn P_{F-qR} durch Formel 2.2.2/3 ersetzt wird und für s der Wert des Längenfaktors der Raumquants s_q eingesetzt wird:

$$F_{qR} = E_{\text{kin}} [\text{J}] / s_q \quad 2.2.4/7$$

Mit den Formeln 2.2.4/5, 2.2.4/6 und 2.2.4/7 wird die Kraft berechnet, die erforderlich ist, um das Elementarteilchen von der Position $R_Q - 1$ auf die Position R_Q zu bewegen. Immer unter der Annahme, dass sich das Teilchen in der Position $R_Q - 1$ in Ruhe befand. Die Kraftgesetze der Newton'schen Mechanik gehen bis auf beim ersten Bewegungsschritt immer von einer Grundgeschwindigkeit aus, die sich durch die konstante Beschleunigung kontinuierlich erhöht. Dementsprechend ist die Kraft bei einer konstanten Beschleunigung während des gesamten Beschleunigungsvorgangs konstant (siehe Formel 2.2.4/1). Dies bestätigt auch die Formel 2.2.4/6, die

unter der Bedingung $R_Q = 1$ zusammen mit der Umrechnungsformel 2.2.2/6 exakt der Kraftberechnung SRT entspricht:

$$F_{\text{SRT}} = m_0 P_{\text{F-SRT}} \frac{s_q}{t_q^2} = m_0 a \quad 2.2.4/8$$

Prinzipiell wäre es möglich, analog zur Formel 2.2.4/7 für jeden Bewegungsschritt eine der Kraft F_{qR} entsprechende Kraft F_{SRT} zu berechnen. Dies ist aber nur prinzipiell der Fall, weil sich real $v_{qR}(R_Q)$ bei einer konstanten Beschleunigung von $v_{\text{SRT}}(R_Q)$ unterscheidet (siehe Kapitel 2.2.1 und Grafik 2.2.1/1). Damit unterscheidet sich auch $E_{\text{kin}}(qR)$ von $E_{\text{kin}}(\text{SRT})$ als Funktion von R_Q . Auch eine Berücksichtigung differenzierter Beschleunigungsfelder gleicht den Unterschied nicht aus. Er wäre viel zu gering. Für einen direkten Kraftvergleich müsste berücksichtigt werden, dass der Längenfaktor (s_q) aufgrund seiner Abhängigkeit von E_{kin} im quantisierten Raum andere Werte aufweist, als im kontinuierlichen Raum.

Ein gleichwertiger Vergleich der Kraftberechnung ist somit nur für den ersten Bewegungsschritt bei einer konstanten Beschleunigung sinnvoll. In allen anderen Fällen muss genau wie bei der Beschleunigung bei einer Berechnung die jeweilige Theorie betrachtet werden, bevor physikalische Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen gezogen werden.

3. Diskussion

Im Kapitel 2.2 wurde nachgewiesen, dass die im Kapitel 2.1 vorgestellte "Theorie der Bewegung im quantisierten Raum" im Vergleich zur Speziellen Relativitätstheorie als Theorie für den kontinuierlichen Raum bei hohen Energien zu unterschiedlichen Ergebnissen führt. Um z.B. in einem Linearbeschleuniger die Beschleunigungsstrecke zu überbrücken, wird unter den Bedingungen eines quantisierten Raumes eine höhere Beschleunigungszeit benötigt, als in einem kontinuierlichen Raum. Der Unterschied ist aufgrund der Größenordnung experimentell überprüfbar.

Ausgangspunkt der Überlegungen war das Ursache-Wirkungs-Prinzip und der damit verbundene Konflikt mit der Heisenberg'schen Unschärferelation. Eine experimentelle Bestätigung der im Kapitel 2.1 vorgestellten "Theorie der Bewegung im quantisierten Raum" beseitigt diesen Konflikt. Die Heisenberg'sche Unschärferelation verliert ihren "prinzipiellen Charakter", sie zeigt aber weiterhin die Grenzen des messbaren auf ($h / 4\pi$). Diese Grenze erklärt sich im Rahmen des quantisierten Raumes durch die Bewegung der Elementarteilchen auf Spiralbahnen.

Diese neue Interpretation der Heisenberg'schen Unschärferelation verdeutlicht, welche Potentiale eine physikalische Theorie auf Grundlage eines quantisierten Raumes hat. Die großen Rätsel der Quantentheorie und der Relativitätstheorie scheinen jetzt ontologisch verstanden und erklärt werden zu können. In dieser Diskussion stelle ich einige weitere Beispiele vor, ohne entsprechende Nachweise zu liefern, weil dies den Rahmen dieser Abhandlung sprengen würde.

Was sind gekrümmte Räume, was sind relative Längen und Zeiten? Gekrümmte Räume erklären sich z.B. durch die energieabhängigen Umrechnungsfaktoren s_q und t_q zur Normierung und Denormierung. Es gibt keine Zeitabläufe, es gibt Wechselwirkungen, die mit dem Zeitfaktor t_q in das Zeitmaß Sekunden umgerechnet werden können. Die 10-fache Längenkontraktion für energiereiche Myonen, die mit $v = 0,995 c$ Richtung Erdoberfläche fliegen, erklärt sich durch eine Verzehnfachung der Wechselwirkungen im Vergleich zum ruhenden "energiearmen" Myon. Hohe Energien verkürzen die Wechselwirkungszeiten, und damit steigt die Anzahl der Wechselwirkungen pro Zeitintervall. Auf dieser Grundlage lässt sich die Energie-Zeit-Unschärferelation genauso real erklären, wie die Unschärfe zwischen Impuls und Ort.

Das sogenannte Messproblem der Quantenmechanik besagt, dass sich für alle möglichen Messergebnisse nur die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens berechnen lassen. Die Möglichkeit einer präzisen Vorhersage scheint prinzipiell ausgeschlossen. Mit der Bewegung der Elementarteilchen über Spiralbahnen, wie sie in einem quantisierten Raum erwartet wird und sich in den Formeln der Theorie widerspiegelt, wandelt sich auch hier der "prinzipielle Charakter" in Grenzen des messbaren,

weil die exakte Position auf der Spiralbahn, z.B. im Falle einer Beugung im Doppelspaltexperiment, sich dem Erkennen entzieht. Die Welle- / Teilchendualität der Quantentheorie könnte sich so als eine emergente Eigenschaft erweisen, die allein aus der Teilchenbewegung auf einer Spiralbahn erklärt werden kann. Damit wäre auch das "Messproblem" mit der Kausalitätsanforderung des Ursache-Wirkungs-Prinzips vereinbar.

Auch in kosmologischen Größenordnungen zeigt ein quantisierter Raum ein anderes physikalisches Verhalten, als ein kontinuierlicher Raum. Das von den Formeln der Relativitätstheorie vorhergesagte "Stürzen von Massen" in Richtung einer Singularität in einem "Schwarzen Loch" ist im quantisierten Raum nicht möglich. Neben dem Ereignishorizont, aus dessen Inneren kein Licht dem Schwarzen Loch entweichen kann, erfordert der quantisierte Raum einen weiteren "Horizont", der sich innerhalb des Ereignishorizonts befindet. Es ist der Horizont, an dem keine weitere Masseverdichtung mehr möglich ist, weil die gravitative Beschleunigung (P_F) den Wert 1 erreicht.

Es gibt noch einen weiteren Aspekt als Konsequenz der "Theorie der Bewegung in einem quantisierten Raum", auf den bisher nicht einmal andeutungsweise eingegangen wurde. Das im Kapitel 2.1 postulierte selbstinduzierte Beschleunigungsfeld P_{F-v} , das dafür sorgt, dass Elementarteilchen einen nächsten Bewegungsschritt vollziehen, wurde dämpfungsfrei eingeführt. Dies ist real aber nicht zu erwarten. Da bei bisherigen physikalischen Experimenten bei konstanten kräftefreien Bewegungen im Vakuum keine Dämpfung gemessen wurde, muss sie sehr klein sein. Eine Dämpfung um den Faktor 10^{-42} wäre nicht messbar und könnte gleichzeitig die Grundlage für eine Erklärung zwischen den Kraftunterschied zwischen Gravitation und Coulombkraft bilden. Eine derartige Dämpfung würde auch die Bewegung eines Lichtquants betreffen. In Abhängigkeit von der konkreten Größe des Längenfaktors s_q lässt sich so die Grenze des sichtbaren Universums berechnen.

In unserer Alltagswelt spielt der Unterschied zwischen quantisiertem Raum und kontinuierlichem Raum keine Rolle. Die Erdbeschleunigung von annähernd 10 m s^{-2} entspricht bei einem Wert $s_q = 10^{-15} \text{ m}$ (ca. Protonendurchmesser) einem Beschleunigungsfeld P_{F-SRT} von ca. 10^{-31} (siehe Formel 2.1/1). Bei einem Abstand von $R_Q = 1$ beträgt die Differenz zum Wert P_{F-gR} ungefähr $0,000...01 \cdot 10^{-31}$ (siehe Formel 2.2.2/5). Zwischen "0," und "1" stehen 30 Nullen. Relevant wird der Unterschied im Hochenergiebereich der Teilchenbeschleuniger. Ggf. müssen hier bei einer experimentellen Bestätigung der "Theorie der Bewegung in einem quantisierten Raum" einige Ergebnisberechnungen neu analysiert werden. Von noch größerer Bedeutung scheint mir aber das bessere Verständnis der Quantenmechanik zu sein. Es ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zu erwarten, dass dieses bessere Verständnis z.B. bei der Entwicklung von Quantencomputern zu technologischen Durchbrüchen führen wird. Derartige technologische Durchbrüche sind in der Kosmologie wohl nicht zu erwarten. Ich bin aber davon überzeugt, dass die Theorie über die Entwicklung unseres Universums komplett neu überdacht werden muss.

4. Fazit

"Wir wissen, dass die Naturgesetze, die wir heute haben, unvollständig sind. Um sie zu vervollständigen, müssen wir das Quantenverhalten von Raum und Zeit verstehen und entweder die Gravitation oder die Quantenphysik generalüberholen, vielleicht auch beide." (Zitat Dr. S. Hossenfelder, Das Hässliche Universum, S. 307 ^[1]). Sollten sich die in dieser Abhandlung aufgeführten Berechnungen mit den Formeln der "Theorie der Bewegung in einem quantisierten Raum" experimentell bestätigen, deutet vieles darauf hin, dass die Relativitätstheorie (Gravitation) und die Quantenphysik zwar nicht generalüberholt werden müssen, aber ihren fundamentalen Status verlieren.

Ausgehend von einem generell gültigen Ursache-Wirkungs-Prinzip wurde der quantisierte Raum postuliert. Neben den im Abschnitt Diskussion aufgezeigten Potentialen einer Bestätigung des quantisierten Raumes hat eine indirekte Bestätigung eines generell gültigen Ursache-Wirkungs-Prinzips - und damit eine zumindest prinzipiell durch und durch deterministische Welt - erhebliche philosophische Auswirkungen im Bezug auf u.a. Bewusstsein, Intelligenz und freies Denken und Handeln. Es ist deshalb anzunehmen, dass der quantisierte Raum trotz der zu vernachlässigenden

Gleichförmig beschleunigte Bewegung in einem quantisierten Raum

Auswirkungen auf unsere Alltagswelt unseren Alltag philosophisch, rechtlich und technologisch komplett auf den Kopf stellen wird.

Verweise

Alle Aussagen zur Quantentheorie und alle SRT-Vergleichsberechnungen werden allgemein gelehrt. Auf entsprechende Quellenangaben wurden daher verzichtet.

Alle Annahmen und Berechnungen zur gleichförmig beschleunigten Bewegung im quantisierten Raum sind eigenes Gedankengut.

[¹] Dr. S. Hossenfelder, "Das Hässliche Universum", 3. Auflage Dezember 2018, S. 307