

DIMENSIONALE PHYSIK

Eine Theorie, bei der ALLES aus Raumzeit besteht

EXPOSEE

Neuer Ansatz zu einer Theorie von Allem, bei der die Quantenfeldtheorie aus der Allgemeinen Relativitätstheorie abgeleitet wird. Jedes Masse-Energie-Äquivalent entspricht einer Abbildung in der Raumzeit, einer Raumzeitdichte. Eine Abbildung der Raumzeitdichte über einen niederdimensionalen Übergang erzeugt die gesamte Quantenfeldtheorie. Schwarze Löcher erhalten eine wesentlich größere Rolle und die Dunkle Energie wird nicht mehr benötigt, da die Raumzeit selbst ein Potentialfeld darstellt.

Christian Kosmak

Würzburg 2026 – Version 5.1

Vorwort

Die Dimensionale Physik (DP) ist eine Theorie, die alles in der Geometrie der Raumzeit darstellt – nicht nur die Krümmung der Raumzeit. Ziel der DP war es, die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) mit der Quantenmechanik (QM) zu vereinen. Dieses Ziel wurde teils erreicht, teils verfehlt. Es entstand eine "Theorie von Allem".

ART und QM erhalten durch ihre geometrische Darstellung in verschiedenen Raumzeiten eine gemeinsame Grundlage. Dennoch beschreiben beide Theorien unterschiedliche Phänomene. Eine einheitliche mathematische Beschreibung beider Theorien ist deshalb nicht möglich. Dieses Problem entsteht durch den grundlegenden Ansatz der DP, Gravitation und deren Ursache – Energie und Masse – vollständig geometrisch in unserer Raumzeit abzubilden.

Die DP führt zu einem Paradigmenwechsel in der Betrachtung der Raumzeit. Ob sie eine Revolution in der Physik auslöst? Das bleibt unklar. Entscheidend ist, dass die DP neue Lösungsansätze bietet. Sie eröffnet einen neuen Lösungsraum und schafft neue Ansatzpunkte für die Diskussion physikalischer Grundlagen.

Oft stellen wir einfach die Frage: Warum? Das machen wir, bis klar ist, warum eine Formel oder eine Naturkonstante in der mathematischen Beschreibung genauso aussieht, wie man diese zurzeit verwendet. Daraus folgt, dass wir einige Objekte der physikalischen Beschreibungen infrage stellen, über die sich ein Physiker nach dem ersten Semester fast keine Gedanken mehr macht. Dazu zählen insbesondere die Dimensionen von Raum und Zeit, was die Grundlage der Theorie ist. Daher auch der Name: Dimensionale Physik.

Die vorliegende Beschreibung der DP ist in 3 Teile aufgebaut:

- Teil 1: Eine kurze Einführung, um die Grundidee hinter der DP zu zeigen
- Teil 2: Die Grundlagen der DP mit dem Relativitätsprinzip, Gravitation und der Kosmologie
- Teil 3: Die QM als Konsequenz aus der ART. Wir werden fast immer die QM und nicht die Quantenfeldtheorie (QFT) für Erklärungen benutzt. Die QM ist bei den Ausführungen einfacher zu verstehen als die QFT. Die QFT ist jedoch die passendere Beschreibung zur DP.

Wie Ihr erkennen könnt, werden Abkürzungen im Text eingeführt. Es gibt ein separates Abkürzungsverzeichnis. Bei der Zählung der Dimensionen in einer Raumzeit werden, abweichend zum Standard, nur die Raumdimensionen gezählt. Der Grund dafür wird sich aus der Theorie heraus ergeben. Dieser Text ist keine streng wissenschaftliche Abhandlung. Um die DP einer breiten Leserschaft zugänglich zu machen, wird explizit ein lockerer Umgangston gewählt. Mathematik wird dort verwendet, wo es sinnvoll ist. Ohne geht es aber nicht.

Dann wünsche ich viel Spaß beim Erkunden und Nachdenken.

Starten wir die Reise zu einer Theorie, bei der ALLES aus Raumzeit besteht.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Einige einfache Grundsatzfragen	1
1.2 Startpunkt ART oder QM	2
1.3 Grundidee der DP (Ansatz)	2
1.4 Raumzeit-Struktur und Vorhersagen	3
1.5 Mathematik und Voraussetzungen an den Leser	5
1.6 Das Warum ist zurzeit wichtiger als das Wie	5
2 Raumzeitdichte als Grundidee (Ansatz)	6
2.1 Motivation	6
2.2 Struktur der Einstein'schen Feldgleichungen	9
2.2.1 Gleichungssystem	9
2.2.2 Linke Seite G , die Raumzeitkrümmung	9
2.2.3 Rechte Seite T , die Raumzeitdichte	10
2.3 Annahmen in der DP	11
2.4 Raumzeitdichte	12
2.4.1 Raumzeitkrümmung	12
2.4.2 Warum eine Dichte?	14
2.5 Erste Prüfung	20
3 Grenzen der Raumzeit (Raumzeitstruktur)	26
3.1 Was aus der Raumzeitgrenze alles hervorgeht	26
3.2 Raumzeit mit einer Grenze	27
3.2.1 Raumzeitdichte gegen null	28
3.2.2 Raumzeitdichte gegen unendlich	28
3.3 Lichtgeschwindigkeit	29
3.3.1 Definition	29
3.3.2 Niederdimensionale Grenze	30
3.3.3 Kleiner privater Einschub	30
3.4 Ruhemasse und Energie	31
3.4.1 Energie = Raumzeitdichte	31
3.4.2 Ruhemasse = 3D Raumzeitdichte	33
3.4.3 Bedingungen für die Lichtgeschwindigkeit	34
3.5 Schwarzes Loch	35
3.5.1 Höherdimensionale Grenze	35
3.5.2 Definition	35
3.5.3 Minimum und Maximum für die Raumzeit	35

3.5.4 Widerstand der Raumzeit	36
3.5.5 Hierarchieproblem	37
3.6 Raumzeitkrümmung und Raumzeitdichte extrem	37
3.6.1 Raumzeitdichte von null	37
3.6.2 Der mathematische Punkt	38
3.6.3 Raumzeitkrümmung von null	38
3.6.4 Raumzeitdichte von unendlich	38
3.6.5 Raumzeitkrümmung von unendlich oder (k)eine Singularität	39
3.7 G, k, c, d und h	39
3.7.1 Die Gravitationskonstante G	39
3.7.2 Proportionalitätskonstante k in der ART	40
3.7.3 Das Planck'sche Wirkungsquantum h	42
3.7.4 Die Compton-Wellenlänge	43
3.8 Erkennbare Geometrien über eine dimensionale Grenze hinweg	44
3.8.1 Höherdimensionale Grenze	45
3.8.2 Niederdimensionale Grenze	47
3.9 Zeit	52
3.10 Ruhemasse und $E = mc^2$	54
3.11 Grenzen der Raumzeit und andere Theorien	56
3.11.1 Quantelung der Raumzeit	57
3.11.2 Quantelung der Gravitation	58
3.11.3 Multi-Dimensionaler Ansatz mit getrennten Raumzeiten	58
3.11.4 Multi-Dimensionaler Ansatz mit einer Raumzeit	58
4 Spezielles Relativitätsprinzip (SRT)	61
4.1 Relativität nach Galileo	62
4.2 Messungen	63
4.3 Newton	64
4.4 Maxwell	65
4.5 Lorentz	66
4.6 Einstein	66
4.6.1 Wo liegt die Schwierigkeit?	67
4.6.2 SRT neu interpretiert	67
4.6.3 Relativität zwischen Raumzeiten	69
4.7 SRT für die DP	71
4.7.1 Raumzeitdichte ohne Nullpunkt	71
4.7.2 Raumzeitdichte ohne maximalen Referenzpunkt	72

4.8 Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.....	72
4.8.1 Geschwindigkeit ist ein Bruch.....	72
4.8.2 Keine Veränderung feststellbar	73
4.9 Beispiel zur SRT laut DP	74
4.9.1 Sicht von der Erde	74
4.9.2 Sicht vom Raumschiff	74
4.10 Cherry Picking in der SRT	75
4.11 Zwillingssparadoxon.....	76
4.12 SRT zu QM und ART.....	78
5 Äquivalenzprinzip der Allgemeinen Relativitätstheorie.....	80
5.1 Das schwache Äquivalenzprinzip	80
5.1.1 Erstes und zweites Axiom von Newton	80
5.1.2 Gleichheit von träge und schwere Masse	81
5.1.3 Gleichheit in der DP	81
5.2 Der klassische Begriff einer Kraft.....	81
5.3 Das starke Äquivalenzprinzip	82
5.4 Das Problem mit „fallen“	83
5.5 Energieerhaltung.....	83
5.6 Veränderung der Komponenten.....	83
5.7 Das Gegenstück, die Shapiro-Verzögerung	84
5.8 Abstoßende Gravitation	85
5.9 Das Gravitationspotential	87
6 Kosmologie	89
6.1 Rekursives Universum	89
6.1.1 Raumdimensionen 0.....	89
6.1.2 Raumdimension 1.....	90
6.1.3 Raumdimensionen 2.....	90
6.1.4 Raumdimensionen 3.....	92
6.1.5 Raumdimensionen 4.....	92
6.1.6 Abbruch der Rekursion.....	93
6.2 Urknall.....	93
6.2.1 Was geht nicht	94
6.2.2 QM für 4D Raumzeit als Entstehungsprozess	94
6.2.3 Fluktuation bei Plank-Länge und Planck-Zeit.....	95
6.2.4 Kopplung der Felder und der Raumzeit.....	96
6.3 Warum Expansion?.....	97

6.4 Expansion der Raumzeit	97
6.4.1 Bekannte Veränderungen der Raumzeitkomponenten	98
6.4.2 Neue Veränderungen der Raumzeitkomponenten.....	99
6.5 Ablauf der Expansion.....	100
6.5.1 Urknall als Startpunkt.....	100
6.5.2 Inflation	101
6.5.3 Dunkle Materie	101
6.5.4 Der Knick im Diagramm.....	103
6.5.4 Die lange Gerade	103
6.6 Messung der Expansion	104
6.7 Kosmologische Konstante	104
6.8 Vergleich zur Lehrbuchphysik	105
6.8.1 Homogen und Isotrop = Raumzeitdichte	105
6.8.2 Woher kommt der Druck?.....	106
6.8.3 Skalenfaktor für Raum oder Raumzeit	106
6.8.4 Timescape-Modell	107
6.9 Abschluss Teil 2.....	108
7 Aufbau und Inhalt von Teil 3 QM.....	109
7.1 Kleine Wiederholung	109
7.2 Wichtige neue Ideen für den Text.....	110
7.3 Aufbau und Inhalt.....	111
8 Superposition	112
8.1 Erklärung Superposition	112
8.2 Probleme mit der Superposition.....	113
8.3 Philosophische Auslegungen zur QM.....	113
8.4 Superposition mit der DP.....	114
8.4.1 Raumzeitdichte in 3D und in 2D.....	114
8.4.2 Verbindung über Raumzeiten.....	116
8.4.3 Überbrückung der Verbindung in unterschiedlichen Raumzeiten	118
8.5 Energie über die dimensionale Grenze	119
8.6 Tunneleffekt	120
8.7 Zusammenfassung und Lokalität	121
9 Unschärfe	122
9.1 Erklärung Unschärfe	122
9.1.1 Unschärfe zum Ersten	123
9.1.2 Unschärfe zum Zweiten.....	123

9.1.3 Unschärfe zum Dritten	123
9.1.4 Unschärfe zum Vierten	124
9.2 Heisenberg und die niederdimensionale Grenze	125
9.3 Unschärfe in der Raumzeitdichte	126
10 Verschränkung.....	127
10.1 Erklärung Verschränkung	127
10.2 Die Rettung, welche alles verschlimmert	127
10.3 Verschränkung nach DP	128
11 Wahrscheinlichkeit	130
11.1 Grundelemente für die Wahrscheinlichkeit.....	130
11.2 Möglichkeiten.....	130
11.3 Gewichtung.....	131
11.4 Analogie für die Wahrscheinlichkeit.....	133
11.5 Wahrscheinlichkeit für ein Ensemble.....	133
12 Quantisierung.....	134
12.1 Die niederdimensionale Grenze	134
12.2 Wechselwirkung bei Gravitation ohne Austauschteilchen	135
12.3 Wechselwirkung im Niederdimensionalen mit Austauschteilchen	135
12.4 Nochmal die Verschränkung	136
12.5 Gravitationswellen.....	136
12.5.1 Beschreibung Gravitationswellen.....	136
12.5.2 Gravitationswellen als Austauschteilchen: Ja	136
12.5.3 Gravitationswellen als Austauschteilchen: Nein	137
12.6 Higgs-Boson.....	137
12.7 Es geht auch ohne Quantisierung.....	137

1 Einleitung

1.1 Einige einfache Grundsatzfragen

Wir wollen in der DP einer der schwierigsten Dinge erreichen, die man in der Physik versuchen kann. Nein, nicht die ART und die QFT vereinigen. Das war nur ein Startpunkt. Die DP ist so weit entwickelt, dass es klar ist, was wir bei dem gegebenen Stand der Physik machen müssen. Wir müssen über einige Grundlagen der Physik neu nachdenken. Jemand dazu zu bringen, ist unglaublich schwierig. Das ist nicht nur in der Physik so. Wenn man etwas verstanden und damit als einfach abgehakt hat, dann will niemand mehr darüber eine tiefere Diskussion führen. Genau dies werden wir hier machen müssen.

Der Schwierigkeitsgrad wird nochmals erhöht, da die DP kein neues „highly scientific“ mathematisches Modell liefert. Es ist bereits alles da, was wir benötigen. Wir wollen eine neue Beschreibung der Physik mit den bekannten mathematischen Modellen erreichen. Das klingt mehr nach Tausendundeine Nacht und nicht wie eine physikalische Theorie. Wir werden uns die gegebenen alten Beschreibungen mit einer neuen Sichtweise anschauen. Ähnlich einem Puzzle, bei dem man alle einzelnen Puzzle-Teile bereits beim Namen kennt und es trotzdem nicht lösen kann. Es entstehen Teilbilder, aber kein Gesamtbild. Das geht so lange, bis die erlösende Idee kommt. Das ist kein 2D-Puzzle, sondern 3D und alles fügt sich. Bei der DP werden wir etwas mehr brauchen. Wir werden Raumzeiten von 4D bis zu 1D (Achtung! In der DP werden nur die Raumdimensionen gezählt) in unterschiedlichen Konstellationen benutzen. Damit können wir das Physik-Puzzle lösen. Die neuen logischen Zusammenhänge in der DP reichen so weit, dass wir die folgenden Fragen vollständig beantworten können:

- Fragen zu c , h , und G :
 - Woher komme die wichtigen Naturkonstanten c , h und G ?
 - Wieso können diese mit den Planck-Einheiten ineinander umgewandelt werden?
 - Warum gibt es mit c überhaupt eine maximale Geschwindigkeit?
 - Woher kommt das h , als „Taktgeber für die Quantisierung“?
 - Wir werden sehen, dass G keine Naturkonstante ist.
- Fragen zur ART:
 - Gibt es eine Singularität im Schwarzen Loch oder beim Urknall?
 - Woher kommt das Relativitätsprinzip
 - Woher kommt das Äquivalenzprinzip
 - Warum kann die mathematische Beschreibung der ART nicht linear sein?
- Frage zur QM:
 - Warum lässt sich die QM **nicht** mit der ART vereinigen?
 - Warum lässt sich die QM mit der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) vereinigen?
 - Warum gibt es Wahrscheinlichkeiten?
 - Wieso gibt es eine Quantisierung?
 - Was ist eine Verschränkung?

Stopp! So eine Liste an Fragen kann beliebig lang werden. Wir können erkennen, bei den Fragen geht es um das Fundament der Physik. Der Startpunkt war eine Vereinigung von ART und QM. Wir sind uns heute im Jahr 2026 sicher, dass diese beiden Theorien, mit der heutigen mathematischen Beschreibung, bereits im Grundsatz nicht zusammenfinden. Daher sollte es nicht verwundern, dass es in der DP genau um diese grundsätzlichen Betrachtungen geht. Wenn wir keine neue mathematische Beschreibung benötigen und eine gemeinsame Grundlage erzeugen wollen, dann muss an der Betrachtung der heutigen Grundlagen etwas nicht stimmen. Hier setzen wir an.

1.2 Startpunkt ART oder QM

Der Startpunkt war die Idee einer Vereinigung. Vereinigen heißt, verschiedene Dinge auf eine Identität zu bringen. Ziel war es, dies mit so wenig verschiedene Objekte wie nur möglich zu erreichen. Diese Idee auf die Spitze getrieben bedeutet, ein einziges Objekt für Alles zu haben. Dann kann es keine Unterschiede mehr geben. Wo starten wir bei dieser Suche? Hier haben wir zwei unterschiedliche Ansätze zur Auswahl:

- Wir versuchen die bekannten Theorien zu erweitern
- Wir bauen eine komplett neue Theorie

Eine komplett neue Theorie anzugehen war nicht der Fokus. Das angestrebte Ziel war die Vereinigung von ART und QM. Es fällt leichter mit den bekannten Beschreibungen zu starten. Da die ART und die QM die Säulen der modernen Physik darstellen, wählen wir eine davon aus.

Fast alle, die nach einer Vereinigung suchen, starten bei der QM. Der Ansatz, in diese Richtung zu gehen, hat bei den meisten Physikern schon fast religiöse Züge. Nach dem Motto: Wenn wir alles Quantisiert haben, ist der Heilige Gral der Physik gefunden. Tatsächlich macht dieses Vorgehen auch Sinn. Die QM ist die am besten bestätigte Theorie, die wir haben. Zusätzlich beschreibt die QM alle Elementarteilchen und die Wechselwirkung zwischen den Elementarteilchen. Es fehlt nur eine einzige Wechselwirkung, die Gravitation. Wir sind uns sicher, dass alle Aussagen zur QM, wie Wahrscheinlichkeit, Unbestimmtheit, Verschränkung, lineare Abbildung usw., zu 100% richtig sind. Wir sind uns genauso sicher, dass die ART nichts davon enthält. Zusätzlich gibt es in der ART noch so unschöne Dinge wie eine Singularität. Daher die Annahme, dass die ART nicht konsistent ist.

Nach einer Vereinigung, aus der QM heraus, haben schon viele brillante Köpfe lange gesucht. Das Ergebnis ist bis jetzt immer identisch. Man konnte die mathematischen Werkzeuge verbessern und hat Wissen generiert. Der eigentlichen Lösung ist man aber nicht nähergekommen. Daher wählen wir, so unwahrscheinlich dies auch klingen mag, die ART als Startpunkt. Was noch dazu kommt, fast jeder der sich mit Physik tiefergehend beschäftigt, entwickelt aus einer persönlichen Vorliebe heraus, eine Präferenz für eine der beiden Theorien. Bei mir war dies die ART. Daher kommt für das gesuchte „einziges Objekt für Alles“ eine weitere Eigenschaft hinzu. Die Abbildung auf diesem Objekt soll sich geometrisch beschreiben lassen. Die ART ist ein geometrischer Ansatz.

1.3 Grundidee der DP (Ansatz)

Wir haben ungefähr eine Ahnung, was wir erreichen wollen und einen Startpunkt. Schauen wir uns die ART genauer an. Dazu betrachten wir die Feldgleichungen von Einstein. Wir benutzen die einfachste Form:

$$G_{\mu\nu} = k * T_{\mu\nu}$$

Oh, die erste Formel, keine Panik. Wir müssen diese Gleichung nicht lösen können. Es geht um die Struktur und um die verwendeten Objekte. Auf der linken Seite steht der Einstein-Tensor $G_{\mu\nu}$. Dieser beschreibt die Raumzeitkrümmung. Auf der anderen Seite steht ein k als Proportionalitätskonstante. Diese wird uns erst in einem späteren Kapitel wieder interessieren. Dann kommt mit $T_{\mu\nu}$ der Energie-Impuls-Tensor. Wenn man sich diese Gleichung mit unserem Wunsch im Hinterkopf anschaut (ein Objekt, geometrische Abbildung), dann haben wir hier die erste Hälfte bereits geschafft.

Was war der geniale Gedanke von Einstein? Die Gravitation nicht mehr als Kraft aufzufassen, sondern diese direkt geometrisch auf genau ein einziges Objekt abzubilden, der Raumzeit selbst. Das bedeutet für uns, wir entwickeln diese Idee weiter und übertragen dies auf die andere Seite der Gleichung. Wir müssen für den Energie-Impuls-Tensor eine geometrische Abbildung in der Raumzeit finden.

Daraus ergibt sich, dass die Feldgleichungen auf beiden Seiten jeweils eine „Verformung“ der Raumzeit beschreiben. Die eine Verformung ist als Raumzeitkrümmung bekannt. Das Gegenstück oder die Quelle der Raumzeitkrümmung, werden wir als Raumzeitdichte bezeichnen. Damit haben wir unseren Ansatz gefunden. Wir haben in der Gleichung ein einziges Objekt, die Raumzeit. Die Gleichung beschreibt rein geometrisch eine Veränderung der Raumzeit für die jeweilige „Verformung“. Dadurch ändern sich die Berechnungen innerhalb der ART nicht. Die Gleichung bleibt erhalten, wie diese ist. Wir Veränderung unsere Sichtweise auf die ART. Der Ansatz lässt sich damit sehr einfach zusammenfassen:

Alles besteht aus Raumzeit

Wir werden verschiedene und auch unendlich viele Raumzeitkonfigurationen erhalten, um die QM abbilden zu können, aber wirklich alle Beschreibungen der Natur sind geometrische Abbildungen in einer Raumzeit. Zurzeit gibt es zur ART einen Merksatz. Dieser lautet ungefähr so: „Die Materie sagt der Raumzeit wie sich diese krümmen muss und die gekrümmte Raumzeit sagt der Materie wie sich diese zu bewegen hat.“. Hier ist noch eine klare Trennung von Bühne (Raumzeit) und Akteur (Materie) zu erkennen. Es muss ein Paradigmenwechsel erfolgen. Der neue passende Spruch ist:

Die Raumzeit ist nicht nur eine dynamische Bühne, sie ist gleichzeitig der einzige Akteur

1.4 Raumzeit-Struktur und Vorhersagen

Der Ansatz, dass jegliches Masse-Energie-Äquivalent eine Raumzeitdichte und damit eine direkte Abbildung in der Raumzeit ist, wird uns zu der wichtigsten Schlussfolgerung in der DP führen. Die Raumzeit besitzt Grenzen. Nicht durch eine Länge oder Volumen gegeben, sondern in der Struktur. Durch die SRT werden wir erkennen, dass eine Raumzeit eine Raumdimension und die Zeitdimension verlieren kann. Längenkontraktion und Zeitdilatation auf null. Die Abbildung der Raumzeitdichte über diese Raumzeitgrenze hinweg wird uns alle benötigten Elemente für die QM zwingend erzeugen und den Aufbau der ART erklären:

- Die Raumzeitgrenze, zu niederdimensionalen Raumzeiten, ist der Grund, warum es eine QM gibt und diese nicht direkt mit der ART vereint werden kann. Unserer Raumzeit allein bietet nicht die nötigen Strukturen, damit eine QM erzeugt werden kann. Diese zusätzlichen Strukturen werden die niederdimensionalen Raumzeiten liefern.
- Die Zeitdimension, ist über verschiedene Raumzeiten hinweg nicht identisch. Jede beliebige Raumzeit besitzt ihre eigene Zeitdimension.
- Jede Raumzeitkonfiguration hat für sich eindeutige Planck-Werte. Wir können mit den identischen Planck-Werten nicht in unterschiedlichen Raumzeitkonfigurationen rechnen.
- Es ist bei Berechnungen nicht mehr erlaubt, für eine höher- oder niederdimensionale Raumzeit, einfach eine Raumdimension dazu- oder wegzunehmen. Das sind unterschiedliche Objekte mit unterschiedlichen Planck-Werten und separaten Zeitdimensionen. Daher ist die Raumzeitgrenze der Grund, warum viele neue Theorien (z.B. die Stringtheorie) aus Sicht der DP nicht funktionieren.

- Die höherdimensionale Grenze (eine Raumdimension dazu aber keine Zeitdimension mehr) ist über die Bedingung für ein Schwarzes Loch gegeben. Die niederdimensionale Grenze über die Lichtgeschwindigkeit. Daraus wird sich ergeben, dass die Gravitationskonstante G , eine aus diesen Grenzbedingungen, zusammengesetzter Wert ist.
- Rein aus der Logik der DP heraus, steht die SRT der QM näher als der ART. Daher kann man die SRT mit der QM vereinen, aber nicht die ART mit der QM.
- Die Ruhemasse eines Elementarteilchens ist, mit den für uns erkennbaren Wert, die Planck-Masse in der, für das jeweilige Teilchen, zuständige Raumzeitkonfiguration.
- Es gibt 3 Generationen an Fermionen, da sich diese, in unserer Raumzeit, auf den 3 Raumdimensionen abbilden müssen. Es gibt 3 niederdimensionale Wechselwirkungen, da wir nur drei verschiedene Geometrien zwischen den Teilchen austauschen können. Die Zahl 3, bei der Einteilung der Teilchen oder $1/3$ bei den Ladungen, hängt von der Anzahl unserer Raumdimensionen ab.
- Die möglichen niederdimensionale Geometrien sind mit dem Standardmodell der Teilchenphysik verbraucht. Es darf kein weiteres neues Teilchen geben. Auch nicht für die Dunkle Materie.
- Hier noch eine etwas „wildere“ Aussage: Das Higgs-Feld ist fast identisch zu unserer Raumzeit. Unsere Raumzeit selbst ist ohne Gravitation ein skalares Potentialfeld.

Auch hier, einfach mal Stopp! Die Aufzählung könnte um etliche Punkte erweitert werden. Wir sehen aber bereits an diesen wenigen Punkten, dass wir in der neuen Sichtweise auf die Raum- und Zeitdimensionen, eine grundlegende Änderung mit dem Umgang dieser Objekte vollziehen müssen. Es gibt einen Paradigmenwechsel, aber ohne neue Mathematik. Wir erklären, warum die gegebene Mathematik genauso aussehen muss, wie sie es tut. Das ist für die QM besonders wichtig.

Die angeführten Punkte sind alle eine Bestätigung der ART und der QM. Da findet man keine Abweichung in den Beobachtungen. Wir können aber experimentell prüfbare Vorhersagen treffen. Zum Beispiel mit der letzten Aussage, die Raumzeit ist ein skalares Potentialfeld, ergeben sich beobachtbare Veränderung, für die Kosmologie. Das frühe Universum muss in einigen Dingen, zu unserem heutigen Universum, unterschiedlich sein. Die neusten Beobachtungen von JWST lassen sich damit sehr gut erklären.

- Es müssen sehr viel mehr Schwarze Löcher im frühen Universum entdeckt werden, als dies laut Standardmodell der Kosmologie möglich sein sollte.
- Diese Schwarzen Löcher müssen größer sein, als dies nach den heutigen Berechnungen möglich sein darf. Die ART verändert sich nicht, wir erhalten aber trotzdem ein höheres Eddington-Limit. Die Raumzeit als Potentialfeld verändert die Wertigkeit der Objekte, z. B. den Impuls (dieser ist auch nur eine Raumzeitdichte). Der Impuls als solcher wird, im frühen und im heutigen Universum, bei einem Prozess identisch erzeugt. Seine Wertigkeit, in der jeweiligen Entwicklung der Raumzeit, ist aber unterschiedlich (Potentialfeld).
- Die Raumzeitexpansion ist eine intrinsische Eigenschaft unserer Raumzeit. Die Raumzeit selbst ist, auch ohne ein Objekt, bereits eine Energieform und sorgt damit für eine Raumzeitexpansion.

Auch diese Aufzählung könnte wieder verlängert werden. Die Themen werden aber ausführlich im Text behandelt.

1.5 Mathematik und Voraussetzungen an den Leser

Wie man an dem Text der Einleitung sieht, wird mehr Text als Formeln verwendet. Das wird auch so bleiben. Es werden Formeln, in der jeweils einfachsten Form benutzt, wenn dies notwendig ist. Aber, es ist zwingend notwendig. Eine Beschreibung ohne Mathematik ist nicht möglich. Damit dieser Text einer breiten Leserschaft zugänglich bleibt, wird ein einfaches Niveau der Mathematik angestrebt. Das bedeutet wir betreiben hier keine Mathematik, das bezeichnen wir besser als „ein bisschen Formeln schubsen“. Formeln wie die Feldgleichungen müssen wir nicht mathematisch herleiten oder lösen können. Die Struktur dahinter muss aber erklärt werden. Ziel ist, das wir zu allen Naturkonstanten und Formeln immer das Warum kennen. Dazu kommt gleich ein eigener kleiner Abschnitt.

Es wird nicht jedes Detail aus dem Physiklehrbuch, von Adam und Eva ab neu erklärt. Der Leser sollte an Physik interessiert sein und die in der Einleitung verwendete Formel identifizieren können. Für die Physikprofis kann es daher „langatmig/philosophisch“ werden. Die Entscheidung die DP auf diese Art zu beschreiben ist explizit in diese Richtung gefallen.

Die Kapitel müssen in der gegebenen Reihenfolge durchgelesen werden. Da sich die Mathematik und Bezeichnung von Objekten nicht ändert, hat man dazu eine bestimmte Vorstellung. Es ist aber so, dass wir einigen Objekten eine veränderte Bedeutung zusprechen werden, z.B. der Lichtgeschwindigkeit. Damit lässt sich eine andere Bedeutung bei gleichen Namen nicht vermeiden. Daher muss beim Lesen die Reihenfolge der Kapitel eingehalten werden.

1.6 Das Warum ist zurzeit wichtiger als das Wie

Man geht oft davon aus, dass ein Physiker immer das Warum zu einem Sachverhalt klären will. Tatsächlich wird an den Universitäten oft nur noch das Wie, die Berechnung, als das Wichtigste dargestellt. Das hängt stark mit der QM zusammen, von der man sagt, diese ist die Grundlagen von Allem. Diese ist ohne die DP auf einem rein logischen Weg nicht erklärbar. Das funktioniert nur mit Mathematik. Mit viel und komplizierter Mathematik. In der vordersten Front der Forschung zur QM oder auch zur Stringtheorie ist das Arbeitsfeld eines Physikers oder eines Mathematikers wohl nicht mehr unterscheidbar. Genau hier setzen wir mit der DP an und wollen dies ändern. Auch eine QM muss aus der Logik heraus verständlich sein.

Meiner Meinung nach hat sich vor ungefähr 150 Jahren eine Änderung in der Vorgehensweise der Physiker ergeben. Man hatte nicht unbedingt vorab eine Idee zu einem Themenbereich, welcher untersucht werden soll. Es konnte auch das Modell, in Form von reiner Mathematik, untersucht werden. Aus dieser mathematischen Untersuchung sind dann neue Ideen entstanden. Spätestens mit der Entwicklung der QM ist dies das führende Vorgehen in der Physik geworden. Dieses, seit nun über 100 Jahren, sehr intensiv betriebenes Vorgehen war extrem erfolgreich. Ohne dieses Vorgehen würden wir in der Physik auf keinen Fall dort stehen, wo wir heute sind. Ich bin aber auch der Meinung, dass dieser Pfad ausgetreten ist. Man ist an einem Punkt angelangt, wo man das Vorgehen wieder umdrehen muss. Es werden neue Ideen benötigt, die dann später mit Mathematik untersucht werden müssen.

Das Warum und das Wie, beides ist wichtig. Die angeführten Gründe sind so zu verstehen, dass in dieser Beschreibung die Idee, das Warum, als wichtiger erachtet wird als die mathematische Berechnung, das Wie. Es muss ein zwingender logischer Zusammenhang zwischen den Beschreibungen und Auswirkungen geschaffen werden. Besonders, da wir einige Grundlagen neu überdenken werden. Wir wollen explizit nicht ein Modell wie die QM schaffen, wo fast alles mit sehr komplexen Berechnungen sehr genau vorhersagbar ist. Man hat aber keine Idee, warum dies überhaupt die experimentellen Befunde abbildet.

Genug der Vorrede und Einleitung. Ab hier sollte jeder für sich entscheiden können, ob es ihm die Lebenszeit wert ist, sich mit den Ideen der DP vertraut zu machen.

2 Raumzeitdichte als Grundidee (Ansatz)

Die ersten Entwicklungsschritte für die DP, waren mehrere verschiedene Startpunkte. Keiner davon war dieser Ansatz, denn wir hier aufbauen werden. Die verschiedenen Lösungswege haben sich im Laufe der Zeit in diesen Punkt vereinigt. Das war der Zeitpunkt, als aus einer Sammlung von losen Ideen, eine Theorie gebildet wurde.

Die Grundidee ist die Weiterführung eines genialen Gedankens von Einstein. Zusätzlich wird diese Idee auf ein absolutes Extrem gesetzt. Wenn die Gravitation, als reine geometrische Beschreibung in der Raumzeit abgebildet wird (Raumzeitkrümmung), dann müssen wir diese Idee „einfach“ auf alles andere übertragen.

Dann ist Alles eine geometrische Abbildung, in nur einem einzigen Objekt, der Raumzeit.

2.1 Motivation

Wie kommen wir auf so eine schräge und auch extremen Idee, Alles auf nur einem einzigen Objekt abbilden zu wollen? Was wir erreichen wollen, ist die Vereinigung von ART und QM. Allerdings stellt sich diese Aufgabe als ein sehr hartnäckiger Brocken heraus. Die klügsten Köpfe versuchen dies seit über 100 Jahren und haben noch keine wirklich valide Lösung gefunden. Es werden immer mehr Stimmen laut, dass dies eventuell gar nicht möglich ist. Tatsächlich ist die Idee der Vereinigung nur ein Wunsch der Physiker. Niemand kann mit Sicherheit sagen, ob dies überhaupt möglich ist. Daher werden die Schritte zur Vereinigung immer kleiner gewählt. Es werden sehr spezielle Eigenschaften einer möglichen Vereinigung untersucht. Unser Ansatz ist das genaue Gegenteil davon.

Wir gehen davon aus, dass eine Vereinigung grundsätzlich möglich ist, und wählen aus den Möglichkeiten die extremste Form aus. Wer sich auf die Suche nach dem heiligen Gral begibt, stellt diesen nicht in Frage. Es stellt sich aber die Frage: Gibt es einen Hinweis darauf, dass der Ansatz, „Alles ein Objekt mit einer geometrischen Abbildung“ überhaupt sinnvoll ist? Naja, wenn ich schon so Frage.

Dazu starten wir im physikalischen Kindergarten und schauen uns als erstes eine kleine und bekannte Formel an.

$$r_s = \frac{2 * G * M}{c^2}$$

Mit dieser Formel können wir den Schwarzschildradius einer Masse ausrechnen. Das Schwarze Loch der Masse hat dabei keine Ladung und rotiert nicht. Diese Darstellung der Gleichung ist sehr gut mit unserer Intuition vereinbar.

$$r_s = \frac{2 * 6,6743 * 10^{-11} * 6 * 10^{24}}{299792458^2}$$

Bei der Erde kommen wir auf ca. 9mm. Die Maßeinheiten habe ich einfach weggelassen. Das Ergebnis ist eine Länge. Alle sehr einfach gehalten. Das ist eine Gleichung und damit eine Identität. Auf der rechten Seite muss auch eine Länge stehen. Das erkennen wir auf den ersten Blick nicht, da die einzelnen Bestandteile keine Länge sind. Das heißt, obwohl auf der rechten Seite die Gravitationskonstante, die Masse und die Lichtgeschwindigkeit alles keine Längen sind, dürfen wir diese zu einer Länge kombinieren. Jetzt der physikalische Kindergarten. Wieso dürfen wir dies den machen? Das sind sehr unterschiedliche Objekte und nichts davon ist eine Länge. Wir überlegen da nicht lange. Wenn die Maßeinheiten identisch sind, dürfen wir beide Seiten Vergleichen. Daher können wir den Schwarzschildradius auch mit anderen Objekten beschreiben. Wir müssen „nur“ eine Länge mit dem identischen Ergebnis erhalten.

Daher wählen wir jetzt eine eher ungewöhnliche Darstellung aus.

$$r_S = \frac{2 * l_p^2}{\lambda_C}$$

Mit l_p ist eine Planck-Länge und mit λ_C eine Compton-Wellenlänge gemeint. Hier brauchen wir die Compton-Wellenlänge der Erde. Falls jemand dies nachrechnen will, alle Planck-Einheiten und das h sind bei mir immer nicht reduziert (nicht durch $2 * \pi$ geteilt). Bei der Compton-Wellenlänge nehmen wir einen Streuwinkel von 90 Grad an, damit der Cosinus aus der Formel rausfällt. Dann ergibt sich:

$$r_S = \frac{2 * 1,6413 * 10^{-69}}{3,6837 * 10^{-67}}$$

Wir erhalten wieder unsere ca. 9mm. Dieses Mal haben wir nur Längen benutzt. Scheint doch viel „natürlicher“ zu sein. Die verwendeten Längen sind aber die Planck-Länge und die Compton-Wellenlänge. Das sind Objekte aus der QM und nicht aus der ART. Funktioniert trotzdem. Mit dieser anderen Darstellung erhalten wir zusätzliche Informationen.

Beispiel: Wir wissen, dass es keine Compton-Wellenlänge, kleiner als die Planck-Länge geben kann. Sonst müsste die Energie bei der Streuung direkt zu einem Schwarzen Loch führen. Wenn wir in die obige Formel statt einem λ_C ein l_p eintragen, dann kommt als unterste Grenze, eine Schwarzschildradius von zwei Planck-Längen raus. Für einen Schwarzschildradius scheint dies eine untere Grenze zu sein. Aus der ersten Darstellung können wir diesen Zusammenhang nicht erkennen. Das wir verschiedenen Darstellungen wählen können ist damit sehr gut für uns.

Wir können eine weitere Darstellung wählen. Hier ist M_E die Masse der Erde und m_p die Planck-Masse.

$$r_S = 2 * l_p \frac{M_E}{m_p}$$

$$r_S = 2 * 4,0513 * 10^{-35} \frac{6 * 10^{24}}{5,4555 * 10^{-8}}$$

Wir erhalten wieder unser ca. 9mm. In dieser Darstellung sieht es so aus, dass der Schwarzschildradius nur eine doppelte Planck-Länge (also der kleinste mögliche Wert) ist, welche um den Faktor eines Masseverhältnisses verändert wird. Da der Schwarzschildradius nicht kleiner als zwei Planck-Längen ausfallen darf, kann eine Masse kleiner als die Planck-Masse kein Schwarzes Loch bilden. Wieder eine neue Information. Irgendwie können wir immer auf eine Darstellung mit Länge und Masse kommen. Wir können die letzte Formel etwas umstellen und erhalten:

$$\frac{r_S}{l_p} = \frac{2 * M_E}{m_p}$$

Nun ist es ein Längenverhältnis zu einem Masseverhältnis ohne eine Maßeinheit beim Vergleich. Es scheint so, dass Abbildungen in unserer Raumzeit, wie z.B. ein Schwarzschildradius oder eine Masse, sich an bestimmte Grenze zu halten haben.

Machen wir dazu ein zweites bekanntes Beispiel. Jetzt starten wir aber gleich mit einer Formel für eine Angabe eines Verhältnisses. Also einem Ergebnis ohne eine Maßeinheit.

$$F_{Elekt} = \frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * r^2}$$

$$F_{Grav} = \frac{G * m_1 * m_2}{r^2}$$

Die erste Formel ist die klassische Beschreibung der statischen elektrischen Kraft. Die zweite Formel ist die klassische Beschreibung der Gravitation als Kraft. Vermutlich hat mit den nächsten Schritten niemand ein Problem. Wir setzen für m_1 und m_2 die Masse eines Elektrons ein und für die Ladung e die Elementarladung des Elektrons. Dann setzen wir die zwei Gleichungen ins Verhältnis, denn beide Gleichungen haben die identische Maßeinheit.

$$\frac{F_{Elekt}}{F_{Grav}} = \frac{\frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * r^2}}{\frac{G * m_1 * m_2}{r^2}}$$

Das r^2 kürzt sich raus und dann noch die Zahlen rein. Das ergibt:

$$\frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * G * m_e^2} = 4 * 10^{42}$$

Das ist eine extrem große Zahl. Damit ist der Unterschied der Kräfte von Gravitation und elektrischem Feld eine Zahl mit 42 Nullen. Das können wir π mal Daumen überprüfen. Wie nehmen einen kleinen schwachen Kühlschrankmagneten und ziehen damit eine metallische Büroklammer in die Höhe. Ergebnis ist, dass der Magnet eine stärkere elektrische Kraft ausübt als die gesamte Erde mit ihrer Gravitation. Das Ergebnis ist richtig und wird von allen Physikern akzeptiert. Falls Ihr dazu eine andere, auf jeden Fall kleinere Zahl, gesehen habt, ist dies kein Problem. Es kommt darauf an, welches Teilchen für die Masse benutzt wird. Wir nehmen das Elektron, da dies von der Masse her, das kleinste Teilchen mit einer Ladung ist. Die berechnete Zahl mit dem Elektron brauchen wir später auch wieder.

Wir haben hier die Gravitation als Kraft und das elektrische Feld als Kraft verglichen. Dabei sollten doch genau diese Grundkräfte nicht vereinbar sein. Da können jetzt viele Einwände kommen. Ist nur die alte klassische Physik, Gravitation ist keine Kraft, kein Beispiel aus der QM, usw. Alle Einwände sind richtig. Es gilt das Prinzip des ersten Beispiels: Wenn die Maßeinheiten übereinstimmen, können wir die mathematischen Ausdrücke vergleichen. Das Prinzip gilt für alle Maßeinheiten und davon gibt es sehr viele. Es spielt keine Rolle, woher die Beschreibung als Formel gekommen ist. Wenn wir es schaffen, dass die Maßeinheiten übereinstimmen, können wir dies vergleichen.

Hier können wir wieder eine ungewöhnliche Darstellung wählen. Mit α als die Feinstrukturkonstante.

$$\frac{F_{Elekt}}{F_{Grav}} = \frac{1}{2 * \pi} * \alpha * \left(\frac{m_p}{m_e}\right)^2 \Leftrightarrow \frac{F_{Elekt} * 2 * \pi}{F_{Grav} * \alpha} = \left(\frac{m_p}{m_e}\right)^2$$

Keiner der einzelnen Terme hat eine Maßeinheit und es passt trotzdem alles zusammen. Ein Kräfteverhältnis, mit einem Korrekturfaktor je Kraft, ist nichts weiter als ein Masseverhältnis zum Quadrat. Wenn Ihr euch an die erste Formel erinnert, dann könnten wir auch das Quadrat der Schwarzschildradien benutzen. Es sieht so aus, dass wir hier fast beliebige Darstellungen für die identische Aussage wählen können.

Wir versuchen unsere Erkenntnisse aus den zwei Beispielen in eine neue Idee zu formulieren. In der Physik gibt es nur ein Objekt und die Maßeinheit ist nur eine bestimmte Sichtweise auf dieses Objekt. Wir betrachten das identische Objekt und setzen verschiedene Brillen auf. Dann

ist es logisch, dass wenn wir Terme, die wir per Umformung auf identische Maßeinheit gebracht haben, vergleichen können. Es ist alles das Gleiche.

Bei einer Vereinigung von ART und QM sind diese Maßeinheiten sehr unterschiedlich. Bei der ART ist in der Raumzeitkrümmung eine Länge vorhanden. Bei der QM eine Wahrscheinlichkeit. Eine Wahrscheinlichkeit ist aber gar keine Maßeinheit. Das sind sehr unterschiedliche Brillen. Hier liegen das Problem und die Lösung. Obwohl wir mit der Idee von nur einem einzigen Objekt starten, werden wir feststellen, dass die QM etwas komplett anderes betrachtet als die ART. Daher wird es eine Vereinigung, als mathematisch identische Beschreibung, nicht geben. Auf der logischen Ebene werden beide Theorien in ein vollumfängliches einheitliches Framework eingebunden, die Dimensionale Physik.

2.2 Struktur der Einstein'schen Feldgleichungen

Irgendeinen „Anker“ als Startpunkt müssen wir setzen. Wir wollen keine komplett neue Beschreibung, wie die Stringtheorie erzeugen. Wir wollen hier die gegebenen Beschreibungen der ART und der QM vereinigen. Die Idee ist es, mit nur einem einzigen Objekt zu arbeiten. Tatsächlich ist mit der ART die erste Hälfte bereits erledigt. Daher starten wir, entgegen dem gesamten Mainstream in der Physik, bei der ART. Da wir von der ART aus starten holen wir uns die charakteristische Gleichung für die ART, in der einfachsten Form. Die Feldgleichungen von Einstein.

$$G_{\mu\nu} = k * T_{\mu\nu}$$

Schauen wir uns die Struktur der Gleichung etwas genauer an.

2.2.1 Gleichungssystem

Das Erste, was auffällt: Wieso den Feldgleichungen? Da steht nur eine Gleichung. Diese Schreibweise ist sehr kompakt. Dort stehen 16 einzelne Gleichungen, die zusammen ein Gleichungssystem ergeben. Die griechischen Buchstaben μ und ν zählen von 0 auf 3 hoch (das ist so Konvention). Jeder Buchstabe steht für die Anzahl der Dimensionen in unserer Raumzeit. Man zählt im Lehrbuch für unsere Raumzeit 4 Dimensionen. Drei Raumdimensionen und eine Zeitdimension. Tatsächlich sind es in der Gleichung 4 Raumdimensionen. Die Zeitdimension erhält einen zusätzlichen Faktor, welcher aus einer Zeit eine Länge macht. Die Maßeinheit der Zeitdimension ist in der mathematischen Beschreibung eine Länge und keine Zeit. Die Zeitdimension bekommt ein anderes Vorzeichen als die Raumdimensionen. Raumdimensionen ein Plus und die Zeitdimension ein Minus oder umgekehrt. Wie herum dies gemacht wird ist reine Ansichtssache. Wichtig ist, dass die Vorzeichen unterschiedlich sind. Das nennt sich Signatur der Raumzeit. Wir verwenden die Signatur $(- + + +)$. Die Großbuchstaben sind Tensoren. Dort wird beschrieben, wie sich der Inhalt der Tensoren, von einer Dimension zur anderen Dimension verhält. Daher kommen $4 * 4$ Möglichkeiten = 16 Gleichungen heraus. Auf Grund von Symmetrien benötigen wir aber nur 10 unabhängige Gleichungen.

Wir werden hier, entgegen dem Lehrbuch, nur noch die echten Raumdimensionen, also die mit $+$, zählen. Damit ist unsere Raumzeit 3D. Warum wir dies tun, klärt sich im Kapitel 3 „Grenzen der Raumzeit“. Die zusätzliche Zeitdimension ergibt sich automatisch zu jeder beliebigen Raumzeitkonfiguration. Wir werden sehen, dass diese Signatur allein, für eine Klassifizierung der Raumzeit, nicht ausreichend ist.

2.2.2 Linke Seite G, die Raumzeitkrümmung

Die linke Seite der Gleichung hat nur den Tensor mit der Bezeichnung G, den Einstein-Tensor. Dieser beschreibt, nennen wir es mal ganz allgemein, eine Verformung der Raumzeit selbst. Diese Art der Verformung wird als Raumzeitkrümmung bezeichnet. Die Raumzeitkrümmung wird

in der ART mit der Gravitation gleichgesetzt. Damit ist die Gravitation keine Kraft oder Wechselwirkung, sondern eine geometrische Abbildung auf genau einem einzigen Objekt, der Raumzeit. Unser Ansatz ist, eine geometrische Identität über alle Betrachtungen hinweg auf ein Objekt zu erhalten. Damit ist für die Gravitation die gewünschte Form der Beschreibung bereits erreicht. Daraus folgt sofort die Frage, ob wir dies für die andere Seite der Gleichung auch so hinbekommen.

2.2.3 Rechte Seite T, die Raumzeitdichte

Wir übertragen den Gedanken, einer Abbildung in der Raumzeit, auf die andere Seite der Gleichung. Dort haben wir zwei Elemente. Als erstes das kleine k . Dies ist eine Proportionalitätskonstante. Diese beinhaltet ausschließlich feste Werte und stellt damit, im mathematischen Sinn, nur eine feste Zahl mit der passenden Maßeinheit dar. Wir werden dieses k später untersuchen. Dann gibt es noch den Energie-Impuls-Tensor T . Dieser beinhaltet alles, was man als Masse-Energie-Äquivalent bezeichnet. Wie bei G auf die jeweiligen Dimensionen zueinander aufgeteilt.

Ohne es bemerkt zu haben, ist das Ziel schon erreicht. Dabei sieht es nach dem Gegenteil aus. Der Energie-Impuls-Tensor ist eine wilde Sammlung aus allem, was das Universum zu bieten hat ohne die Gravitation. Wie kann eine Gleichung mit einer Sammlung, von dermaßen unterschiedlichen Objekten, eine so klare Darstellung erhalten? Weil die Sammlung gar nicht so wild ist, wie diese aussieht. Wir drücken mal alle und ich meine damit auch wirklich alle mathematischen Augen und Hühneraugen zu und schauen uns die Gleichung als Vereinigung von ART und QM an. G beschreibt die Gravitation und T sammelt den gesamten Teilchen-Zoo aus dem Standardmodell, zuzüglich Impuls, Ladungen usw. ein. Wir wissen, dass die Beschreibungen nicht übereinstimmen, und haben hier trotzdem ein Gleichheitszeichen stehen. Damit diese Gleichung funktioniert und sich der Unterschied zur QM ergibt, muss die ART eine spezielle Sichtweise auf diese Sammlung von Masse-Energie-Äquivalenten annehmen. Die Unterschiede müssen normiert werden oder salopp ausgedrückt, die rechte Seite muss die richtige Brille aussetzen. Das geht wie so oft in der Physik über die Energie. Egal wie verschieden die Beiträge aus dem Energie-Impuls-Tensor sind, die ART muss eine normierte Sichtweise annehmen. Die ART darf sich nur für zwei Dinge aus T interessieren. Die Menge an Energie und die evtl. vorhandene Ausrichtung auf die Dimensionen. Jegliche „innere Struktur“ eines Masse-Energie-Äquivalent (ist es ein Elektron, Photon, Proton usw.) muss ausgeblendet werden.

Das ist eine Gleichung. Daher stehen auf beiden Seiten die identischen Maßeinheiten. Der Einstein-Tensor verwendet nur die Raumzeit mit einer Verformung. Die Maßeinheit ist eine Angabe einer Länge. Dann machen wir dies beim Energie-Impuls-Tensor auch so. Eine geometrische Abbildung in der Raumzeit mit der Maßeinheit einer Länge. An diese geometrische Abbildung im Energie-Impuls-Tensor werden bestimmte Anforderungen gestellt. Die Gleichung muss weiterhin funktionieren und alle Aussagen der ART zur Gravitation müssen sich daraus ergeben. Für einen Teil der Aussagen muss bereits auf diesem Level die Abbildung zur QM passen. Das klingt nach einer sehr schwierigen geometrischen Abbildung in der Raumzeit. Genau das Gegenteil ist der Fall. Wir werden eine, in einem bestimmten Raumzeitvolumen, gleichverteilte „Dichte“ der Raumzeit selbst annehmen. Die Verformung der Raumzeit für die Gravitation trägt den Namen Raumzeitkrümmung. Dann brauchen wir für die Verformung auf der anderen Seite der Gleichung auch einen Namen.

Daher, Kraft souveräner Willkür => Die Verformung der Raumzeit für ein Masse-Energie-Äquivalent heißt: **Raumzeitdichte**. Dabei bezeichnet „Dichte“ diese Verformung an bestimmten Stellen sehr gut und an andere Stelle ist dies eher hinderlich. Der Name Dichte ist intuitiv mit der Alltagserfahrung belegt. Die Dichte der Raumzeit ist anders definiert als die Dichte einer beliebigen Substanz. Irgendeinen Namen müssen wir aber vergeben. Damit bleibt es bei Raumzeitdicht als Quelle der Raumzeitkrümmung.

2.3 Annahmen in der DP

Zu einer kompletten Beschreibung der Physik brauchen wir nur 4 Annahmen:

- Neu in der DP: **Alle uns bekannten Objekte und Phänomene sind geometrische Abbildungen in der Raumzeit.** Dabei ist die Anzahl der möglichen Verformungen sehr begrenzt. Es gibt nur Raumzeitkrümmung, Raumzeitdichte und die jeweilige entgegengesetzte Verformung dazu. Für die vollständige Abbildung der Physik, insbesondere der QM, werden wir andere Raumzeitkonfigurationen als unsere Raumzeit benötigen. Unsere Raumzeit besitzt nicht die benötigten Strukturen für die QM. Diese Raumzeitkonfigurationen ergeben sich aber zwingend aus unserem Ansatz und müssen nicht zusätzlich postuliert werden. Darin gibt es dann wieder nur die bekannten Verformungen. Mehr brauchen wir nicht.
- Alt aus der ART: **Jede Raumzeit muss kontinuierlich und differenzierbar sein.** Bewegung ist eine Form von Energie. Wenn wir diese direkt in der Raumzeit abbilden wollen, dann muss der Bewegungszustand in der Raumzeit abbildbar sein. Die mathematischen Begriffe dafür sind kontinuierlich und differenzierbar. Selbst für die Beschreibung innerhalb der QM, z.B. für den Tunneleffekt, wird diese Eigenschaft der Raumzeit wichtig werden.
- Strittig ob alt oder neu: **Jede Raumzeit ist eine Art von Substanz.** Dabei ist Raumzeit ein ganz besonderer Stoff und verhält sich anders, als wir es von einer Substanz gewohnt sind. Laut ART und der DP gibt es für die Raumzeit eine Raumzeitkrümmung, Raumzeitdichte, Expansion, Gravitationswellen und bei Rotation auch noch ein „mitziehen“. Das sieht doch sehr stark nach einer Substanz und nicht nur nach einem mathematisch abstrakten Konstrukt aus. Es ist seit Einstein ein beliebter philosophischer Streitpunkt, ob Raum und Zeit eine Abstraktion oder etwas Reales sind. Wir legen uns hier auf eine extreme Sichtweise fest.
 - Das einzige existierende sind Raumzeiten.
 - Das Einzige, was wir erkennen können, sind die Verformungen in den Raumzeiten.
- Strittig ob alt oder neu: **Verformungen in der Raumzeit sind immer eine Veränderung der Definition von Länge und Zeit.** Auch hier gibt es keine Einigkeit bei den Physikern. Wir legen uns zu 100% fest. Das diese Verformungen eine Veränderung der Längen- und Zeitdefinition sind ergibt später ein Relativitätsprinzip oder auch die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Wir werden sehen, dass uns die Folgerungen aus diesen Annahmen, zu der uns bekannten Beschreibung der Physik führen werden. Hätte mir jemand dies vor Entwicklung der DP gesagt, hätte ich diese Person für Verrückt gehalten. Dieser Ansatz hat aber, für die Überprüfung der DP, einen großen Vorteil. Es gibt für die Schlussfolgerungen fast keine Wahlmöglichkeit. Entweder die Logik ist richtig oder die gesamte Theorie fällt in sich zusammen. Es gibt nur sehr wenige Stelle, wo es noch einen Spielraum für „Erweiterungen“ gibt. Die Möglichkeiten wie bei anderen Theorien, mit kleineren Strukturen, höherer Energien, höheren Masse, weitere Teilchen, Symmetriebruch usw. sind hier nicht gegeben.

Die Raumzeit als Substanz, mit den Eigenschaften der Kontinuität und der Differenzierbarkeit, könnten wir sogar aus der Annahme der Raumzeitdichte rausholen. Wir lassen unseren Ansatz auf diese 4 Punkte verteilt stehen. Das ist für das Verständnis besser. Damit ist die einzige wirkliche zusätzliche Annahme zur bekannten Physik die Raumzeitdichte. Was soll sich da schon groß ändern? Fast alles, ohne die Mathematik wirklich anpassen zu müssen. Wie gesagt, klingt schon etwas verrückt.

2.4 Raumzeitdichte

Wir haben die Raumzeitdichte in die Welt gesetzt. Dann sollten wir zwei Dinge als erstes erledigen:

- Eine genauere Definition, was diese Raumzeitdichte ist. Das volle Verständnis für die Raumzeitdichte wird erst mit dem Kapitel 3 aufgebaut. Nur zusammen mit den Grenzen der Raumzeit ergibt sich ein komplettes Bild.
- Auf hoher Flugebene eine erste Prüfung, ob sich die elementaren Eigenschaften der ART daraus ergeben.

2.4.1 Raumzeitkrümmung

Machen wir uns das Leben nicht schwerer als es ist und starten mit etwas bekannten. Die Raumzeitkrümmung ist seit über 100 Jahren bekannt und mathematisch gut verstanden. Die Raumzeitdichte ist die Quelle einer Raumzeitkrümmung. Damit können wir die Raumzeitkrümmung als Reaktion der Raumzeit auf die Raumzeitdichte sehen. Dieses Verhalten wird durch die Feldgleichungen beschrieben. Die Definition der Raumzeitdichte muss mit den bereits gegebenen Lösungen der Feldgleichungen übereinstimmen.

Wir benutzen in diesem Text immer die Lösung der Feldgleichungen nach Schwarzschild. Das hat Vorteile aber auch Nachteile. Der große Vorteil ist, dass diese Lösung die einfachste ist. Schwarzschild hat nur wenige Monate nach der Veröffentlichung von Einstein diese Lösung gefunden. Diese ist eine Vakuumlösung für nicht rotierende Massen. Wir sind uns sicher, dass dies eine starke Vereinfachung ist. Für unsere Zwecke aber ausreichend.

Damit wir die Lösung verstehen, müssen wir die Signatur der Raumzeit (- + + +) vollständig hinschreiben. Die Signatur ist nur eine Kurzform einer Metrik. Die Metrik der Raumzeit definiert zu den Feldgleichungen das Verhalten der Raumzeit. Wenn man so will, ist die Metrik die Lösung der Gleichung. 4 x 4 Einträge für alle verschiedenen Aufteilungen zwischen den Dimensionen. Für uns gleich extrem wichtig: Die Metrik ist die passende **Definition der Geometrie** für die Raumzeit. Schwarzschildmetrik:

$$\begin{array}{cccc}
 -c^2 \left(1 - \frac{r_s}{r}\right) dt^2 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & + \frac{1}{\left(1 - \frac{r_s}{r}\right)} dr^2 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & + r^2 d\theta^2 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & + r^2 \sin^2(\theta) d\phi^2
 \end{array}$$

Keine Panik, sieht schlimmer aus als es ist. In der Diagonale dieser Matrix sieht man als erstes die Vorzeichen aus der Signatur (- + + +). Dahinter gibt es aber jeweils einen Term. Die beiden letzten Terme mit θ oder ϕ sind für uns gerade nicht relevant. Diese Lösung basiert auf Kugelkoordinaten. Die letzten beiden Angaben geben die Position auf einer Kugeloberfläche an. Wie auf der Erdoberfläche der Längen- und Breitengrad. Uns interessiert hier aber nur der Abstand, also der Radius dieser Kugeloberfläche und nicht die Position darauf. Bei der Gravitation ist die Wirkung zum Glück nur vom Abstand abhängig. Damit sind nur noch die ersten beiden Terme interessant.

Der erste Term ist die Zeitdimension. Das sieht man durch das dt^2 und dem Minus. Dieser Term wird aber mit ein c^2 multipliziert. Die Geschwindigkeit ist eine Länge durch Zeit und die Zeitdimension nur eine Zeit. Bleibt nach dem Kürzen nur noch eine Länge übrig. Die Zeitdimension wird in der mathematischen Betrachtung in eine Raumdimension umgewandelt. Es sind 4 Raumdimensionen. Wir bleiben bei der Bezeichnung aus den Lehrbüchern und sage trotzdem Zeitdimension. Das kleine r ist der Abstand von der Gravitationsquelle und das r_s ist der Schwarzschildradius. Der Ereignishorizont des Schwarzen Loches.

Der zweite Term ist der radiale Abstand zur Gravitationsquelle. Jetzt muss man kein mathematisches Genie sein, um zu erkennen, dass der zweite Term zum ersten Term der Kehrwert ist. Dies bedeutet, dass sich die Zeitdimension und die Raumdimension im gleichen Maße aber entgegengesetzt verhalten. Ist man von der Gravitationsquelle weit weg, dann ist der Abstand r von r_s groß und der Bruch $\frac{r_s}{r}$ geht in der Zeit- und Raumdimension gegen null. Damit steht in der Klammer eigentlich nur eine 1 und wir haben eine flache Raumzeit und keine Gravitation. Die Gravitation wird aber niemals exakt null. Das bedeutet für die Gravitation eine unendliche Reichweite. Nähert man sich r_s , dann geht der Bruch gegen 1. Beim Schwarzschildradius ist dieser exakt 1. Bei der Zeitdimension wird die Klammer zu null. Die Zeitdimension hat dann keine Ausdehnung/Länge mehr. Die Zeit steht für einen entfernten Beobachter still. Bei der radialen Raumdimension geht die Klammer auch gegen null. Es wird dann aber durch null dividiert und man erhält eine Singularität. Einen Wert von Unendlich oder besser nicht definiert. Das ist ein weiterer Nachteil der Schwarzschildmetrik. Bei anderen Metriken tritt diese Singularität am Ereignishorizont nicht auf. Man kann zeigen, dass dies nur eine Besonderheit dieser Metrik ist, ein mathematisches Artefakt. Da die Klammer bei der radialen Komponente im Nenner steht, geht die Ausdehnung/Länge vor dem Schwarzschildradius gegen Unendlich.

Spannt die Zeit- und die Raumdimension ein Rechteck auf passiert folgendes:

Abbildung 0-1: Raumzeit ohne Krümmung

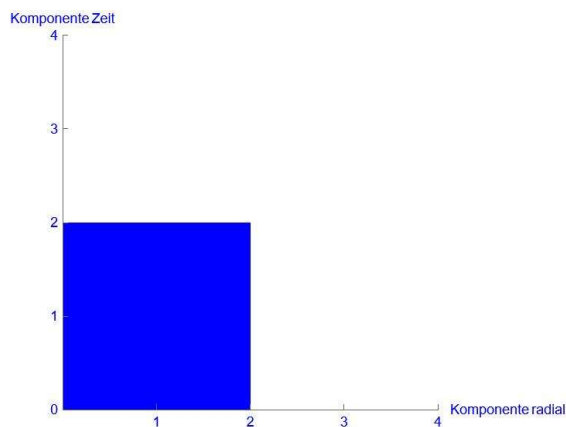
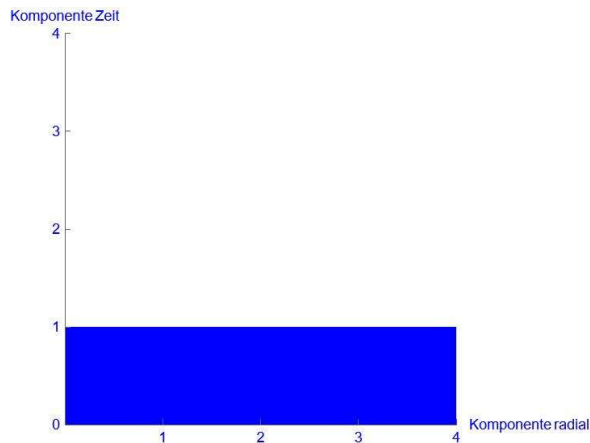


Abbildung 0-2: Raumzeit mit Krümmung



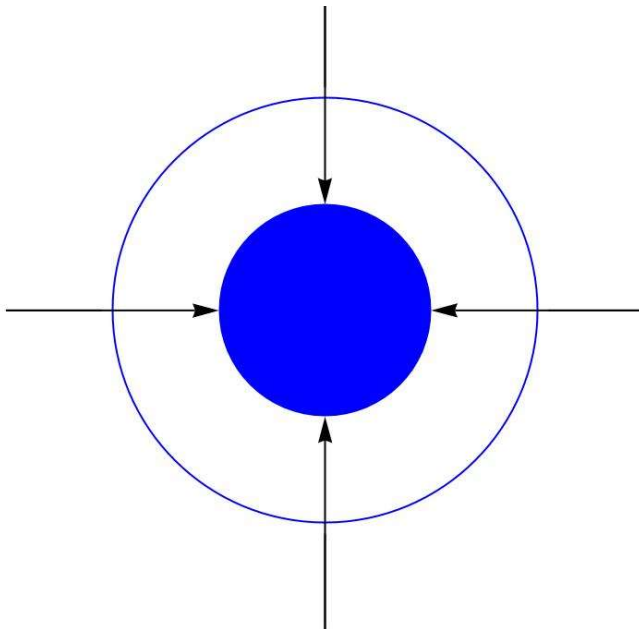
Die Zeitdimension wird kleiner und die Raumdimension im gleichen Maße größer. Das Entscheidende in der Betrachtung ist, dass der Flächeninhalt des Rechteckes sich nicht verändert. Halbiert sich die Zeit, verdoppelt sich die Länge => Identische Fläche. Diese Betrachtung der Raumzeitkrümmung reicht aus, damit wir unsere Verformung als Quelle der Raumzeitkrümmung, die Raumzeitdichte begründen können.

2.4.2 Warum eine Dichte?

Bleiben wir bei einem kugelsymmetrischen Beispiel. Wenn die radiale Raumkomponente in Richtung der Gravitationsquelle immer länger wird, wo geht dann diese zusätzliche Länge hin? Was man oft hört, ist: In die Raumzeitkrümmung. Wir wollen die Raumzeitkrümmung als Reaktion zur Raumzeitdichte beschreiben. Wir drehen daher die Argumentation um. Es ist einfacher, wenn wir annehmen, dass sich die Raumzeit der Gravitationsquelle mit irgendeiner Verformung verkürzt hat. Die Raumzeitkrümmung muss dies durch zusätzlich Länge ausgleichen.

Wenn man so will, füllt die Raumzeitkrümmung, wegen der Kontinuität der Raumzeit, die fehlende Ausdehnung der Raumzeit zur Raumzeitdichte auf.

Abbildung 0-3: Raumzeitkrümmung gleicht aus



Wir betrachten ein Raumzeitvolumen und haben noch die Kugelkoordinaten. Bei einem Raumzeitvolumen darf aber nicht nur eine Länge durch Verformung kürzer werden. Das gesamte Raumzeitvolumen der Gravitationsquelle muss kleiner werden. Wir gehen weiterhin vom identischen Verhalten der Raumzeit bei einer Verformung aus. Dann muss sich zu der radialen Raumdimension auch die Zeitdimension im gleichen Maße verändern. Hier nicht gegenläufig, sonst bekommen wir kein kleineres Volumen. In diesen Fall muss sich die Zeitdimension im gleichen Maße wie die Raumdimension verkürzen.

Abbildung 0-5: Raumzeit ohne Raumzeitdichte

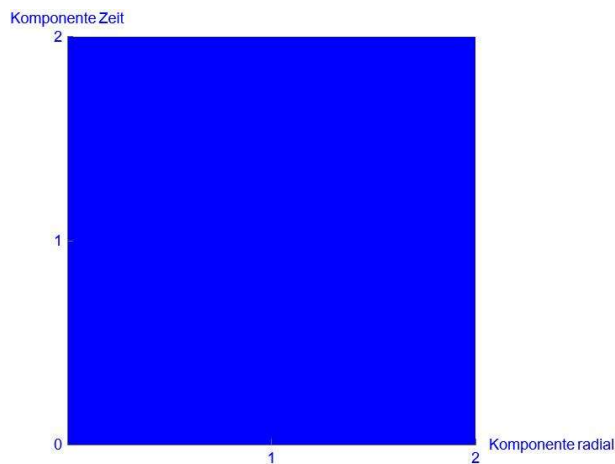
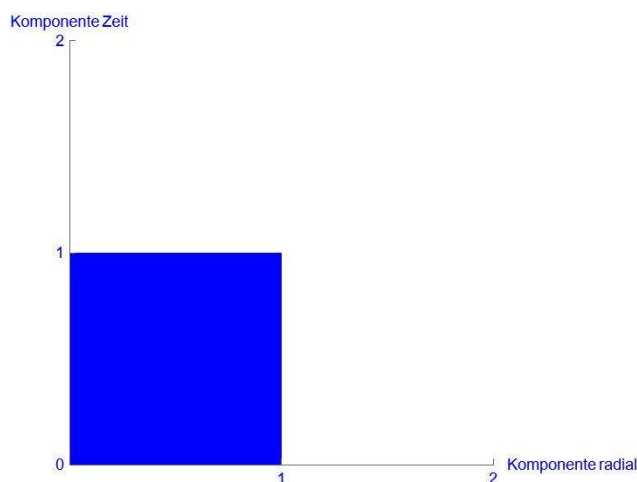


Abbildung 0-4: Raumzeit mit Raumzeitdichte



Die Verformung der Raumzeit für die Gravitationsquelle sieht wie eine „Dichte“ aus. Die vorher größere Fläche muss nun auf einer kleineren Fläche untergebracht werden.

Daher der Name: **Raumzeitdichte**

2.4.3 Was wird in einer Raumzeit dichter?

Wie muss man sich diese Dichte vorstellen? Bei einem Material, wie z.B. einen Schwamm, kann man diesen zusammenquetschen und eine Dichte sehr einfach erkennen. Passiert dies mit der Raumzeit so auch? Klares, nein! Bei einer Dichte nimmt man gerne die Analogie einer Substanz. In einer Substanz kann man die Dichte von außen erkennen und auch in der Substanz selbst feststellen. Wie bei dem Schwamm. Die Analogie Substanz ist wie das Wort Dichte. Mal passt es und dann wieder nicht. Genau hier passt weder Substanz noch Dichte zum umgangssprachlichen Gebrauch. Denn es wird nichts „gequetscht“. Wir haben in den Bildern oben einfach die Längen gekürzt. Das passiert nicht. Was wirklich passiert ist, dass sich die **Definition der Geometrie** verändert hat.

Der Umstand, dass sich die **Definition** der Raumzeitgeometrie verändert und nichts gezogen oder gequetscht wird, kann gar nicht oft genug erwähnt werden. Diese ist eine zentrale Stelle, für das Verständnis der DP. Wir zeichnen die zwei Bilder zur Raumzeitdichte nochmal mit den richtigen Einteilungen auf den Koordinaten. Dann sieht es so aus:

Abbildung 0-7: Raumzeitdichte ohne Dichte

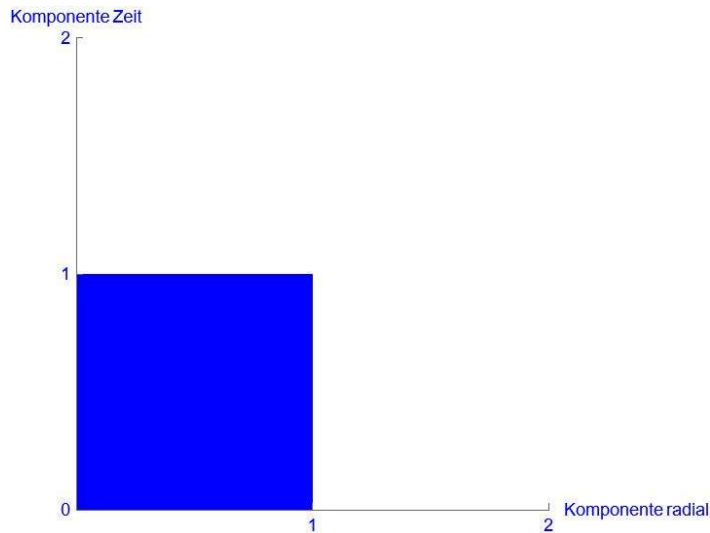
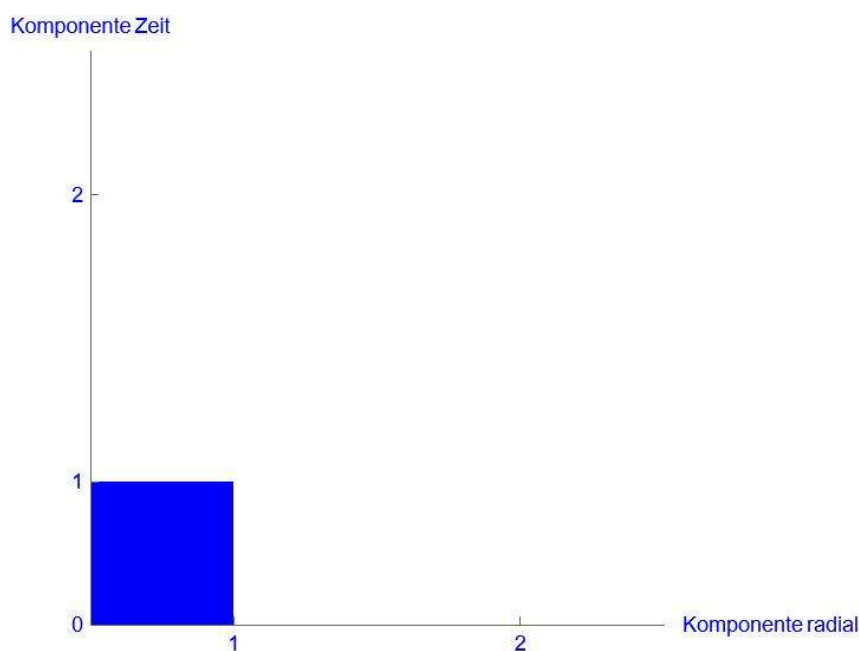


Abbildung 0-6: Raumzeit mit Dichte als Definition



Seht Ihr den Unterschied. Die Schrittweite einer Längeneinheit bleibt in beiden Bildern eine 1. Was sich hier wirklich verändert hat ist, wie für eine Raumdimension ein Meter und für die Zeitdimension eine Sekunde **definiert** ist. Dies nur innerhalb der Raumzeitdichte. Das bedeutet, dass man in jedem Rechteck die Fläche 1 hat. Lokal keine Veränderung. Nur im Vergleich zwischen den Rechtecken kann man erkennen, dass damit die **Definition** von Zeit und Länge unterschiedlich sein muss.

Die Raumzeitdichte ist eigentlich eine „**Dichte der Definition der Geometrie der Raumzeit**“ oder eine „**Dichte der Raumzeitdefinition**“. Das werden lange Bezeichnungen oder undurchsichtige Abkürzungen. Wir bleiben bei Raumzeitdichte.

Fünf Mal fettgedruckt „**Definition**“. Ich hoffe das hat sich eingeprägt. Es wird nichts verdichtet wie bei einer Substanz. In der Metrik der Raumzeit gibt es keine klassische Dehnung oder Dichte. Die Definition, was die Längeneinheit 1 Meter oder die Zeiteinheit 1 Sekunde ist, wird verändert. Diese kürzere Definition ist die höhere Dichte. Nur mit der Sichtweise über die Definition können wir später ein Relativitätsprinzip aufbauen und die wichtige Schlussfolgerung der „Grenzen der Raumzeit“ herleiten.

Wir können diesen auch beim Schwamm machen.

Abbildung 0-8: Schwamm als Objekt mit einer normalen Dichte



Abbildung 0-9: Schwamm als Objekt mit einer erhöhten Dichte

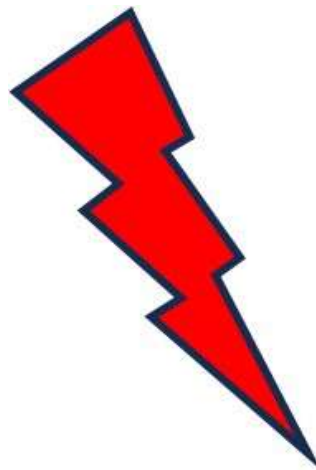


Abbildung 0-10: Längendefinition auf einem Schwamm



Abbildung 0-11: Erhöhte Längendefinition auf einen Schwamm



Das eben gesagte zur Raumzeitdicke gilt auch für die Raumzeitkrümmung. Hier die Raumzeitkrümmung mit den richtigen Einteilungen bei der Zeichnung

Abbildung 0-13: Raumzeit ohne Krümmung

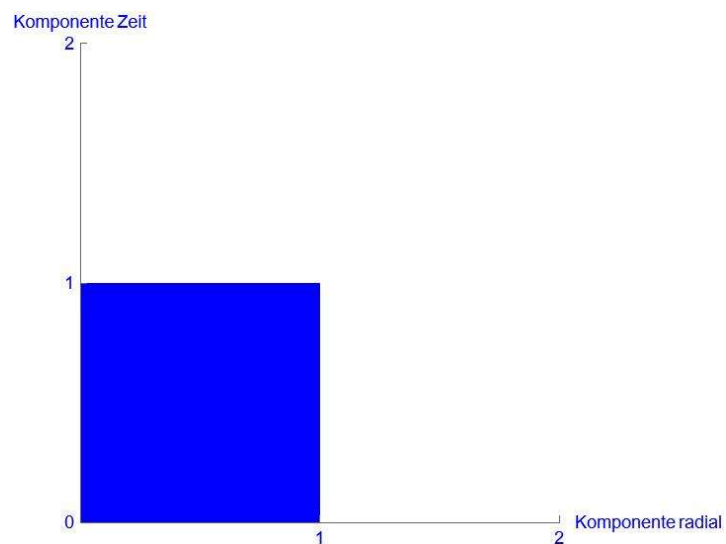
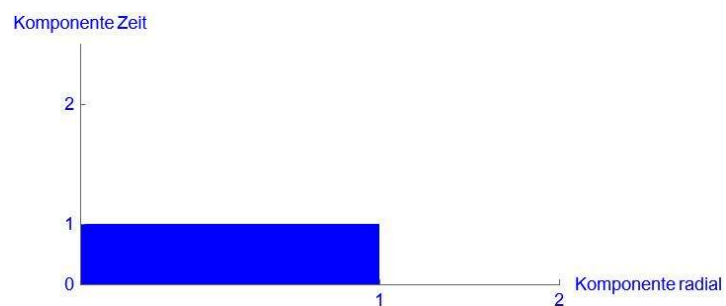
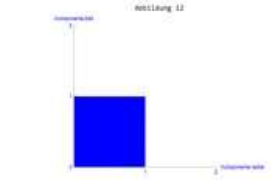


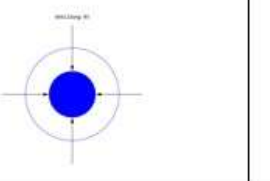
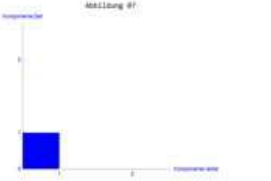


Abbildung 0-12: Raumzeitdicke mit passenden Maßeinheiten



Es gibt noch mehr Namen zu definieren. In der SRT ist man bei den einzelnen Komponenten auf Längenkontraktion und Zeitdilatation gekommen. Diese Bezeichnungen benutzen wir genau so weiter. Für die Raumzeitdichte auf der Zeitdimension die Zeitdilatation und auf der Raumdimension die Längenkontraktion. Bei der Raumzeitkrümmung wird die Zeitdimension auch kleiner definiert, damit ist dies eine Zeitdilatation. Für die Veränderung der Raumdimension bei der Raumzeitkrümmung gibt es aber keine separate Bezeichnung. Hier wird dann oft direkt der Begriff Raumzeitkrümmung benutzt. Raumzeitdichte und Raumzeitkrümmung verwenden wir ab jetzt nur noch für das Verhalten der gesamten Raumzeit. Damit wir in der gleichen Syntax bleiben, werden wir für die Veränderung auf der Raumdimension bei der Raumzeitkrümmung den Begriff Längenrelaxation benutzen.

Abbildung 0-14: Übersicht der Raumzeitverformungen

ART aus Sicht der DP		
$G_{\mu\nu} = k * T_{\mu\nu}$		
Verformung	= Alles ist Raumzeit	= Verformung
Homogene Raumzeit		Homogene Raumzeit
		
Raumzeitkrümmung Zeitdilatation Längenrelaxation		Raumzeitdichte Zeitdilatation Längenkontraktion
		
Keine Veränderung der Raumzeitdichte inhomogen		Veränderung der Raumzeitdichte homogen

2.4.4 Kleiner philosophischer Einschub

Jedes Individuum, ein Planet oder auch jedes einzelne Elementarteilchen sind eine Raumzeitdichte in nur einem einzigen Objekt, der Raumzeit. Diese ist kontinuierlich. Es gibt keine Grenzen innerhalb einer Raumzeit. Laut der DP sind wir alle zusammen und physikalisch vollkommen korrekt nur unterschiedliche Raumzeitdichten eine einzige Raumzeit. Damit stellt dieser Ansatz den wohl stärksten kollektiven Gedanken dar, denn wir ansetzen können.

Die QM wird dazu eine etwas andere Meinung haben. Für die ART stimmt dies aber zu 100%. Diesen kollektiven Gedanken sollten wir immer im Kopf haben, wenn wir Umgang mit anderen Individuen haben. Laut der DP ist dies immer ein Umgang mit uns selbst. Der Gedanke ist genauso schön wie auch erschreckend.

2.5 Erste Prüfung

Am Ende dieses Kapitels wollen wir unsere Annahme der Raumzeitdichte auf hoher Flugebene prüfen. Wir müssen nur auf Grund der Geometrie das Verhalten der ART erklären können. Die Mathematik, das Wie wird nicht geändert. Unser Ziel ist es das Warum zur Mathematik erklären zu können. Die Annahmen, welche zur SRT und ART führten, Relativitätsprinzip, Lichtgeschwindigkeit und das Äquivalenzprinzip werden in separaten Kapiteln besprochen. Das wird die eigentliche Prüfung werden. Diese Annahmen müssen wir aus unserem Ansatz heraus erzeugen können. Diese können wir nicht wieder verwenden, sonst erhalten wir einen Ringschluss. Der Startpunkt war bereits die ART. Gehen wir einige Punkte durch.

2.5.1 Ausrichtung der Gravitation

Die Raumzeitkrümmung ist bei uns die Reaktion der Raumzeit auf die Raumzeitdichte. Da sich die Raumzeitdichte „zusammenzieht“, muss die Raumzeit als Kontinuum dies ausgleichen. Die Raumzeitkrümmung muss sich zwingend in Richtung der Raumzeitdichte ausrichten. Die Raumzeitdichte hat im ersten Ansatz keine Richtung. Eine Dichte kann gleichverteilt über das Volumen beschrieben werden. Damit ist die Raumzeitkrümmung eine vektorielle Größe und die Raumzeitdichte eine skalare Größe. Im nächsten Kapitel werden wir noch herleiten, dass eine Raumzeitdichte skalar und vektoriell sein kann.

2.5.2 Gegenseitige Aufhebung

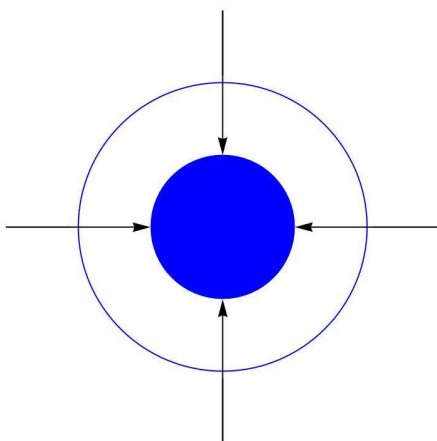
Wir können die Formel der Feldgleichungen umstellen. Wir bringen den Einstein-Tensor auf die gleiche Seite wie der Energie-Impuls-Tensor. Diese Umformung ist für jede beliebige Gleichung erlaubt.

$$0 = k * T_{\mu\nu} - G_{\mu\nu}$$

Jetzt müssen sich die Raumzeitdichte und die Raumzeitkrümmung gegenseitig aufheben. Ein Vorzeichenwechsel für eine geometrische Abbildung ist immer ein Richtungswechsel. Damit zieht nun die Raumkrümmung von der Raumzeitdichte weg. Die Raumzeitdichte wird nun durch die Raumzeitkrümmung „auseinandergezogen“. Dies ist für die Raumzeit in Summe keine Veränderung, also gleich null.

2.5.3 Unendliche Reichweite und Abfall mit r^2

Dazu holen wir uns nochmal die Abbildung 2-3. Das Bild gut einprägen, wir brauchen es noch öfters.



Wir sehen, dass die Raumzeitkrümmung die Raumzeit zur Raumzeitdichte hin verformt. Damit muss die Raumzeit außerhalb des Ringes in Richtung Raumzeitdichte verformt werden. Die Raumzeit ist ein Kontinuum und darf nicht „reißen“.

Verformt sich etwas in eine Richtung, dann muss der Nachbarbereich sich auch in diese Richtung verformen. Dann muss wieder der Nachbarbereich des Nachbarbereichs sich verformen usw. Daher muss die Raumzeitkrümmung eine unendliche Reichweite aufweisen.

Die Wirkung der Gravitation fällt mit der Entfernung ab. Diese muss stärker als linear abfallen. Mit der Entfernung, von einer Raumzeitdichte weg, kann die Raumzeitkrümmung auf ein immer größer werdendes Raumzeitvolumen zugreifen, dass sich mit verformen muss. Daher muss die Abschwächung in unserer 3D Raumzeit mit dem Abstandsquadrat erfolgen. In der entgegengesetzten Richtung der Gravitation (von der Raumzeitdichte weg) kommt auf eine Raumdimension 1D ein Zuwachs an Volumen um zwei Raumdimensionen dazu. Wenn wir den blauen Ring als Kugelschale in 3D betrachten, dann können wir immer weitere größere Kugelschalen um die Raumzeitdichte legen. Der Abstand r der Kugeloberfläche, auf welcher die Gravitation wirkt, wächst linear. Die Fläche selbst wächst aber mit r^2 . Die Raumzeitkrümmung kann sich mit der Entfernung von Punkt zu Punkt zum Ausgleich einer immer größer werdenden Fläche bedienen. Damit muss diese wachsende Fläche immer weniger dagegen steuern und die Raumzeitkrümmung fällt mit r^2 ab.

2.5.4 Raumzeitkrümmung ohne Veränderung der Dichte

Wir bleiben weiter bei der Abbildung 2-3. Wir können sehen, dass die Raumzeit zur Raumzeitdichte mit der Raumzeitkrümmung „nachschieben“ muss. Die Raumzeit muss hier ausgleichen. Dann macht für die Raumzeit nur Sinn, wenn das Nachschieben durch die Raumzeitkrümmung so gemacht wird, dass sich bis zur Gravitationsquelle hin die Raumzeitdichte der umgebenden Raumzeit durch die Raumzeitkrümmung nicht verändert. Die Raumzeitkrümmung muss daher eine Verformung der Raumzeit sein, welche selbst keine Veränderung der Raumzeitdichte erzeugt. Auch die „leere“ Raumzeit ohne ein Teilchen ist eine Raumzeit und hat daher eine Raumzeitdichte. Aus dem Ansatz mit der Raumzeitdichte heraus muss die Raumzeitkrümmung das bekannte Verhalten zeigen. Die Fläche der Raumzeit verändert sich nicht und die Raumzeitdichte bei der Raumzeitkrümmung verändert sich damit auch nicht.

2.5.5 Keine Auflösung der Raumzeitdichte

Wir bleiben weiter bei der Abbildung 2-3. Wir können sehen, dass die Raumzeit zur Raumzeitdichte mit der Raumzeitkrümmung „nachschieben“ muss. Die Raumzeit muss hier ausgleichen. Richtig! Der Anfang wiederholt sich. Das ist kein Fehler. Die Aussagen brauchen wir hier nochmal.

Die Raumzeitkrümmung muss die Lücke zwischen Ring und Scheibe ausgleichen. Das bedeutet aber auch, dass die Raumzeitkrümmung explizit nicht in die Raumzeitdichte hinein ausgleichen darf. Für die Raumzeitkrümmung ist an der Grenze der Raumzeitdichte das Ende erreicht. In der Raumzeitdichte ist schon zu viel Raumzeit vorhanden. Da darf die Raumzeitkrümmung nicht hineinreichen und das Problem verschlimmern.

Wichtig! Die Raumzeitkrümmung ist nicht dazu da, die Raumzeitdichte auf null zu setzen. Diese muss auf Grund der Kontinuität der Raumzeit die fehlende Länge bis zur Raumzeitdichte hin ausgleichen. Die Raumzeitkrümmung soll die Raumzeitdichte nicht auflösen. Für die Raumzeitkrümmung ist nur die Menge an Raumzeitdichte interessant, da durch eine größere Raumzeitdichte eine größere Lücke ausgeglichen werden muss. Ob die Raumzeitdichte einen „inneren“ Aufbau besitzt, ist für die Raumzeitkrümmung und damit für die ART vollkommen egal. Die QM wird dann genau diesen „inneren“ Aufbau beschreiben.

Die Raumzeitkrümmung ist ein Ausgleich einer „Raumzeitlücke“, hervorgerufen durch die Raumzeitdichte. Die Raumzeitdichte selbst wird durch die Raumzeitkrümmung nicht verändert. Die Raumzeitkrümmung endet an der Grenze der Raumzeitdichte. Hier kann man schon erkennen, wie wir später die Singularität in der ART loswerden. Eine Raumzeitdichte ohne ein

Raumzeitvolumen macht wenig Sinn. Kein Volumen, keine Dichte, keine Gravitation damit keine Singularität auf Grund der Gravitation. Wir werden die mathematische Abstraktion eines Punktes und damit die Singularität im Kapitel 3 „Grenzen der Raumzeit“ ausführlich besprechen.

2.5.6 ART nicht linear vs. QFT linear

Wir bleiben weiter bei der Abbildung 2-3. Wir können sehen, dass die Raumzeit zur Raumzeitdichte mit der Raumzeitkrümmung „nachschieben“ muss. Die Raumzeit muss hier ausgleichen. Ja, nochmal!

Was wir auch noch erkennen können, ist, dass sich die Raumzeit im Kreis durch höhere Raumzeitdichte, auf die Scheibe verdichtet hat. Die Raumzeitdichte in der Scheibe ist für die ART egal. Die Menge an Raumzeitdichte bestimmt die Größe der Scheibe und dies interessiert die Raumzeitkrümmung. Damit kann die Raumzeitdichte in der Scheibe gleichverteilt angenommen werden. Die Beschreibung der Raumzeitdichte kann dadurch in einer linearen Beschreibung erfolgen. Das wird einer der Gründe werden, warum man die QM linear beschreiben kann.

Bei der ART ist dies nicht der Fall. Die Raumzeitkrümmung verändert bei sich selbst die Raumzeitdichte nicht. Wie wir aber sehen, „schiebt“ die Raumzeit durch Raumzeitkrümmung weitere Raumzeit zur Raumzeitdichte hin nach. Das bedeutet, dass sich durch die Raumzeitkrümmung im Kreis die Raumzeitdichte wieder etwas erhöht hat. Damit haben wir einen selbstverstärkenden Effekt. Die mathematische Beschreibung der ART darf auf keinen Fall linear ausfallen.

Der Wunsch aller Physiker ist, dass sich bei einer Vereinigung der ART mit der QM, aus einem Ansatz der QM heraus, die ART evtl. auch linear beschreiben lässt. Lineare Beschreibungen lassen sich einfacher lösen. Bei der QM ist die Beschreibung linear aber von Grund auf extrem kompliziert. Nur weil dies eine lineare Beschreibung ist, lässt sich darin überhaupt irgendetwas berechnen. Die Beschreibung der ART ist nicht so kompliziert und mathematisch sehr gut verstanden. Die ART ist aber leider nicht linear. Somit sind in beiden Bereichen die Supercomputer damit beschäftigt Näherungslösungen zu berechnen.

2.5.7 Bindungsenergie

Zum Abschluss wählen wir noch ein Thema aus, dass nicht zur ART gehört. Wir wollen sehen, dass der Ansatz mit Raumzeitdichte auch in anderen Bereichen der Physik trägt. Dafür wählen wir etwas aus, dass es in vielen verschiedenen Formen gibt. Wir wollen ein großes Spektrum abdecken. Zusätzlich wählen wir etwas aus, wo niemand ein Problem sieht. Die Sichtweise in der Physik soll sich grundlegend ändern. Damit sind auch Bereiche gemeint, die man vermeintlich als „Verstanden“ abgehakt hat. Die Wahl ist auf die Bindungsenergie gefallen.

Die Bindungsenergie gibt es im Atomkern, der Atomhülle, zwischen Atomen oder Molekülen. Sogar die Abgabe von Energie, bei der Verschmelzung von zwei Schwarzen Löchern, kann nach diesem Schema erklärt werden. Das Gesamtgebilde hat zusammen weniger Energie als die Einzelteile vor der Bindung. Wir nehmen hier als Beispiel die Fusion von Wasserstoff zu Helium. Es gibt mehrere Prozesse in der Sonne, wie sich Wasserstoff zu Helium verwandelt. Wir vereinfachen den Prozess sehr stark. Das ist für unsere Zwecke ausreichend.

Wir gehen davon aus, dass sich Wasserstoff H_1 in Wasserstoff H_3 verwandelt und dieser dann zu Helium He_4 fusioniert. Dabei interessiert uns eigentlich nur das Endergebnis, der Heliumkern.

Die QM rechnet uns exakt aus, mit welcher Wahrscheinlichkeit diese Fusion stattfindet und welche Energie dabei freigesetzt werden muss. In welcher Form die Energie abgegeben wird ist hier nicht relevant. Wir starten unser Fragespiel: Warum? Dann erhält man oft zwei Antworten.

- Systeme mit weniger Energie sind stabiler und alle Systeme wollen auf ein stabiles und damit niedriges Energieniveau.
- Die QM bestimmt mit ihren Berechnungen, dass dies so passieren, muss.

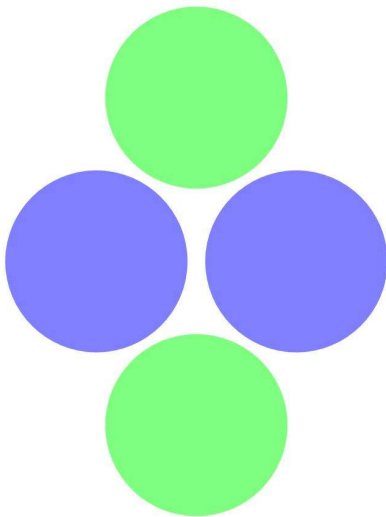
Leider sind dies keine Antworten auf die Frage. Warum ein stabile Energieniveaus, Entropie? Das Fragespiel kann man hier lange betreiben. Für uns wichtig:

Mathematik ist für die Physik, durch ein passendes Modell, eine konsistente Beschreibung der Natur. Mit diesem Modell können wir Untersuchungen machen und Vermutungen anstellen. **Die Mathematik wird aber niemals in der realen Natur etwas erzeugen oder erzwingen!** Das Warum muss diese Frage klären und die Modellbeschreibung kann dann ein passendes Wie dazugeben.

Wie wollen wir dies mit Raumzeitdichte erklären. Die zwei H_2 Bausteine müssen für eine Bindung eine räumliche Nähe haben. Bindung funktioniert nur bei einer räumlichen Nähe. In diesen Fall müssen sich die zwei Bausteine so nahekomen, dass die starke Kernkraft eine Wirkung erzeugen kann. Der genaue Ablauf welche Nukleonen miteinander reagieren dürfen, klären wir später in der QM.

Hier geht es darum, dass im Endergebnis 2 Protonen und 2 Neutronen einen Heliumkern bilden. Für die Darstellung nimmt man in den Lehrbüchern oft eine Kugel je Nukleon. Das versuchen wir hier auch. Das ein Proton oder ein Neutron selbst wieder zusammengesetzte Systeme sind blenden wir hier aus.

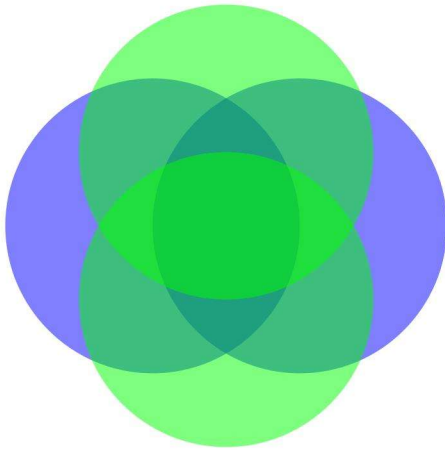
Abbildung 0-15: Nukleonen getrennt in einem Atomkern



Jetzt wissen wir, dass der Heliumkern so auf keinen Fall aussieht. Experimente haben ergeben, dass ein Atomkern eher wie eine einzige Kugel mit Ausbeulungen aussehen muss. Die Berechnungen der QM bestätigt dies. Wie kommen wir von 4 einzelne Nukleonen auf eine Kugel, welche nicht sehr viel größer sein soll als die einzelnen Nukleonen? Zum Glück haben wir unsere Raumzeitdichte.

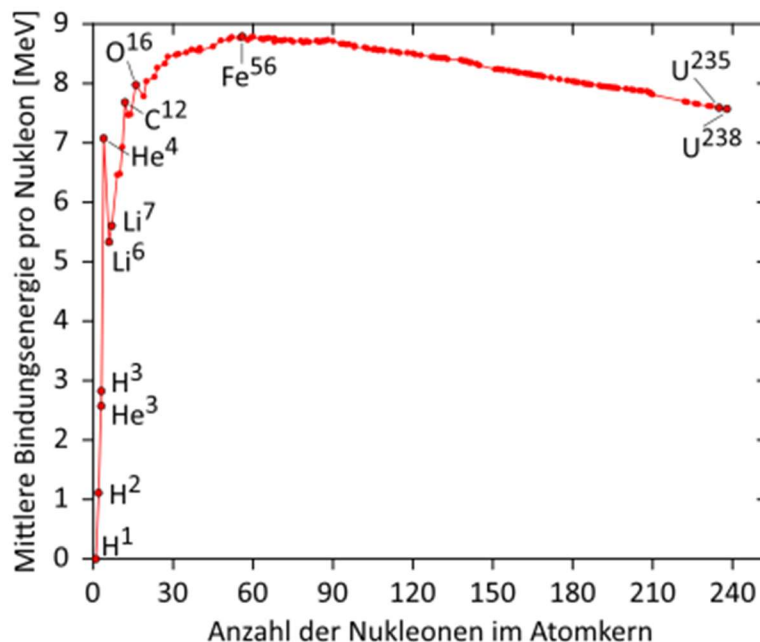
Eine Raumzeitdichte ist kein Gebilde mit einer abgeschlossenen Grenze. Alles ist Raumzeit. Damit können sich einzelne Raumzeitdichte überlagern. Daher funktionieren Bindungen immer nur ab einer gewissen räumlichen Nähe. Für uns sieht der Heliumkern eher so aus.

Abbildung 0-16: Nukleonen überlagern sich in einem Atomkern



Die einzelnen Nukleonen sind eine Raumzeitdichte. Eine Raumzeitdichte kann sich überlagern. Jedes einzelne Nukleon hat mit der Überlagerung **zu viel Raumzeitdichte**, um ein Proton oder Neutron zu sein. Damit die Nukleonen auf ihrem Niveau der Raumzeitdichte bleiben können, muss ein Teil der Raumzeitdichte weg. Es ist zu viel da! Die Nukleonen wollen nicht auf ein niedrigeres Energieniveau. Die Nukleonen müssen auf ihrem festgelegten Energieniveau bleiben. Wollen wir diesen Kern in seine Bestandteile zerlegen, so müssen wir die fehlende Raumzeitdichte wieder zuführen. Damit erklärt der Ansatz mit einer Raumzeitdichte die Bindungsenergie sehr einfach. Zur Bindungsenergie gibt es eine kleine Übersicht.

Abbildung 0-17: Bindungsenergie / Quellenverweis: <https://lp.uni-goettingen.de/get/text/6933>



Wie wir sehen können, steigt die Bindungsenergie bei wenigen Nukleonen sehr stark an. Das macht Sinn, da an Anfang mit jedem einzelnen Nukleon eine neue große Schnittmenge der Raumzeitdichte erzeugt wird. Je mehr Nukleonen bereits im Atomkern vorhanden sind, umso geringer fällt die neue Schnittmenge zwischen den Raumzeitdichten aus.

Bei einer bestimmten Anzahl an Nukleonen kann die Bindungsenergie wieder abfallen. Die Abstoßung durch die Ladung sorgt dafür, dass sich die Nukleonen nicht beliebig überlagern können. Daher kann es durch die Geometrie der Überlagerung auch weniger Bindungsenergie geben, wenn ein neues Nukleon dazukommt. Bei Eisen Fe_{56} ist dann Schluss. Jedes neue Nukleon verursacht durch die Veränderung der Schnittmengen zwischen den Raumzeitdichten eine geringere Schnittmenge.

Zusätzlich gibt es sogenannte „magische Zahlen“ 2, 8, 20, 28, 50 und 82. Diese Anzahl an Nukleonen scheint eine sehr stabile Bindung zu haben. Laut QM ergibt sich, bei der „Deformation“ des Atomkerns, bei diesen Zahlen eine fast exakte Kugel, für den gesamten Atomkern. Eine glatte Kugel als Ganzes hat die höchstmögliche Schnittmenge der Nukleonen.

Wie wir sehen, können wir mit dem Ansatz einer Raumzeitdichte auch in Bereichen außerhalb der ART das Warum erklären. Damit schließen wir dieses Kapitel und schauen uns im nächsten Kapitel die wichtigste Schlussfolgerung aus der Raumzeitdichte an, eine Raumzeit besitzt Grenzen. In diesem neuen Kapitel wird die Raumzeitdichte mit der Idee der Raumzeitgrenze weiter definiert. Damit sind wir noch nicht fertig.

3 Grenzen der Raumzeit (Raumzeitstruktur)

In diesem Kapitel werden wir die wichtigste Schlussfolgerung aus der Annahme der Raumzeitdichte herleiten. Unsere und jede andere Raumzeit besitzt Grenzen. Aus den Grenzen leiten wir ab, dass es unendlich viele Raumzeiten in verschiedenen Konfigurationen gibt. Auch die Definition der Raumzeitdichte erfährt hier eine exakte Beschreibung. Das Thema kann gar nicht hoch genug bewertet werden. Die gesamte Kosmologie und QM hängt von diesem Thema ab. Ohne das Verständnis zu den Grenzen der Raumzeit brauchen wir die weiteren Kapitel gar nicht anfangen. Daher dieses Kapitel lesen, wenn Zeit und Ruhe vorhanden sind. Die weiteren Zutaten nach Zeit und Ruhe, sollen hier jedem selbst überlassen sein. Mein Vorschlag sind Gummibärchen und ein Gläschen Wein. Das Kapitel evtl. doppelt lesen, bis die Grundlagen sitzen.

3.1 Was aus der Raumzeitgrenze alles hervorgeht

Bevor wir alle Punkte in Detail durchgehen, kommt hier eine Übersicht, was wir alles besprechen müssen. An der Anzahl und Wichtigkeit der Punkte könnt Ihr bereits die hohe Priorität der Raumzeitgrenzen erkennen:

- Die Grenzen der Raumzeit haben nichts mit einer Länge oder einem Volumen zu tun. Die Grenzen liegen in der Struktur der Raumzeit.
- Es gibt eine niederdimensionale Grenze mit der Lichtgeschwindigkeit. Auf Grund bestimmter Teilchen wie z.B. eines Photons können wir festlegen, dass es niederdimensionale Raumzeiten gibt.
- Wir können die Raumzeitdichte nur im Zusammenhang mit den Grenzen sauber definieren. Die Raumzeitdichte wird dann die Geometrie, die Energie und den Bewegungszustand der Raumzeit darstellen.
- Es gibt eine höherdimensionale Grenze mit der Bedingung für die Bildung eines Schwarzen Loches. Da es in unserer Raumzeit Schwarze Löcher gibt, können wir festlegen, dass wir in mind. einer höherdimensionalen Raumzeit eingebettet sind. Damit lässt sich beschreiben, was ein Schwarzes Loch tatsächlich ist. Vorab eine schonungslose Aussage: In einem Schwarzen Loch hat die QM keine Relevanz, da sich die QM über die niederdimensionale Grenze abbildet.
- Wir können feststellen, dass es innerhalb einer einzigen Raumzeit weder den Wert null noch den Wert unendlich geben kann. Damit wird es innerhalb der ART keine Singularität mehr geben.
- Wir können den Grund für die Existenz von Naturkonstanten herleiten. Dabei werden wir feststellen, dass die Gravitationskonstante eine Kombination von anderen Naturkonstanten ist. Diese sind die Grenzen der Raumzeit.
- Die Grenzen der Raumzeit sind extrem „stur“ und lassen nur einen sehr geringen Austausch an Informationen zu:
 - Über die Grenzen der Raumzeit hinweg können wir keine normalen Geometrien erkennen und müssen dann auf Begriffe wie z.B. Ladung zurückgreifen.
 - Über die Grenzen der Raumzeit hinweg gibt es keine gemeinsame Zeitdimension.
 - Über die Grenzen der Raumzeit geht keine Energie. Es wird eine „Sonderform“ der Energie benötigt, die Masse.
 - Alle Veränderungen aus einem niederdimensionalen Vorgang unterliegen auf Grund der Grenze einem Wirkungsquantum.
- Wir können der Zeit eine sauber definierte Bedeutung geben.
- Wir können beschreiben, was Ruhemasse ist.

- Beide Grenzen ergeben den Aufbau der Kosmologie und der QM. Auch wenn die QM über die niederdimensionale Grenze abgebildet wird, spielt in der QM die höherdimensionale Grenze eine wichtige Rolle. Irgendwie müssen wir den Sprung von einer niederdimensionalen Abbildung wieder in unsere Raumzeit schaffen. Das macht aus einer niederdimensionalen Raumzeit heraus fast immer die dort gültige höherdimensionale Grenze.
- Aus der Sicht der DP kann ein sehr großer Teil andere alternativen Theorien wie z.B. die Stringtheorie nicht funktionieren.

Mache Punkte werden evtl. nicht zu 100% komplett ausgearbeitet. Dann werden diese bei den jeweiligen speziellen Themen wieder aufgegriffen. Hier geht es hauptsächlich um die Struktur der Raumzeiten. Insbesondere das Zusammenspiel von unterschiedlichen Raumzeitkonfigurationen wird in der Kosmologie und in der QM beschreiben.

3.2 Raumzeit mit einer Grenze

Wie kommen wir auf die Idee, dass die Raumzeit eine Grenze besitzt? Zurzeit, das ist das Jahr 2026, gilt diese Frage in der Lehrbuchphysik als nicht entschieden. Aus unserer Alltagserfahrung heraus hat, absolut jedes Objekt, eine begrenzte Ausdehnung. Irgendwann hört ein Objekt auf und es gibt dann einen weiteren umschließenden Raum für das Objekt.

Bei der Raumzeit ist die nicht der Fall. Der Grund ist einfach. Die Raumzeit definiert was eine Länge oder eine Zeit ist. Das war unser Ansatz für die Raumzeitdichte. Damit gibt es außerhalb einer Raumzeit keine gültige Definition eines Abstandes oder einer Zeit. Diese Definition existiert immer nur innerhalb einer Raumzeit. Die Definition kann in verschiedenen Raumzeitkonfigurationen unterschiedlich ausfallen, aber ohne eine Raumzeit keine Definition von Raum und Zeit. Wie wollen wir dann die Grenze der Raumzeit festlegen, wenn es keinen weitere umgebende Raumzeit gibt und damit kein „Außerhalb“ der Raumzeit.

Eine mögliche Lösung: Da sind evtl. noch andere Raumzeiten, in der unsere Raumzeit eingebettet ist. Wir werden in diesem Kapitel lernen, dass dies tatsächlich so ist. Diese Umgebung wird uns aber, für die Angabe eines Abstandes oder der Zeit außerhalb unserer Raumzeit, überhaupt nichts nützt. Eine Raumzeit definiert die Länge und die Zeit nur für sich selbst. Von Newton zu Einstein wurde Raum und Zeit von getrennten Objekten mit absoluten Angaben zu einem einzigen Objekt mit dynamischen Verhalten von Raum und Zeit. Wir gehen noch einen Schritt weiter und werden die Definition von Raum und Zeit in jeder Raumzeit separat haben. Damit dürfen wir nun nicht mehr annehmen, dass unsere Raumzeit in irgendeiner anderen Raumzeit einen Abstand oder eine Zeit definiert. Nochmal, jede Raumzeit ist ein eigenes separates Objekt, welches nur für sich eine Länge und eine Zeit definiert. Dies wird eine der wichtigsten Aussagen zu diesem Kapitel. Das bedeutet, dass wir mit einer Angabe von Länge, Volumen oder Abstand, aus der Raumzeit heraus keine Grenze setzen können. Wir brauchen eine andere Idee.

Wenn wir die Raumzeit als solche untersuchen wollen, dann können wir uns am besten die Verformungen der Raumzeit ansehen. Wie bei den Annahmen schon angedeutet, können wir letztendlich nichts anderes erkennen. Wie gehen wir vor? Wir haben die Raumzeitdichte neu ins Spiel gebracht, dann schauen wir uns diese doch mal bei Ihren extremen Werten an. Für neue Objekte wie die Raumzeitdichte, ist es immer eine gute Idee, diese Objekte in Ihren Extremen zu untersuchen.

3.2.1 Raumzeitdichte gegen null

Wir wollen die Raumzeitdichte gegen null gehen lassen. Dafür müssen die Zeit- und Raumdimension ihre Definition von Länge und Zeit gegen unendlich gehen lassen. Zeitrelaxation und Längenrelaxation. Diese Namen hatten wir so festgelegt. Diese „Gegenverformung“ zur Raumzeitdichte wird im Kapitel zur Kosmologie nochmals wichtig. Das wird unsere Expansion der Raumzeit (nicht nur des Raumes) ergeben.

Wir erhalten keine Grenze. Die Raumzeitdichte nimmt ab, wird aber niemals null werden. Das klären wir noch genauer in einem späteren Abschnitt. Entscheidend für uns hier ist, dass die Raumzeit in diesem Fall keine Grenze besitzt. Wenn uns dieser Weg nichts bringt, dann versuchen wir eben das Gegenteil.

3.2.2 Raumzeitdichte gegen unendlich

Die Zeit- und Raumdimension gehen bei höherer Energie mit ihren Definitionen identisch gegen null. Damit wird die Raumzeitdichte immer größer und geht gegen unendlich. Wenn beide Dimensionen linear gegen null gehen, muss der Anstieg der Raumzeitdichte, mindestens quadratisch ausfallen. Es muss aber die bereits größere Raumzeitdichte immer weiter verdichtet werden. Daher ist der Anstieg der Raumzeitdichte, bei linearer Zeitdilatation und Längenkontraktion sogar exponentiell. Die Raumzeitdichte ist die Energie. Das ist durch unseren Ansatz (Quelle der Gravitation) explizit so festgelegt worden. Damit wird bei einer linearen Erhöhung der Energie der Anstieg der Raumzeitdichte immer weniger werden. Der Anteil an der Erhöhung der

Gesamtenergie, nimmt durch die gleiche Menge an Energie immer weiter ab. Daher muss für einen linearen Anstieg der Raumkontraktion und Zeitdilatation eine exponentiell wachsende Energiemenge aufgebracht werden.

Zusätzlich muss es für das „kleiner werden“ der Zeit- und Raumdimension eine nicht überschreitbare Grenze geben. Wenn wir bei den Definitionen der Dimensionen bei null angelangt sind, ist Schluss. Weiter kann es nicht gehen. Vor dieser Grenze muss die Raumzeitdichte gegen unendlich gehen. Zusätzlich kann eine Raumzeitdichte, die alle Raumdimensionen belegt, nicht auf einmal eine Raumdimension verlieren. Diese ist in der Raumzeit vorhanden. Es muss in der Belegung der Raumdimensionen („innerer Aufbau“/QM) bereits festgelegt sein, ob diese Grenze erreichbar ist oder nicht.

Damit können wir eine Grenze erhalten. Diese hat ein sehr eigenartiges Verhalten. Die Grenze ist nur erreichbar, wenn mindestens eine Raumdimension und die Zeitdimension bereits von Anfang an bei der Raumzeitdichte nicht belegt ist. Sind alle Raumdimensionen belegt, kann weder die Raumdimension noch die Zeitdimension diese Grenze erreichen. Das ist ein sehr strikter Schalter für das Erreichen dieser Raumzeitgrenze.

Was wir brauchen, ist nun klar. Eine absolute Grenze innerhalb der Raumzeit, welche von bestimmten Objekten nicht erreicht werden kann und für Objekte, welche auf dieser Grenze liegen, die Existenzbedingung ist. Wir brauchen eine Zeitdilatation gegen null und eine Längenkontraktion gegen null. Das kennen wir doch, genau die Lichtgeschwindigkeit. Daher ist die Lichtgeschwindigkeit, als Grenze der Raumzeit, eine Veränderung der Struktur innerhalb der Raumzeit. Jeder Raumzeitpunkt kann diese Grenze erfahren. Dieser muss nicht an einem Rand liegen. Einen Rand, wie bei einem normalen Objekt des Alltages, gibt es in der Raumzeit nicht. Nehmen wir eine Raumdimension weg, dann müssen wir uns wohl auf der niederdimensionalen Grenze der Raumzeit befinden. Natürlich ist dann auch die Zeitdimension auf null. Wenn wir die Raumzeit als ein einziges Objekt identifizieren wollen, dann dürfen wir beim Verlassen der Raumzeit keine Zeit mehr haben. Raum und Zeit sind ein einziges Objekt und damit nicht

trennbar. Das Verlassen einer Raumzeit wird damit durch eine Strukturveränderung hervorgerufen. Warum wir ein Objekt (Raumzeitdichte) mit Lichtgeschwindigkeit überhaupt noch in unserer Raumzeit wahrnehmen können ist ein weiteres Thema für dieses Kapitel. Hier wollen wir festhalten:

Eine Raumzeit besitzt eine Grenze

3.3 Lichtgeschwindigkeit

Die Lichtgeschwindigkeit c ist, laut dem Lehrbuch, durch ein Postulat der SRT, die festgesetzte maximale und für alle Beobachter identische Geschwindigkeit in unserer Raumzeit. Damit ist diese schon immer eine Grenze. Was soll an der Sichtweise der DP so besonders sein? Diese Grenze ist eine besondere Grenze. Schauen wir uns die Lichtgeschwindigkeit mal genauer an.

3.3.1 Definition

Wie der Name sagt, ist die Lichtgeschwindigkeit eine Geschwindigkeit. Diese ist definiert als $\frac{\text{Länge}}{\text{Zeit}}$. Welcher Zahlenwert die Lichtgeschwindigkeit hat ist rein willkürlich. Wir haben die Angabe von einem Meter und einer Sekunde festgelegt und damit den Wert der Lichtgeschwindigkeit. Da man allgemein von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit überzeugt ist, macht man in der Physik die Definition umgekehrt. Die Lichtgeschwindigkeit wird festgelegt und es ergibt sich daraus eine Definition von Meter und Sekunde. Aus Sicht der DP kann man die Lichtgeschwindigkeit sehr einfach festlegen. Dies ist die Geschwindigkeit, bei der die Zeitdilatation und die Längenkontraktion null erreichen. Damit ist die maximale Verformung der Raumzeit für eine Raumzeitdichte erreicht.

Warum erhalten wir einen konkreten Wert für die Lichtgeschwindigkeit. Es müsste dann doch $\frac{\text{Länge}}{\text{Zeit}} = 0$ für das Objekt sein. Das ist ein nicht definierter mathematischer Ausdruck und kein konkreter Zahlenwert. Zum Glück hat unserer Raumzeit mehr als eine Raumdimension. Die Abbildung der Raumzeitdichte eines Objektes, welches sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, darf daher nur auf den anderen zwei Raumdimensionen vorhanden sein. Dort muss eine Raumzeitdichte abgebildet sein. Das ist aber noch nicht ausreichend. Wir können nur eine Raumzeitdichte als Objekt feststellen. Zwei Raumdimensionen ergeben keine Raumzeitdichte. Das Objekt (z.B. ein Photon) muss ein weiteres Merkmal trage, damit wir dies erkennen können. Das erklären wir noch in diesem Kapitel, aber in einem späteren Abschnitt.

Wir Wissen bereits, dass die Planck-Länge und die Planck-Zeit die Lichtgeschwindigkeit definieren. Aus der Definition heraus, gibt es aber unendlich viele Werte für die Länge und die Zeit. Die Geschwindigkeit ist ein Bruch. Es könnte auch z.B. nur die halbe Planck-Länge und halbe Planck-Zeit sein. Diese Grenzbedingung allein setzt explizit **nicht** Planck-Zeit und Planck-Länge als kleinstmögliche Länge- und Zeiteinheit in der Raumzeit fest. Es ist die Kombination, also der Bruch, was die Lichtgeschwindigkeit ausmacht. Das für uns wichtige Ergebnis ist, es gibt Objekte, welche in unserer Raumzeit, auf dieser Grenze noch vorhanden sind. Damit existiert diese Grenze für uns.

Die Lichtgeschwindigkeit ist ein Strukturelement der Raumzeit

Es gibt kein Grund für ein Postulat der Lichtgeschwindigkeit als maximale Geschwindigkeit. Der zweite Teil des Postulates, die Konstanz für jeden Beobachter, werden wir beim Relativitätsprinzip besprechen. Die Grenze als maximale Geschwindigkeit für (fast) alles im Universum ergibt sich automatisch aus dem Ansatz der Raumzeitdichte. Da alles, was existiert eine Raumzeitdichte ist, ist jedes Objekt davon betroffen.

3.3.2 Niederdimensionale Grenze

Ein Beobachter erkennt (z.B. für ein Photon), eine Bewegung der Raumzeitdichte in Bewegungsrichtung mit seiner Zeit exakt auf dieser Grenze. Für die Raumzeitdichte, welche sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, besagt diese Definition etwas anderes aus. Existiert ein Objekt, dass seine Raumzeitdichte nur auf zwei Raumdimensionen abgebildet hat, dann kann dieses Objekt unsere 3D Raumzeit nicht wahrnehmen. Eine Raumdimension muss explizit fehlen. Aber nicht nur eine Raumdimension. Es fehlt auch die Zeitdimension. Diese geht wie die Raumdimension gegen null. In der bisherigen Auslegung dieser Gegebenheit hat man drin keine Besonderheit gesehen. Für uns ist dies anders.

Eine der größten Innovation von Einstein war es Raum und Zeit zu einem einzigen Objekt der Raumzeit zu vereinen. Nur so konnte die SRT und später die ART funktionieren. Wir nehmen diesen „Einheitsgedanken“ zur Raumzeit zu 100% ernst und übertragen dies auf die Lichtgeschwindigkeit. Wollen wir unsere Raumzeit verlassen, dann muss die Zeitdilatation auf null gehen. Die Zeit ist zwingender Bestandteil der Raumzeit. Eine Zeitdilatation auf null haben wir bei der Lichtgeschwindigkeit. Nun macht das Verhalten der Raumzeitkomponenten Sinn. Durch die Längenkontraktion wird eine Raumdimension immer „weniger oder besser dichter“.

Wir verändert die Raumzeitkonfiguration in Richtung von $(-, +, +, +)$ zu $(-, +, +)$. Dabei geht die Zeitdimension durch Zeitdilatation auch gegen null und das Ergebnis ist $(+, +)$. Dies ist keine Raumzeit mehr. Es ist keine Zeitdimension vorhanden. Wir haben damit unsere Raumzeit verlassen. Aus dieser Überlegung holen wir unsere wichtigste Schlussfolgerung:

Unsere und damit alle Raumzeiten haben Grenzen. Diese Grenzen, separat je Raumzeit, können wir dadurch definiert, dass die Zeitdimension gegen null gehen muss.

Eine dieser Grenzen kennen wir bereits, die Lichtgeschwindigkeit. Diese ist die niederdimensionale Grenze. Durch die Längenkontraktion verlieren wir bei der Lichtgeschwindigkeit eine Raumdimension. Damit verändern wir die Raumzeitkonfiguration der Raumzeit und gehen aus unserer Raumzeit heraus. Hier ist der Punkt, wo die Analogie mit einer Substanz falsch ist. Wenn man die Eigenschaften einer Substanz oder eines Objektes verändert, dann ist es immer noch das Objekt. Nur mit anderen Eigenschaften. In der Raumzeit ist es anders. Verändern wir die Raumzeitkonfiguration, mit einer Raumdimension mehr oder weniger, dann wird die Zeitdimension zwingend auf null gesetzt und wir verlassen die Raumzeit.

Dann ist z.B. ein Photon ein echtes Schnittstellenobjekt unserer Raumzeit. Es liegt direkt auf der Grenze der Raumzeit. Nur weil die Abbildungen der Raumzeitdichte auf den anderen zwei Raumdimensionen vorhanden ist, können wir diese Objekte überhaupt erkennen. Dann aber, wenn keine Wechselwirkung vorliegt, nur im Zustand der Lichtgeschwindigkeit. Dies ist für ein Photon die Existenzbedingung und nicht einfach eine Geschwindigkeit.

3.3.3 Kleiner privater Einschub

Mich persönlich erfreut die Erkenntnis sehr, dass die Raumzeit Grenzen hat und eine davon die Lichtgeschwindigkeit ist. Vor langer, langer Zeit, als ich am Wirtschaft Gymnasium war, hatte ich einen Physiklehrer, Herrn Werner. Dieser erfüllt zu 100% alle Vorurteile und Klischees für einen Mathematik- und Physiklehrer. Leider verstarb Herr Werner noch zu meiner Zeit an dieser Schule. Gegen Ende des ersten Schuljahres saß ein Teil der Klasse bei einem Bierchen an Lagerfeuer. Mir ist es wichtig zu betonen, dass so etwas nicht im Schulunterricht passiert ist. Da ich schon Interesse an Physik hatte, fragte ich Herrn Werner wie er denn zum Physikstudium gekommen ist und er dies empfand. Er ist mit der QM nicht so richtig warn geworden, empfand aber die ART als sehr elegant und schön. Er hatte aber mit einer Stelle ein Problem. Dies war nicht die Singularität in der ART, sondern die maximale Geschwindigkeit. Relativitäts- und Äquivalenzprinzip erschienen Ihm logisch und einfach nachvollziehbar. Ihm war klar, dass dies

alles nur funktioniert, wenn es diese maximale Geschwindigkeit gibt. Das Postulat der Lichtgeschwindigkeit ist ihm aber als „Fremdkörper“ in der Theorie vorgekommen. Dafür würde er gerne eine logische Erklärung haben.

Diese Fragestellung von Herrn Werner ist mir seit diesem Abend nicht mehr aus dem Kopf gegangen und ist einer der Hauptgründe, warum es die DP gibt. Mit dem Ansatz der Raumzeitdichte und der Raumzeit als Objekt/Substanz, ist diese Fragestellung geklärt. Die Lichtgeschwindigkeit ist keine festgelegte Geschwindigkeitsgrenze. Diese ergibt sich zwingend aus dem Ansatz. Es gibt keinen „höheren“ Bewegungszustand als die Lichtgeschwindigkeit. Die Zeit- und Raumdimension ist null. Weniger geht nicht. Man muss die Definition der Lichtgeschwindigkeit umdrehen. Nicht bei Lichtgeschwindigkeit werden die Zeitdilatation und die Längenkontraktion null. Das Erreichen der niederdimensionalen Grenze unserer Raumzeit ist die Bedingung für die Definition der Lichtgeschwindigkeit.

Die niederdimensionale Grenze ist die Lichtgeschwindigkeit

3.4 Ruhemasse und Energie

Schön, dass ich mit der niederdimensionalen Grenze meinen persönlichen Frieden gefunden habe. Bringt uns diese Erkenntnis an andere Stelle weiter? Wenn ich schon so Frage, ja. Die niederdimensionale Grenze oder Lichtgeschwindigkeit, kann als identische Bezeichnung gewählt werden und erklärt den harten Schalter zwischen Objekten mit oder ohne Ruhemasse und was Energie oder Masse überhaupt ist.

3.4.1 Energie = Raumzeitdichte

Wenn wir uns der niederdimensionalen Grenze nähern, geht die Raumzeitdichte gegen unendlich. Das identische Verhalten kennen wir von der Energie. Das ist kein Zufall. In der DP setzen wir die Raumzeitdichte und Energie gleich. Das sollte durch den Ansatz klar sein. Wir setzen die Raumzeitdichte als Quelle der Raumzeitkrümmung fest. Die Quelle einer Raumzeitkrümmung ist jegliche Form von Energie. Daher muss sich die Identität zwischen Energie und Raumzeitdichte zwingend ergeben. Damit können wir aber erklären, was Energie ist. Energie ist eine andere Angabe für die geometrische Definition der Raumzeit selbst.

Energie ist eine identische Angabe zur geometrischen Definition der Raumzeit = Raumzeitdichte

Wir haben hier zwei verschiedene Brillen oder Maßeinheiten für eine identische Aussage. Um diese Betrachtung weiter zu vertiefen, holen wir uns die bekannteste Formel von Einstein:

$$E = mc^2$$

Die Formel ist richtig. Sie ist aber nur so bekannt, weil die Formel in dieser Form sehr einfach ist. Die vollständige Formel hatte nie die Chance so bekannt zu werden, da diese etwas komplizierter ist:

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$$

Wenn der zweite Term unter der Wurzel null ist, können wir die Wurzel ziehen und landen wieder bei dem bekannten Teil, der Ruhemasse. Damit der zweite Term null ist, muss die Bewegung, also der Impuls mit p^2 unbedingt null sein. Die Lichtgeschwindigkeit c ist konstant und kann nicht null sein.

3.4.1.1 Ruhemasse als Raumzeitdichte

Der erste Term entspricht der Ruhemasse. Auf diese gehen wir jetzt nicht näher ein. Dazu müssen wir die Grenzen der Raumzeit vollständig verstanden haben. Die Beschreibung der Ruhemasse kommt daher am Ende des Kapitels.

Der für uns jetzt interessante Teil bei der Ruhemasse sind zwei uralte bekannte Sachen.

- Die Ruhemasse ist ein skalarer Wert. Die Ruhemasse ist nicht von einer Richtung abhängig.
- Die Ruhemasse ist ein invarianter Wert und verändert sich nicht. Zumindest, in der gewählten Beschreibung, wenn wird die Energie in Ruhemasse und Bewegungszustand zerlegen.

Damit lassen wir die Ruhemasse bis zum Ende des Kapitels ruhen.

3.4.1.2 Impuls als Raumzeitdichte

Wir wollen den zweiten Term betrachten, den Impuls. Bei unserem Ansatz muss der Impuls eine direkte Abbildung in der Raumzeitgeometrie haben. Das Ganze mit einer Richtung. Das bedeutet für uns, dass es eine Raumzeitdichte mit einer ausgezeichneten Richtung geben muss.

Für den umgangssprachlichen Begriff der Dichte klingt eine ausgezeichnete Richtung etwas seltsam. In einem Gas oder einer Flüssigkeit ist die Dichte in allen Richtungen identisch. Für die Raumzeit ist dies anders. Hier haben wir nur die Definition der Geometrie für eine Beschreibung. Die Raumzeitdichte liegt immer auf der Zeitdimension und auf mindestens einer Raumdimension. Für eine Dichte in Raum und Zeit, muss mindestens eine Raumdimension und eine Zeitdimension beteiligt sein. Die Raumzeitdichte muss nicht zwingend auf allen Raumdimensionen abgebildet werden. Wir brauchen mindestens eine Raumdimension, sonst macht der Begriff eine Raumzeitdichte keinen Sinn. Es können daher in verschiedenen Raumdimensionen unterschiedlich starke Dichten vorliegen. Damit ist ein Impuls ein Raumzeitdichte mit einer in mindestens einer Raumdimension ausgezeichneten Richtung. Beim Drehimpuls wird die Richtung ständig geändert, was eine ständige Veränderung der Geometrie bedeutet. Dies können wir feststellen, da eine „interne Kraft“ das Objekt z.B. einen Stern, gegen diese Veränderung der Richtung zusammenhalten muss. Die Raumzeitdichte nimmt aber nicht ab, wenn diese an Ort und Stelle bleibt oder in der Raumzeit eine Verschiebung erfährt. Diese wird nur auf eine andere „Richtung/Raumdimension“ verschoben. In Summe wird aber nichts verändert.

3.4.1.3 Raumzeitdichte hat viele Merkmale gleichzeitig

Bisher haben wir die Energie und die Geometrie der Raumzeit gleichgesetzt. Nun ist der Impuls oder Drehimpuls auch eine Form der Energie. Damit muss es für die Definition der Geometrie zwei verschiedene Beschreibungen geben. Eine vektorielle Dichte als Impuls und eine skalare Dichte als Ruhemasse. So einfach geht dies aber nicht. Wenn die Raumzeitdichte einen Bewegungszustand kennzeichnet, dann muss auch die Ruheenergie einen Bewegungszustand haben. Wie der Name sagt, ist dies bei der Ruhemasse nicht der Fall. Ok, aber wohin zeigt dann die Bewegung für eine Ruhemasse. In allen Richtungen gleichzeitig. Dann heben sich die Bewegungen gegenseitig auf und die Ruhemasse hat sich ihren Namen verdient. Wir werden im Kapitel Kosmologie sehen, dass dies zum Beispiel bei der Raumzeitexpansion der Fall ist. Bei einem Teilchen mit Ruhemasse, muss diese Masse daher aus der niederdimensionalen Schnittstelle kommen, sonst würde sich in unserer Raumzeit die Raumzeitdichte zu null aufheben. Damit muss im Umkehrschluss der Impuls immer in unserer Raumzeit liegen. Dies bedeutet, der erste Term für die Energie kommt aus der niederdimensionalen Schnittstelle und der zweite Term liegt direkt in unserer Raumzeit. Wir ziehen die Definition für die Raumzeitdichte immer enger. Hier können wir folgende Bedingung festsetzen:

Raumzeitdichte ist Energie, Geometrie der Raumzeit und Bewegungszustand

Raum und Zeit wurden zu einer Raumzeit vereint. Dies müssen wir auch für diese Begriffe machen. Diese Begriffe sind jeweils unterschiedliche Beschreibungen eines einzigen Objektes, der Raumzeitdichte.

- Die Geometrie beschreibt die direkte Abbildung in der Raumzeit als Raumzeitdichte
- Die Energie ist eine summarische Betrachtung der Raumzeitdichte. Diese hat zwei Komponenten. Die Ruhemasse als skalare Raumzeitdichte und den Impuls als gerichtete Raumzeitdichte.
- Der Bewegungszustand ist die gerichtete Raumzeitdichte. Eine skalare Raumzeitdichte (Ruhemasse) kann dann nochmals in einer speziellen Richtung weiter verdichtet werden. Dies ist der Impuls. Mit einer Besonderheit bei der Lichtgeschwindigkeit. Hier kommt die Richtung aus dem Fehlen einer Raumdimension. Damit ist diese Richtung aber auch wieder ausgezeichnet gegenüber den anderen Richtungen. Ein Objekt mit Lichtgeschwindigkeit kennt daher keinen Drehimpuls und kann sich nur in eine Richtung bewegen.

Noch ein Wort zur Bewegung. Das der Bewegungszustand eines Objektes, eine Geometrie in der Raumzeit des Objektes selbst ist, dürfen wir ohne Einschränkung als, sagen wir mal, ungewöhnlich bezeichnen. Daran müssen wir uns erstmal gewöhnen. Verändern sich nicht alle Raumdimension identisch, so erhält man eine Bewegung im Raum. Das, was wir umgangssprachlich als Bewegung beschreiben. Verändern sich alle Raumdimensionen identisch, dann ist dies eine Veränderung als Ruhemasse oder das Gegenstück, die Raumzeitexpansion. Bei der Raumzeitkrümmung, mit gegenläufiger Veränderung der Komponenten wird dadurch die Bewegung im Raum verändert und wir erhalten das „Äquivalenzprinzip“. Dazu gibt es ein separates Kapitel. Die Unterschiede werden an der jeweiligen Stelle nochmals erklärt.

Aus unserem Ansatz heraus sollte der Umstand, dass wir die Bewegung direkt in der Geometrie der Raumzeit verankern, nicht verwundern. Die Raumzeit besteht nur aus Länge und Zeit. Damit muss die Raumzeit eine Darstellung von Geschwindigkeit sein. Eine andere physikalische Größe lässt sich mit nur Länge und Zeit nicht aufbauen.

3.4.2 Ruhemasse = 3D Raumzeitdichte

Mit dem bisherigen Bild der Raumzeitdichte ist es sehr einfach zu erklären, warum es Objekte mit Ruhemasse und einem Bewegungszustand unterhalb der Lichtgeschwindigkeit und Objekte ohne Ruhemasse und dem exakten Bewegungszustand der Lichtgeschwindigkeit gibt.

Bei einem Objekt mit Ruhemasse, z.B. ein Elektron muss die Raumzeitdichte alle 3 Raumdimensionen unserer Raumzeit belegen. Die Lichtgeschwindigkeit ist die niederdimensionale Grenze der Raumzeit. Unserer Raumzeit verliert dann eine Raumdimension. Eine gegebene Raumdimension kann nicht einfach verschwinden. Diese kann nur bis zur Lichtgeschwindigkeit immer weiter eine steigende gerichtete Raumzeitdichte erhalten. Die gegebene skalare Raumzeitdichte, zum Beispiel die Ruhemasse für ein Elektron, wird immer weiter in Bewegungsrichtung verdichtet. Damit erhält man eine bis ins Unendliche steigende Energie. Daher ist das Erreichen der Lichtgeschwindigkeit ausgeschlossen.

Raumzeitdichte mit Ruhemasse = 3 Raumdimensionen sind belegt

Ein Objekt ohne Ruhemasse darf auf keinen Fall alle 3 Raumdimensionen belegen. Es darf nur zwei Raumdimensionen belegen. Damit fehlt eine Raumdimension bereits auf Grund des „inneren Aufbaus“ des Objektes. Das Objekt darf keine Beschleunigung erfahren. Es muss sich bereits ab seiner Existenz mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. Ein anderer Bewegungszustand ist ohne Wechselwirkung nicht möglich. Das Objekt lebt in der niederdimensionalen Schnittstelle unserer Raumzeit.

Raumzeitdichte ohne Ruhemasse = 2 Raumdimensionen sind belegt

Aus diesen Punkt lässt sich eine Prüfung für die DP erzeugen. Wird für ein Objekt ohne Ruhemasse jemals eine Beschleunigungsphase zur Lichtgeschwindigkeit entdeckt, ist die DP falsifiziert.

Aber, aber! Die Wechselwirkung mit den Higgs-Feld, über das Higgs-Boson gibt doch den Teilchen die Ruhemasse? Nicht ganz richtig! Dies können wir etwas anders sehen. Das Higgs-Feld muss in der DP irgendeiner Form einer 3D Raumzeit entsprechen. Das Higgs-Boson, muss in unserer Sichtweise ein Austauscheteilchen zwischen mehreren solcher „Higgs-Felder“ sein. Das werden wir im Teil 3 klären.

Damit ist klar, dass ein Objekt entweder das eine oder das andere ist. Nur in einem „Umwandlungsprozess (Wechselwirkung in der QM)“ des Objektes, kann sich die „Innere Struktur (Standardmodell der Teilchenphysik)“ verändern. Die Raumzeitdichte kann sich auf die Raumdimensionen neu verteilen.

Da bei Lichtgeschwindigkeit, die Raum- und die Zeitdimension bereits auf null ist, kann nicht noch eine Raumdimension auf null gehen. Die Lichtgeschwindigkeit kann nur eine Richtung haben. Aus diesen Punkt lässt sich eine Prüfung für die DP erzeugen. Kein Objekt darf in zwei Richtungen gleichzeitig die Lichtgeschwindigkeit aufweisen. Wir können die Zeitdimension nur einmal auf null setzen.

3.4.3 Bedingungen für die Lichtgeschwindigkeit

Wir können aus der Lichtgeschwindigkeit, die wir mit der niederdimensionalen Grenze gleichsetzen, folgende Bedingungen ableiten:

- Nur für Objekte die 2 Raumdimensionen und keine Zeitdimension belegen
- Die Richtung der fehlenden Raumdimension ist die Bewegungsrichtung
- Diese Objekte können sich in einer flachen Raumzeit nur gerade bewegen. Abweichungen kann es dann später in Teil 3 über die QM geben. Diese sind dann aber immer instantan. Die Abweichung von der geraden Bewegung erscheint uns mit „Überlichtgeschwindigkeit“.
- Ein Photon oder eine Gravitationswelle, als bekannteste Objekte mit Lichtgeschwindigkeit, können in Bewegungsrichtung keine Komponenten haben. In der Abbildung als eine Welle müssen diese Objekte zwingend transversale Wellen sein. Longitudinal geht nicht, da es in Bewegungsrichtung keine Raumdimension für einen Komponentenanteil gibt.
- Keine Beschleunigungsphase auf Lichtgeschwindigkeit möglich. Die Lichtgeschwindigkeit ist eine Existenzbedingung.
- Lichtgeschwindigkeit als Grenze existiert nicht, weil es eine maximale Geschwindigkeit gibt. Die Lichtgeschwindigkeit ist bereits in der Struktur der Raumzeit enthalten.
- Ein Drehimpuls kann Lichtgeschwindigkeit nie erreichen. Für einen Drehimpuls müssen alle 3 Raumdimensionen vorhanden sein.

3.5 Schwarzes Loch

Es gibt mit der Lichtgeschwindigkeit eine niederdimensionale Grenze. Gibt es dann auch eine höherdimensionale Grenze? Eine Raumdimension mehr und nicht weniger. Die Bedingung, um die Raumzeit zu verlassen ist, die Zeitdilatation gegen null. Diese gibt es im Universum an nur zwei Stellen.

- Die Lichtgeschwindigkeit. Diese ist aber die niederdimensionale Grenze, da man eine Raumdimension verliert.
- Die „Singularität“ in einem Schwarzen Loch. Dann muss im Umkehrschluss dies die höherdimensionale Grenze sein.

3.5.1 Höherdimensionale Grenze

Die Bedingung, die zu einem Schwarzen Loch führt, muss die höherdimensionale Grenze sein. Diese Bedingung ist uns sehr gut bekannt. Wenn man zu viel Raumzeitdichte (Energie) auf eine zu kleine Länge unterbringt, geht es ab ins Schwarze Loch.

Diese Bedingung ist, mit den konkreten Werten, bereits bekannt. Es ist der Kehrwert der Planck-Kraft. Das ist als Bezeichnung und in der Maßeinheit als Kraft für eine Erklärung sehr umständlich zu handhaben. Daher werden wir diesen Grenzwert anders Definieren und einen passenderen Namen wählen. Das machen wir wie bei der Raumzeitdichte.

Kraft souveräner Willkür => **Dimensionale Konstante** mit der Abkürzung **d**.

Damit hat die höherdimensionale Grenze eine klare Bezeichnung. Den Teil „höher“ lassen wir bei der Dimensionalen Konstante weg. Der Name Lichtgeschwindigkeit ist in allen Gehirnen vollständig eingeeignet. Diesen können wir nicht mehr verändern. Die niederdimensionale Grenze kann daher mit der Dimensionalen Konstante nicht gemeint sein. Die Dimensionale Konstante ist wie die Lichtgeschwindigkeit eine der wichtigsten Naturkonstanten in unserer Raumzeit. Diese ist ebenso ein Strukturelement der Raumzeit und kein festgelegter Wert.

3.5.2 Definition

Die Lichtgeschwindigkeit ist mit $c = \frac{\text{Länge}}{\text{Zeit}}$ festgelegt. Bei der Dimensionalen Konstante ist es:

$$d = \frac{\text{Länge}}{\text{Energie}}$$

Wenn wir zu einer Kraft eine Länge dazu nehmen (andere Brille aufsetzen), erhält man die Einheit Energie. Daher muss bei einem Kehrwert der Kraft der Bruch im Nenner und im Zähler um eine Länge erweitert werden. Diese Darstellung ist für Erklärungen besser geeignet und wird deshalb als Definition verwendet.

In beiden Fällen macht es Sinn eine Länge in der Definition zu haben. Eine Raumzeitdichte braucht immer eine Raumdimension, um sich überhaupt in der Raumzeit abbilden zu können. Beide Grenzen sind Brüche, da es jeweils Aufteilungen zu einer Länge sind. Die Länge steht im Zähler, weil wir eine Länge in der Zeit oder der Energie unterbringen müssen, damit eine Raumzeitdichte Sinn macht. Dies wird ein generelles Prinzip werden. Die Definition einer Naturkonstante für unsere Raumzeit muss immer eine Länge beinhalten.

3.5.3 Minimum und Maximum für die Raumzeit

Da die Dimensionale Konstante wieder ein Bruch ist, gilt hier die identische Aussage wie bei der Lichtgeschwindigkeit. Die Länge und die Energie legen keine kleinste Länge oder eine größte Energie fest. Es kann wieder halbe Planck-Länge und Planck-Energie sein. Nur die Kombination der Werte ergibt die Dimensionale Konstante.

Die Werte sind uns wiederum als Planck-Werte bekannt. Rein aus der Lichtgeschwindigkeit und der Dimensionalen Konstante können wir die Werte nicht festlegen. Das sind 2 Gleichungen mit 3 Unbekannten. Da fehlt noch eine Angabe. Die fehlende Angabe werden wir uns noch in diesem Kapitel verschaffen.

3.5.4 Widerstand der Raumzeit

Wenn man der Dimensionalen Konstante eine Analogie geben will, dann ist dies wohl ein Wert für einen Widerstand der Raumzeit gegen die Raumzeitdichte. Wird dieser Wert überschritten, so ist die Raumzeitdichte für unsere Raumzeit zu hoch. Die Raumzeit muss in einen Bereich gehen, der diesen Wert aushält. Dies kann nur eine Raumzeit mit einer Raumdimension mehr sein. Eine Raumzeit mit $n+1$ Raumdimensionen lässt sich schwerer verformen als eine Raumzeit mit n Raumdimensionen. Dieses Prinzip werden wir noch im Teil 3 für die QM benötigen.

Dabei ist bereits unsere Raumzeit ein verdammt zähes Stück. Kleine Berechnung (Achtung! Alle Werte für die Planck-Einheiten sind nicht reduziert, also nicht durch 2π gekürzt):

$$\text{Planck-Länge} = l_p = 4,051 * 10^{-35} \text{ Meter}$$

$$\text{Planck-Zeit} = t_p = 1,351 * 10^{-43} \text{ Sekunden}$$

$$\text{Planck-Masse} = m_p = 5,455 * 10^{-8} \text{ Kilogramm}$$

$$\text{Planck-Energie} = m_p * c^2 = 4,903 * 10^9 \text{ Joule}$$

$$d = \frac{l_p}{E_p} = 8,262 * 10^{-45} \text{ 1/Newton}$$

$$\frac{1}{d} = 1,210 * 10^{44} \text{ Kehrwert von d, Newton}$$

Egal mit welcher Raumzeitdichte wir eine Raumzeitkrümmung auslösen wollen. Die Raumzeitkrümmung ist um diesen Faktor geringer. Da müssen wir sehr viel Energie auf einer kleinen Länge unterbringen, damit dieser Wert überbrückt werden kann. Dies ist die Bedingung, die zu einem Schwarzen Loch führt. Da uns c mit der Planck-Länge und Planck-Zeit bekannt ist, kommt hier als neuer Wert nur die Planck-Masse dazu. Die Planck-Energie wird ausgerechnet. Damit bestimmen diese drei Planck-Werte die Grenzen der Raumzeit. Hier müssen wir wieder die Definition umdrehen. Die Grenzen der Raumzeit bestimmen diese drei Planck-Werte und sind damit charakteristische Werte für unsere Raumzeit.

Planck-Länge, -Zeit und -Masse sind für unsere Raumzeit charakteristische Werte

Ein Schwarzes Loch ist der Übergang in eine höherdimensionale Raumzeit, welche diese Raumzeitdichte abbilden kann. Dann muss im Umkehrschluss eine niederdimensionale Raumzeit eine kleinere Planck-Masse haben. Diese unterschiedlichen Planck-Massen je niederdimensionale Raumzeitkonfiguration werden später im Standardmodell der Teilchenphysik die unterschiedlichen Ruhemassen der Teilchen sein.

Jede Raumzeitkonfiguration hat seine eigenen Planck-Werte für die Planck-Einheiten

Machen wir noch eine kleine Gegenrechnung. Wenn wir d als maximalen Widerstand der Raumzeit ansehen, dann müssten wir dies auf einfachen Weg berechnen können. Wie nehmen die Formel von Newton für die Gravitationskraft mit:

$$F = \frac{G * m_1 * m_2}{r^2}$$

Wenn wir für dies Formel die extremen Werte für Masse (Planck-Masse) und Abstand (Planck-Länge) einsetzen, dann muss unser maximaler Wert auch erscheinen. So ist es auch. Der Grund wird später, wenn wir die Naturkonstanten besprechen, klarer werden. Wenn eine Aussage zur

Physik stabil sein soll, so kommen wir oft auf verschiedenen Wegen zu dieser Aussage. Das ist immer ein gutes Zeichen für die Richtigkeit.

$$F_{max} = \frac{G * m_p * m_p}{l_p^2} = 1,210 * 10^{44}$$

3.5.5 Hierarchieproblem

In der Physik gibt es das sogenannte Hierarchieproblem. Dies ist ein Name für die große Differenz, wenn man die Gravitation als Kraft mit der elektromagnetischen Kraft vergleicht. Das haben wir schon ganz am Anfang gemacht. Der Wert: $4 * 10^{42}$

Dies ist ein sehr großer Unterschied in der Betrachtung als Kraft. Das können wir aber leicht erklären. Alle Grundkräfte aus der QM liegen immer im niederdimensionalen. Da wollen wir später die gesamte QM abbilden. Laut unserer Logik muss sich eine niederdimensionale Raumzeit sehr viel leichter verformen lassen als unserer Raumzeit. Wie wir sehen können, ist der Unterschied in dem Widerstand der jeweiligen Raumzeit sehr groß.

Wir wiederholen die Rechnung, aber nicht mit der Ruhemasse eines Elektrons m_e , sondern mit der Planck-Masse m_p . Wir tun mal so, als ob eine 2D-Raumzeit die identischen Planck-Werte wie unserer 3D-Raumzeit hätte. Dann ergibt sich nur noch ein Unterschied von 0,00116140. Dieser Wert ist uns als die Feinstrukturkonstante α bekannt. Allerdings nur, wenn wir α um $2 * \pi$ kürzen. Das war der zusätzliche Term, den wir beim Vergleich von elektrischer zu gravitativer Kraft benutzt haben. Diese $2 * \pi$ werden uns gleich nochmals begegnen. Die Kräfte wären dann bis auf α identisch. Die Feinstrukturkonstante besprechen wir in Teil 3.

Das Hierarchieproblem ist einfach der große Unterschied im Widerstand der Raumzeitkonfigurationen, wenn man eine Raumdimension mehr oder weniger hat.

3.6 Raumzeitkrümmung und Raumzeitdichte extrem

Die beiden Grenzen der Raumzeit haben wir gefunden, weil wir uns die Extreme der Raumzeit angeschaut haben und es war doch schon immer eine der großen Fragen: „Wie soll man sich null oder unendlich vorstellen“. Mathematisch hat man diese Begriffe inzwischen recht gut im Griff. Physikalisch kommt man damit immer wieder auf „schräge“ Gedanken. Wir wollen dies eindeutig klären. Das Ergebnis wird sein, dass es innerhalb einer einzigen Raumzeit bei den Verformungen weder ein Wert von null noch unendlich vorkommen kann.

3.6.1 Raumzeitdichte von null

Die Raumzeitdichte ist eine Dichte der Raumzeit selbst. Eine Raumzeitdichte von null bedeutet damit gleichzeitig auch eine nicht existierende Raumzeit. Schauen wir uns das genauer an. Bei unserem Ansatz ergibt sich eine Raumzeitdichte bereits durch die Existenz mindestens einer Raum- und Zeitdimension. Ohne einer Raumdimension kann es eine Abbildung als Dichte nicht geben. Dies bedeutet für uns, dass es einen Raumzeitpunkt, mit der Raumzeitdichte von null, nie geben kann. Dieser Raumzeitpunkt beinhaltet dann keine Ausdehnung auf einer Raumdimension und ist damit überhaupt kein Teil der Raumzeit.

- Die Existenz eines Raumzeitpunktes bedeutet immer eine Raumzeitdichte größer null und damit ein Raumzeitvolumen. In einer Raumzeit kann es einen Energiezustand von null nicht geben.
- Eine Raumzeitdichte von null, bedeutet, dass es diesen Raumzeitpunkt innerhalb der Raumzeit nicht gibt. Damit ist dieser Raumzeitpunkt aus der Betrachtung ausgeschlossen.

- Eine Raumzeitdichte auf der niederdimensionalen Grenze sagt aus, dass die Abbildung der Raumzeitdichte in einer n -dimensionalen Raumzeit, zusätzlich auf einer $n-1$ Raumzeit vorhanden sein muss. Keine Raumdimension oder Raumzeitdichte geht auch im Grenzfall nicht. Identisches Argument für die höherdimensionale Grenze.

3.6.2 Der mathematische Punkt

Wir haben den Begriff „Raumzeitpunkt“ verwendet. Das werden wir auch weiterhin. In der Physik wird oft mit einer Punktgröße gearbeitet und gerechnet. Das vereinfacht die Vorstellung und insbesondere die Berechnungen. Wer bis zu diesem Zeitpunkt aufmerksam mitgelesen hat, sollte aber folgende Erkenntnis gewonnen haben:

In der DP gibt es keinen Punkt

Die mathematische Abstraktion eines Punktes, ist dadurch definiert, dass ein Punkt explizit in keine Raumdimension eine Ausdehnung besitzt. Damit ist dieser nicht Teil der Raumzeit. Er kann keine Raumzeitdichte aufweisen. Damit auch keine Definition der Raumzeitgeometrie, keine Energie und keinen Bewegungszustand. Wann immer von einem Raumzeitpunkt, einer Punktmasse usw. gesprochen wird, dies ist eine reine mathematische Abstraktion, um das Problem oder die Berechnung zu vereinfachen. In der DP kann es eine Punktgröße, egal welcher Art, nicht geben. Wir drehen die Argumentation um. Nicht die ART oder die QM haben Probleme bei einer Punktgröße, sondern die mathematische Abstraktion eines Punktes hat in der Physik keine reale Abbildung.

3.6.3 Raumzeitkrümmung von null

Wir haben nur die Raumzeitdichte betrachtet. Wie sieht es denn bei der Raumzeitkrümmung aus? Kann die Gravitation denn null werden? Aus dem, was wir bisher besprochen haben, theoretisch ja. Dazu brauchen wir eine Raumzeit mit einer absoluten homogenen Raumzeitdichte. Wenn es von Raumzeitpunkt (wir verwenden diese Abstraktion weiterhin) zu Raumzeitpunkt keine Differenz in der Raumzeitdichte gibt, dann gibt es auch keine Raumzeitkrümmung, die irgendetwas ausgleichen muss.

Wir leben aber in einer Raumzeit mit unterschiedlichen Raumzeitdichten, sonst könnten wir hier nicht diskutieren. Die Raumzeitkrümmung hat eine unendliche Reichweite. Gibt es auch nur eine abweichende Raumzeitdichte, dann gibt es auch eine Raumzeitkrümmung. Damit ist klar, in unserem Universum ist immer eine Raumzeitkrümmung vorhanden.

3.6.4 Raumzeitdichte von unendlich

Hier gibt es noch keine zwingende Grenze. Die Lichtgeschwindigkeit besagt aus, dass man bis zur niederdimensionalen Grenze eine unendliche Menge an Energie benötigt. Bekommen wir diese den irgendwoher? Klares nein. Hier drei Argumente:

- Eine unendliche Menge an Raumzeitdichte bedeutet, dass die Raumzeit selbst unendlich groß sein muss. Die Raumzeitdichte ist die Raumzeit selbst. Wir werden in den weiteren Abschnitten und besonders im Kapitel Kosmologie sehen, dass dies durch die Definition des Urknalls ausgeschlossen ist.
- Lassen wir das Argument mit der Menge an Raumzeitdichte mal weg und gehen nur auf die Längenkontraktion und die Zeitdilatation ein. Wir tun so, als ob man keine Energie von außen dafür benötigt. Wir können die Raumzeitdichte einfach durch die Definition der Geometrie erhöhen. Geht leider auch nicht. Sobald wir die Dimensionale Konstante d überschreiten, kann unsere Raumzeit dies nicht mehr abbilden und wir müssen eine höherdimensionale Raumzeit verwenden.

- Was ist mit der reinen Geometrie? Die Raumzeitdichte erhöht sich für Objekte mit Ruhemasse bis zur Lichtgeschwindigkeit. Diese können wir aber nicht erreichen, da diese Grenze mit einer Raumdimension weniger verbunden ist und die vorhandene nicht einfach verschwinden kann. Bei Objekten ohne Ruhemasse geht dies auch nicht. Dort erhalten wir eine Abbildung mit einer Wellenlänge. Erreicht wir für diese Wellenlänge wieder die Dimensionale Konstante, geht es ab ins Schwarze Loch.

Egal von welcher Seite wir auch kommen. Eine einzelne Raumzeit lässt keine unendliche Raumzeitdichte oder Raumzeitkrümmung zu.

3.6.5 Raumzeitkrümmung von unendlich oder (k)eine Singularität

Der ART wird oft angekreidet, dass diese im Urknall oder im Zentrum eines Schwarzen Loches eine Singularität voraussagt. Dies ist nur richtig, wenn man die Raumzeitdichte auf eine Punktgröße zurückführt oder anders ausgedrückt, unsere Raumzeitgrenzen nicht kennt. Beim Urknall die gesamte Raumzeit, beim Schwarzen Loch die Masse dieses Objekts. In beiden Fällen ist dies aber nur eine mathematische Abstraktion. Leider ist in der Feldgleichung der ART dieser Umstand nicht enthalten. Im Einstein-Tensor kann man eine Raumzeitkrümmung bis ins unendliche bringen, wenn man für die Raumzeitdichte eine Punktgröße annimmt. Dann müsste aber die Raumzeitdichte weg sein. Ein Schwarzes Loch in unserer Raumzeit hat immer eine Masse. Das Schwarze Loch ist da, damit auch die Raumzeitdichte, welche zu diesem geführt hat. Damit ist im Zentrum eines Schwarzen Loches immer ein Volumen an Raumzeitdichte erhalten.

In der DP gibt es keine Singularität

Die Abstraktion eines Punktes hat schon immer für Probleme gesorgt. Der Ansatz der Stringtheorie kommt genau daher. Keine Punkt, sondern die erste mathematische „Stufe“ über dem Punkt, ein Objekt mit nur einer Raumdimension, ein String.

Damit haben wir, in Summe für eine Raumzeit, ein sehr schönes Ergebnis. Für die Raumzeitdichte kann es bereits theoretisch keinen Wert von null oder unendlich geben. Bei der Raumzeitkrümmung kann es eine unendliche Raumzeitkrümmung bereits theoretisch nicht geben. Leider ist dies nicht in den Feldgleichungen enthalten. Es könnte eine Raumzeitkrümmung von null geben, dann gibt es in dieser Raumzeit aber keine abweichende Raumzeitdichte und ist damit „leer“. Mit leer ist hier gemeint, dass es keine Teilchen geben darf. Die Raumzeit selbst trägt auch ohne ein Teilchen eine Energie. Dazu reicht die Existenz aus.

3.7 G, k, c, d und h

Wir schauen uns die bisher verwendeten Naturkonstanten und Planck-Werte genauer an. Dann holen wir uns noch das Planck'sche Wirkungsquantum h dazu, damit wir unseren drei, bis jetzt nicht bestimmten Planck-Werte Länge, Zeit und Masse, mit einer weiteren Gleichung festlegen können. Hier gibt es einen kleinen Vorgriff auf den Teil 3. Wir besprechen gleich noch die Compton-Wellenlänge mit. Wir werden erkennen, dass das Wirkungsquantum und die Compton-Wellenlänge aus der niederdimensionalen Grenze unserer Raumzeit folgt und nicht im niederdimensionalen (QM) bestimmt wird. Die ART gibt der QM dieses Verhalten vor und nicht umgekehrt.

3.7.1 Die Gravitationskonstante G

In den Lehrbüchern sind die drei wichtigsten Naturkonstanten immer c , h und G . In der DP werden wir dies zu c , h und d verschieben. Dann darf für uns die Gravitationskonstante G keine weitere Relevanz mehr haben. Das erreichen wir, da G sich aus c und d zusammensetzt. Es macht Sinn, dass die Gravitationskonstante G sich aus den Grenzen der Raumzeit erzeugt. Das

Verhalten der Raumzeit in der klassischen Sicht mit G , muss zwischen den Grenzen der Raumzeit liegen. Diese Grenzen sind bis jetzt die einzigen, durch unsere Raumzeit festgelegten Werte.

Da G eine Naturkonstante ist, hat diese noch keine Herleitung erfahren. Das Wort „Naturkonstante“ bezeichnet einfach, dass man in der Physik bei einer Formel eine Proportionalitätskonstante benutzt, über die man kein Wissen hat. Keine Erklärung dafür heißt, Naturkonstante. Wir konnten c und d aus den dimensional Grenzen unserer Raumzeit herleiten. Wenn G keine Naturkonstante mehr sein soll, müssen wir G aus bekannten (und ganz wichtig, hergeleiteten) Naturkonstanten erzeugen können.

Da wir schon mit den Planck-Einheiten arbeiten, machen wir hier weiter. Die Gravitationskonstante wird über die Planck-Einheiten, wie folgt definiert: $G = \frac{l_P^2 * c^3}{h}$. Wir greifen etwas vor und legen fest, dass wir das Planck'sche Wirkungsquantum $h = l_P * m_P * c$ schreiben können. Damit erhalten wir $G = \frac{l_P * c^2}{m_P}$. Diesen Bruch erweitern wir um c^2 . Dann haben wir die gewünschte Form:

$$G = \frac{l_P}{E_P} * c^4 = d * c^4$$

Die Gravitationskonstante ist aus c und d zusammengesetzt. Wir können auch erklären, warum c und d so verwendet werden müssen. Das bedeutet, wir müssen erklären können, warum d ohne Exponenten verwendet wird und c den Exponenten 4 haben muss.

Die Dimensionale Konstante d erzeugt ein Schwarzes Loch und damit die höherdimensionale Grenze für die gesamte Raumzeit. Egal auf welcher Raumdimension die Raumzeitdichte abgebildet wird. Ist d auf einer beliebigen Dimension erreicht, dann erzeugt sich ein Schwarze Loch für die gesamte Raumzeit. Daher wird kein Exponent benötigt.

Die Lichtgeschwindigkeit c ist für jede Raumdimension unabhängig. Der Impuls in eine Richtung, beeinflusst nicht die anderen Raumdimensionen. Längenkontraktion ergibt sich nur in Bewegungsrichtung. Daher muss für die Betrachtung der gesamten Raumzeit unbedingt ein c^4 verwendet werden. Aber, die Zeitdimension geht doch immer mit einer Raumdimension mit. Wieso nicht eine 3 als Exponent? Das kommt durch den Aufbau der Feldgleichungen für die ART. Das zeigen wir im nächsten Abschnitt.

Damit haben wir doch nur eine Verschiebung von c und G auf c und d erreicht. Austausch eines Buchstabens und fertig. Klares nein! Die Existenz der Konstanten c und d können wir auf Grund unseres Ansatzes herleiten. Für G gibt es keine Erklärung. Bei uns ist G dann einfach die passende Kombination aus c und d , wenn man eine Aussage innerhalb der Raumzeit treffen will. Wir sehen im nächsten Abschnitt, dass die Verwendung von G in der Feldgleichung gar nicht sinnvoll ist.

3.7.2 Proportionalitätskonstante k in der ART

Holen wir uns noch einmal die Feldgleichung der ART heran: $G_{\mu\nu} = k * T_{\mu\nu}$

In den Tensoren G und T ist mit der jeweiligen Metrik, als Lösung der Gleichungen, der Aufbau der Raumzeit enthalten. Die Proportionalitätskonstante k kennt keine Metrik und sollte sich daher nicht um den Aufbau der Raumzeit kümmern müssen. Es sollten nur die Grenzbedingung enthalten sein. Diese ist nicht von der Metrik abhängig. Genauso ist es auch. Die normale Beschreibung von k baut sich wie folgt auf:

$$k = \frac{8 * \pi * G}{c^4}$$

Wir setzen nun für G unsere neue Definition ein und erhalten

$$k = \frac{8 * \pi * d * c^4}{c^4} = 8 * \pi * d$$

Wir erkennen sofort, dass G in den Feldgleichungen nicht benötigt wird. Man muss in der alten Beschreibung k explizit um die c^4 kürzen, damit man dort ein G verwenden darf. In der Metrik wird die Zeitdimension als Raumdimension behandelt. Die verschiedenen Dimensionen weisen ein abhängiges Verhalten als Raumdimensionen nur in der Metrik auf. G kennt dieses gegenseitige Verhalten nicht. Daher macht in dieser Beschreibung die c^4 in G auch Sinn. Ein c für jede Dimension getrennt.

Wenn wir G eliminieren, dann müssen alle Grenzen der Raumzeit in den Feldgleichung trotzdem vorkommen. Der Energie-Impuls Tensor T beschreibt die verschiedenen Formen der Energie. Da zur Beschreibung der Energie immer ein c notwendig ist, ist die niederdimensionale Grenze in T enthalten. Die höherdimensionale Grenze ist ein Widerstandswert der Raumzeit unabhängig von der Aufteilung der Raumzeitdichte in T. Daher dürfen wir dies aus T herausziehen und es darf ein k geben. In k darf dann nur noch die höherdimensionale Grenze enthalten sein. Damit ist k passend zu unserer Logik aufgebaut. Die Raumzeitdichte erzeugt gegen den Widerstand der Raumzeit die Raumzeitkrümmung.

Woher kommen die 8π ? Wenn man die Feldgleichungen mathematisch aufbaut, ist es absolut klar woher die 8π kommen. Die mathematische Beschreibung gibt aber nie einen Grund an und zeigt immer nur wie es funktioniert. Wir wollen für alles einen Grund haben. Ich gebe hier einen sehr einfachen Hinweis:

$$8 * \pi = 4 * 2\pi$$

Könnt Ihr euch noch an das Beispiel mit dem Vergleich der elektrischen zur gravitativen Kraft zur Motivation von „alles ist ein Objekt“ erinnern. Da haben wir auf der einen Seite das Verhältnis der Kräfte und auf der anderen Seite das Verhältnis von Massen zum Quadrat.

$$\frac{F_{Elekt} * 2 * \pi}{F_{Grav} * \alpha} = \left(\frac{m_p}{m_e}\right)^2$$

Ein Verhältnis von Masse kann nicht direkt ein Verhältnis von Kräften sein. Das sind zwei sehr unterschiedliche Blickwinkel auf das identische Objekt. Wir benötigen sowas wie eine Umrechnung von einem Blickwinkel auf den anderen Blickwinkel. Dies ist in dem Beispiel 2π und α . Bei α wird die Umrechnung je Wechselwirkung benötigt. Bei 2π je Raumdimension. Die Gravitation zwischen zwei Massepunkten wird als eine 1-dimensionale Verbindung gewertet. Wenn wir in der Feldgleichung die gesamte Raumzeit betrachten, brauchen wir dies 4-mal. Bei der Umrechnung von einem Blickwinkel Kraft der Raumzeit auf den Blickwinkel der Gravitation wird wohl immer je Raumdimension ein 2π benötigt. Die Dimensionale Konstante d ist ein Kehrwert der Kraft. Damit ist der Aufbau von k identisch zu unseren Kräftevergleich.

Das Warum dahinter konnte ich noch nicht zu 100% fixieren. Zurzeit 2026 läuft alles auf die folgende Erklärung hinaus. Der Auslöser der Raumzeitkrümmung muss in unserer Raumzeit liegen. Die Raumzeitdichte in einem Schwarzen Loch liegt aber hinter dem Ereignishorizont. Für die Energie ist der Ereignishorizont entscheidend. Dort kommt diese nicht mehr raus. Eine Geometrie in unserer Raumzeit folgt damit nicht einer geraden Linie zum Zentrum des Schwarzen Loches, sondern um dieses herum. Beim Kreisumfang kommt damit immer ein 2π mit rein. Damit haben wir eine erste unsichere Stelle in der DP gefunden. Zum Glück kommen nur wenige weitere dazu. Eine Stärke der DP.

3.7.3 Das Planck'sche Wirkungsquantum h

Machen wir unser Trio an erklärbaren Naturkonstanten komplett. Es fehlt noch das h . Brauchen wir den das h überhaupt? Wir konnten aus c und d ein G erzeugen. Von G kennen wir den Wert. Dann haben wir drei Gleichungen mit drei unbekannten. Wir können damit die Planck-Werte bestimmen. Aus physikalischer Sicht erhalten wir aber aus G keine neue Information zur Raumzeit. Die Gravitationskonstante ist nur eine Zusammensetzung aus bekannten Dingen. Wir brauchen eine zusätzliche Bedingung aus der Raumzeitgrenze.

Wie der Name schon sagt, ist h ein Wirkungsquantum. Schalten wir erstmal den Teil mit „Quant“ aus und konzentrieren uns auf die „Wirkung“. Wirkung bedeutet eine Veränderung. Von einem fixen Zustand auf einen anderen fixen Zustand. Die Wirkung beschreibt eine Zustandsveränderung. Der für uns erkennbare Zustand ist immer irgendeine Form von Energie, also Raumzeitdichte. Es geht um die Zustandsveränderung der Raumzeitdichte. Die höherdimensionale Grenze ergibt sich aus der Beschreibung der ART mit der Raumzeitkrümmung. Da steckt aber mit Sicherheit der Teil „Quant“ nicht drin. Eine Quantisierung der Raumzeitkrümmung ist noch niemanden gelungen. Also schauen wir uns die Kombination von Raumzeitdichte und niederdimensionaler Grenze an. Das Thema wird Teil 3 und die Beschreibung der gesamten QM ergeben. Hier betrachten wir nur den direkten Übergang in unsere Raumzeit. Die ART beschreibt das Verhalten in unserer Raumzeit mit den Grenzen, aber nicht außerhalb der Raumzeit.

3.7.3.1 Definition von h

Wir wollen die Beschreibung einer Wirkung von der niederdimensionalen Grenze in unsere Raumzeit hinein. Mit was starten wir? Genau, einer Länge. In der DP haben wir nur die Raumzeitdichte und damit muss sich alles auf eine Raumdimension abbilden. Wir brauchen immer eine Länge.

Schritt 1: $h = l_p$

Da wir aus dem niederdimensionalen eine Wirkung haben wollen, muss die Grenzbedingung erfüllt werden. Wir brauchen exakt einmal die Lichtgeschwindigkeit. Hier aber multiplikativ und nicht als Bruch. Wir wollen eine Wirkung erzeugen. Wir können unserer Raumzeit über diese Grenze nur einmalig erreichen. Die Zeitdimension ist bereits beim Fehlen einer einzigen Raumdimension auf null gesetzt. Das geht innerhalb einer Raumzeit nicht nochmal. Daher darf c keinen Exponenten haben.

Schritt 2: $h = l_p * c$

Dann fehlt uns noch mit was wir auf die Raumdimension wirken wollen. Viel Auswahlen haben wir in der DP nicht. Es muss eine Form von Raumzeitdichte sein. Nur direkt Energie, also die Raumzeitdichte in unserer Raumzeit kann es nicht sein. Da machen wir einen kleinen Vorgriff auf einen späteren Abschnitt. Über diese Grenze geht keine Zeit (Zeitdefinition auf null = Grenzbedingung), da die Zeitdimension immer an die jeweilige Raumzeitkonfiguration gebunden ist. Schauen wir uns die Definition der Energie nochmals an.

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$$

Der zweite Term kann es nicht sein. Ein Impuls ist die Erhöhung einer gegebenen Raumzeitdichte in 3D, in einer Richtung. Genau diesen Teil ist die Raumzeitdichte in unserer Raumzeit und kann damit nicht aus einer niederdimensionalen Raumzeit stammen. Mit einer Bewegung innerhalb unserer Raumzeit kommen wir bei der Beschreibung der Grenze nicht weit. Die Bewegung ist mit c aus Schritt 2 auch schon abgedeckt. Also der erste Term. Dort ist aber immer noch ein c vorhanden. Das c ist der Übertritt dieser Grenze und in Schritt 2 schon enthalten. Wir müssen die Energie ohne c benutzen. Damit ist eigentlich schon geklärt, was Masse ist. Eine Abbildung einer Raumzeitdichte von einer n dimensionalen Raumzeit in einer $(n+1)$ dimensional

Raumzeit. Daher ist es auch nicht verwunderlich, warum zur Beschreibung der Energie bei einer Masse immer die Raumzeitgrenzen mitspielen. Das machen wir aber exakter in einem späteren Abschnitt. Hier ist wichtig, wir können nur die Ruhemasse benutzen. Energie ohne den zeitlichen Bezug.

Schritt 3: $h = l_p * m_p * c$

Fertig! Die Wirkung aus einer niederdimensionalen Raumzeit in unsere Raumzeit darf nur so aussehen. Ok, aber was ist mit dem Teil „Quant“. Es könnte doch eine Abbildung auf einer beliebigen Länge, einer anderen Geschwindigkeit oder einer anderen Masse stattfinden. Warum die Planck-Werte unserer Raumzeit, wenn die Wirkung aus dem niederdimensionalen kommt? Insbesondere sagten wir vorher, dass im niederdimensionalen die Planck-Massen explizit andere sind als in unserer Raumzeit.

3.7.3.2 Quantisierung

Die Grenzen kommen aus der ART. Diese beschreibt nur eine Raumzeit, unsere Raumzeit. Wenn wir irgendetwas durch eine Wechselwirkung Messen oder eine Information erhalten, dann passiert dies nur und ausschließlich in unserer Raumzeit. Energie ist die Raumzeitdichte unserer Raumzeit. Gerade sind wir noch auf dem Stand, dass wir nur Raumzeitdichte und Raumzeitkrümmung unserer Raumzeit erkennen können.

Dies bedeutet, dass eine beliebige Wirkung auf einer Raumzeitdichte eine Veränderung der Raumzeitdichte in unserer Raumzeit ist. Damit muss sich eine Wirkung an die Bedingungen unserer Raumzeit halten, egal aus welcher niederdimensionalen Raumzeitkonfiguration diese Wirkung kommt. Diese ist h zwischen den Grenzen c und d mit den bekannten Planck-Werten unserer Raumzeit. Das ist der Aufbau unserer Raumzeit. So bescheuert dieser Satz auch klingen mag: Die Quantisierung aller Wirkungen kommt nicht aus der QM, sondern aus der niederdimensionalen Grenze unserer kontinuierlichen Raumzeit.

Die Quantisierung durch h ergibt sich aus den charakteristischen Planck-Werten unserer Raumzeit durch die niederdimensionale Grenze

Damit dies Sache rund wird, gehen wir in den nächsten Abschnitt und schauen uns noch die Compton-Wellenlänge an.

3.7.4 Die Compton-Wellenlänge

Wieso packen wir hier noch die Compton-Wellenlänge mit rein. Diese zählt doch als Paradebeispiel der QM? Weil wir zu einer Wirkung noch einen Zustand benötigen. Leider wird dieser Umstand in den Lehrbuchbeschreibungen gut versteckt.

Die Bezeichnung ist oft der Compton-Effekt oder die Compton-Streuung. Es wird ein Photon auf ein Teilchen mit Ruhemasse geschossen. Das klingt doch sehr nach einem Prozess und nicht nach einem Zustand. Die passende Formel: $\Delta\lambda = \frac{h}{m_C * c} (1 - \cos\varphi)$. Die Formel beschreibt die Vergrößerung der Wellenlänge des Photons durch die Streuung. Was auffällt, der Zustand des Photons vor dem Prozess geht nicht in die Formel ein. Nur der Winkel ist entscheidend. Machen wir uns das Leben einfach und nehmen bei der Streuung einen Winkel von 90° an. Dann ist der Cosinus null. Die Formel vereinfacht sich und wir erhalten für eine Masse eine charakteristische Wellenlänge, die Compton-Wellenlänge: $\lambda_C = \frac{h}{m_C * c}$. Dies sieht doch schon wesentlich einfacher aus. Das tiefer gestellte große C bezeichnet die an der Streuung beteiligten Teilchen. In der Gleichung ist noch ein h enthalten. Das ist eine schlechte Darstellung. Die Formel beschreibt das Ergebnis nach dem Prozess und ist damit eine Beschreibung eines Zustandes.

Nehmen wir unsere neue Definition von h und setzen diese in die Formel ein:

$$\lambda_C = \frac{h}{m_C * c} = \frac{l_P * m_P * c}{m_C * c} = \frac{l_P * m_P}{m_C} \Rightarrow \lambda_C * m_C = l_P * m_P$$

Damit es etwas schöner aussieht, benennen wir λ_C in l_C um.

$$l_C * m_C = l_P * m_P$$

Dies ist ein gutes Ergebnis. Schauen wir uns an, was diese Formel alles aussagt:

- Die Compton-Wellenlänge ist die Beschreibung eines Zustandes nach der Streuung und keine Beschreibung eines Prozesses. Auf der rechten Seite darf kein h (Wirkung) stehen. Wir haben einen Zustand. Daher muss das c für die Lichtgeschwindigkeit aus der Formel raus. Das c ist der Grenzübergang bei der Wirkung. Bei einem Zustand in unserer Raumzeit wird das c nicht benötigt.
- Auf der rechten Seite steht das h ohne c ($h = l_P * m_P * c$). Diese Formel muss bei jedem Objekt in unserer Raumzeit gültig sein. Wir haben keine Einschränkung gemacht. Daraus folgt, dass es nur einen einzigen eindeutigen Zustand in unserer Raumzeit gibt. In unserer Raumzeit ist als Zustand für Objekte nur $l_P * m_P$ erlaubt.
- Der „interne“ Aufbau eines Objektes (QM) kann sich unterschiedlich auf $l_C * m_C$ aufteilen. Unsere kontinuierliche Raumzeit hat keine Bedingung für eine Quantisierung. Diese kommt nur aus den Grenzen. Da die Wirkung immer an ein h gebunden ist, kommen nur Zustände in dieser Schrittweite zustande. Unsere kontinuierliche Raumzeit gibt dies nicht explizit vor. Das kommt nur aus dem Übergang der Grenzbedingung.

Wer sich gewundert hat, dass wir aus der ART heraus eine Quantisierung erzeugen können, muss jetzt mal auf die Zähne beißen. Wir legen noch eine Schippe drauf. Tief durchatmen und los.

- In unserer Raumzeit sind auf Grund der Grenzen der Raumzeit, nicht nur alle Wirkungen aus dem Niederdimensionalen quantisiert, es gibt zusätzlich nur einen einzigen erkennbaren Zustand für eine einzelne Raumzeitdichte $l_P * m_P$, wenn die niederdimensionale Grenze beteiligt war.
- Die QM beschreibt alle möglichen „internen“ Abbildungen in niederdimensionalen Raumzeiten dieser Raumzeitdichte und mögliche Wechselwirkungen zwischen diesen niederdimensionalen Abbildungen in unserer Raumzeit. Diese niederdimensionalen Raumzeiten (Felder der QFT) kennen selbst auch keine Quantisierung. Einzige Bedingung für die Quantisierung bleibt die niederdimensionale Grenze.
- Keine einzige Raumzeit kennt für sich eine Quantisierung. Nur der dimensionale Übergang zwischen Raumzeiten mit unterschiedlicher Anzahl von Raumdimensionen erzeugt eine quantisierte Wirkung und einen einzigen erkennbaren Zustand je Raumzeit.

Der Zustand einer einzelnen Raumzeitdichte ist mit $l_P * m_P$ fix festgelegt. Die Veränderung mit einem h ist nur eine andere Aufteilung auf der Seite mit der inneren Struktur $l_C * m_C$. Das ist der Grund, warum h der QM zugeschlagen wird. Die Definition kommt aber aus der Grenze unserer Raumzeit.

Das war jetzt starker Tobak, es fehlen jedoch noch zwei wichtige Eigenschaften aus der Grenze der Raumzeit heraus. Wir kümmern uns erstmal um diese Themen und kehren dann nochmals zur Ruhemasse zurück.

3.8 Erkennbare Geometrien über eine dimensionale Grenze hinweg

In der bisherigen Logik ist es nicht 100% klar, warum wir Schnittstellenobjekte in unserer Raumzeit erkennen können. Es stellt sich folgende Frage. Welche Eigenschaften können wir über eine dimensionale Grenze hinweg erkennen? Wir sind uns sicher, dass wir was erkennen

können müssen. In unserer Raumzeit gibt es Photonen, als Objekte für die niederdimensionale Grenze und Schwarze Löcher, als Objekte für die höherdimensionale Grenze.

Wir werden sehen, dass wir nur sehr wenige Eigenschaften über die dimensionale Grenze hinweg erhalten können. Das wird gegen die normale Intuition laufen. Dabei gibt es zwei große Bereiche. Die Zeit als eigenen Bereich behandeln wir im nächsten Abschnitt 3.9. Hier kümmern wir uns um die Geometrie von Objekten und damit um die Geometrie der Raumzeit.

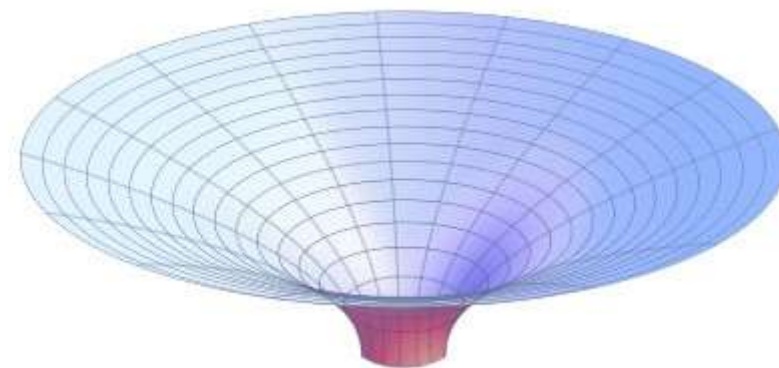
3.8.1 Höherdimensionale Grenze

Das ein Schwarzes Loch irgendeine Form von Übergang sein soll ist ein alter Hut. Dazu gibt es jede Menge verschiedene Ideen. Eine davon ist zum Beispiel das Stichwort: Wurmloch. Wenn man es mal nicht so streng sieht, dann sieht der höherdimensionale Übergang auch nur wie ein Wurmloch aus. In der DP in eine höherdimensionale Raumzeit. Mit den Zutaten Schwarzes Loch und Übergang kommt man sehr leicht auf diese Idee. Leider passt das Wurmloch nicht. Um es auf den Punkt zu bringe, die Idee eines Wurmloches ist komplett falsch.

3.8.1.1 Übergang per Dichte oder Krümmung

Das Problem sind Grafiken dieser Art

Abbildung 0-1: Flammische Paraboloid / Quellenverweis: Wikipedia 2025 [Mrmw](#) - Eigenes Werk, basierend auf: [Lorentzian Wormhole](#)



Eine Raumzeitkrümmung aus unserer Raumzeit 3D wird auf eine Abbildung in einer 1D Raumzeit zurückgeführt (Eine Raumkomponente radial und eine Zeitkomponente diagonal). Mathematisch ist da alles mit einer Einschränkung sauber. Die ART braucht für die Raumzeitkrümmung keinen höherdimensionalen umgebenden Raum. Das Bild zeigt die 1D Raumzeitkrümmung explizit mit einer extrinsischen Ausprägung in 3D. Das ist laut ART falsch. Man kann es aber nicht anders darstellen. So ein Bild der Raumzeit als Trichter wird als Wurmloch bezeichnet. Entscheidend ist der „Boden“ des Trichters. Wohin geht das „Loch“. Genau hier liegt das Problem. Es gibt kein Loch.

Das Bild mit dem Trichter führt einen auf den Gedanken, dass ein Wurmloch durch die Raumzeitkrümmung erzeugt wird. Das ist auch die allgemeine Lehrbuchmeinung in der Physik. Hier aus der DP heraus ein klares, Nein! Die Raumzeitkrümmung hat nichts, aber auch gar nichts mit dem Übergang zu tun. Das Trichterbild führt uns auf den falschen Pfad. Die Bedingung für den Übergang ist: $d = \frac{l_P}{E_P}$. Da steht was von Länge und Raumzeitdichte. Da kommt keine Raumzeitkrümmung vor. Die Raumzeitkrümmung ist der Ausgleich der Raumzeit zu einer Raumzeitdichte. Der Übergang ist die Raumzeitdichte und nicht die Raumzeitkrümmung. Ok, der Übergang liegt auf dem Boden des Trichters und die Raumzeitkrümmung führt dort hin. Die Raumzeitkrümmung ist aber nicht der Übergang. Es gibt keine Singularität der Raumzeitkrümmung. Der Boden muss in dieser Darstellung einfach eine flache Scheibe sein. Die Raumzeitkrümmung geht nur bis zur Raumzeitdichte. Damit ist der Boden flach. Genau dieser flache Boden ohne Raumzeitkrümmung muss mit einer höheren Raumzeit verbunden sein.

Die Raumzeitdichte und nicht die Raumzeitkrümmung ist der Grund für den höherdimensionalen Übergang

Gegenprobe: Wenn der Übergang in der Raumzeitkrümmung liegt, dann müsste es für die Raumzeitkrümmung einen maximalen Wert oder eine Singularität geben. Bei der Singularität haben wir einen unendlichen Wert, das kann kein Übergang sein, das ist nicht definiert. Haben wir einen maximalen Wert, dann müsste das Wachstum eines Schwarzen Loches begrenzt sein. Die Raumzeitkrümmung erreicht dann nur noch diesem Wert. Es könnte nicht noch mehr Materie in das Schwarze Loch fallen. Eine Wachstumsgrenze für ein Schwarzes Loch ist nicht bekannt.

3.8.1.2 4D zu 3D

Was können wir an einer Raumzeitdichte, welche auch in 4D liegt, erkennen? Das können nur noch die über den Übergang verbundenen Eigenschaften aus unserer Raumzeit sein. Bei der Raumzeitdichte ist dies nicht viel. Wir erkennen nur die Eigenschaften der Energie. Holen wir mal wieder die Formel für die Energie:

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$$

Der erste Term ist dann die Ruhemasse des Schwarzen Loches. Der zweite Term ist die Bewegung des Schwarzen Loches in unserer Raumzeit. Da ist der Impuls und der Drehimpuls. Ende der Fahnenstange, mehr haben wir nicht.

3.8.1.3 Informationsparadoxon

Moment mal! Wir kennen uns doch in dem Thema aus. Ein Schwarzes Loch hat zur Masse und Eigenbewegung noch mindestens die Eigenschaft elektrische Ladung. Die Ladungen dürfen nicht einfach verschwinden. Das führt uns direkt zum Informationsparadoxon eines Schwarzen Loches.

Die erste Begrenzung über den Inhalt des Schwarzen Loches kommt aus der Raumzeitkrümmung. Wir stimmen mit der QM überein, dass alle Wechselwirkungen des Standardmodells ohne Gravitation nur über Austauschteilchen übermittelt werden können. Das schnellste davon ist, das Photon. Ein Schwarzes Loch zeichnet sich gerade dadurch aus, dass auch ein Photon den Ereignishorizont nicht verlassen kann. Damit kann keine einzige Eigenschaft aus der QM außerhalb des Ereignishorizontes bekannt sein.

Es ist in der QM ein mathematisches Theorem, dass eine Information nicht einfach verschwinden kann. Da wir die Mathematik zur QM nicht verändern, sondern bestätigen, müssen wir uns an dieses Theorem halten. Das wir Menschen außerhalb des Schwarzen Loches an diese Information nicht mehr herankommen ist aber nicht das Paradoxon, sondern nur unsere eigene Arroganz. Dies ist nicht wichtig.

Das Problem liegt z.B. in der Hawking-Strahlung. Der exakte Mechanismus ist hier nicht relevant. Wichtig ist, dass ein Schwarzes Loch seine Energie durch Teilchen abgeben kann, welche gar nicht hinter dem Ereignishorizont waren. Die Teilchen vom Rand des Ereignishorizontes tragen damit keine Information aus dem Schwarzen Loch heraus. Das Schwarze Loch verliert trotzdem Masse und löst sich sehr, sehr langsam auf. Wo ist die Information der Teilchen im Schwarzen Loch hin?

Die Information ist tatsächlich, auf dem „Boden“ des Trichters, nicht mehr vorhanden. Wir verletzen das Informationstheorem trotzdem nicht. Den Grund könnt ihr euch vermutlich schon denken. Der dimensionale Übergang. Der niederdimensionale Übergang zwischen 3D und 2D erzeugt die gesamte QM. Nur im Zentrum eines Schwarzen Loches sind wir beim Übergang von 3D auf 4D.

Die Bedingung für ein Schwarzes Loch ist: $d = \frac{l_p}{E_p}$

Die Bedingung für eine Abbildung über die niederdimensionale Grenze ist:

Wirkung: $h = l_p * m_p * c$

Zustand $l_c * m_c = l_p * m_p$

Die Bedingung in d ist explizit so, dass wir entweder eine Länge kleiner l_p haben oder Energie mit einer Masse größer m_p . Dann können wir über die niederdimensionale Schnittstelle weder eine Wirkung noch einen Zustand in unserer Raumzeit abbilden. Das passt sehr gut, da die Bedingung für ein Schwarzes Loch ist, dass die Raumzeitdichte nicht mehr in unserer Raumzeit abgebildet werden kann. Dann können wir dafür auch keine 2D Abbildung mehr erhalten.

Das macht absolut Sinn. Die QM bildet sich über die Schnittstelle 2D zu 3D. Im Schwarzen Loch sind wir aber aus der Raumzeit raus oder besser, genau auf der Grenze zu 4D. Da gibt es keine 2D-Abbildung mehr. Mit der Bildung eines Schwarzen Loches, verliert die 3D Raumzeitdichte ihre 2D Abbildung für die QM. Die QM ist dort nicht mehr zuständig und kann keine Aussage zum höherdimensionalen Übergang machen. Es gibt keine Informationsparadoxon aus der QM heraus in einem Schwarzen Loch. Die QM verliert im Zentrum eines Schwarzen Loches ihre Gültigkeit. Es gibt tatsächlich keine niederdimensionale „innere“ Struktur der Raumzeitdichte in einem Schwarzen Loch. Damit keine Informationen. Die QM verliert keine Information für sich selbst, diese ist dort einfach nicht mehr aussagefähig. Es ist sogar umgekehrt richtig. Wenn die Hawking-Strahlung aus einem Schwarzen Loch dessen Information herausbringen würde, dann hätten wir ein Problem.

Eventuell könnt ihr ab hier erahnen, wie ich mich fühle, wenn immer und immer wieder die große Versprechung kommt, dass nur die QM mit einer irgendwie gearteten Quantengravitation das Rätsel der Singularität in einem Schwarzen Loch lösen kann, **lol**.

3.8.2 Niederdimensionale Grenze

Die exakte Beschreibung der Schnittstelle ist der gesamte Teil 3 QM. Hier gehen wir nur auf einen Punkt ein. Wenn alles eine Verformung der Raumzeit durch Dichte und Krümmung ist, warum können wir diese Geometrie nicht direkt aus dem niederdimensionalen erkennen. Wir sagen nicht, dass ein Elementarteilchen eine Raumzeitkrümmung nach oben oder unten hat. Es kommen neue Bezeichnungen wie Spin und Ladung dazu. Dies deutet darauf hin, dass man eine Raumzeitgeometrie über einen dimensional Übergang nicht so einfach erkennen kann.

Das Ganze ist sogar noch viel wilder. Man kann, in einem ersten Ansatz, über so eine Grenze überhaupt keine Geometrie erkennen. Die Stelle wäre fast das Ende der DP gewesen. Es war klar, dass dieser Übergang eine der wichtigsten Eigenschaften der DP sein wird. Ich konnte aber, eine sehr lange Zeit, keine geometrische Abbildung über die Grenze hinweg finden. Im Nachgang war die Lösung so einfach und offensichtlich, dass ich mich dafür wirklich geschämt habe. Wenn mal die Lösung da ist, ist alles sehr einfach. Man muss aber erstmal darauf kommen. Die Lösung ist die Schnittstelle selbst. Ab diesem Punkt haben sich dann fast alle weiteren Probleme wie von selbst gelöst. Es bedurfte dann nur noch etwas Zeit und Hirnschmalz.

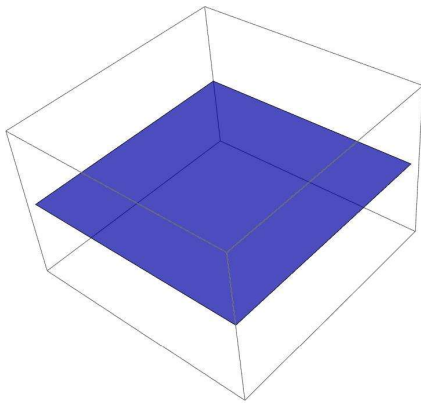
3.8.2.1 Nichts geht mehr

Das eigentliche Problem ist nicht ein niederdimensionaler Übergang, sondern grundsätzlich der Übergang mit einer unterschiedlichen Anzahl von Raumdimensionen. Das Problem ist in jeder n-dimensionalen Raumzeit vorhanden.

Wir starten einfach in unserer Raumzeit und stellen uns ein Volumen vor. Länge * Breite * Höhe. Das Volumen hat in unserer Raumzeit eine Ausdehnung und eine Oberfläche. Das ist noch alles klar. Jetzt nehmen wir eine zweidimensionale Fläche mit Länge * Breite und Höhe = 0. Eine Raumdimension muss null sein. Das ist die Definition von niederdimensional. Dann sind das Volumen und die Oberfläche per Definition auch null.

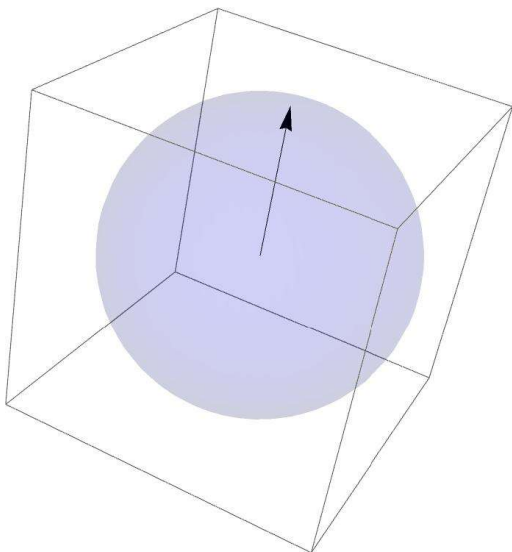
Aber wir können doch für die Fläche Länge, Breite und Flächeninhalt angeben. Das sind gute Abmessungen. Ja schon, aber das ist wieder eine mathematische Abstraktion, ähnlich der Diskussion mit dem Punkt, dieses Mal auf 2D. In 3D können wir den Anfang oder das Ende von Länge oder Breite nicht erkennen. Die Höhe ist null. Für uns als 3D-Wesen ist da Nichts. Eine 2D-Fläche ist mathematisch abstrakt beschreibbar, aber real in einer 3D-Raumzeit nicht erkennbar. Das wird auch nicht besser, wenn wir aus der Fläche eine Kugel machen (ein geschlossenes Objekt). Denn die Höhe oder Dicke der Fläche, welche die Kugel begrenzt, ist per Definition null. Da ist nichts.

Abbildung 0-2: Einfache 2D Fläche



Wie wollen wir die Fläche in 3D als Objekt erkennen können, wenn wir auf Grund der fehlenden Höhe einen Beginn oder ein Ende der Länge oder Breite nicht feststellen können?

Abbildung 0-3: 2D Kugel als vermeintliches 3D Objekt



Das sieht doch erstmal nach einem 3D Objekt aus. Nur dazu müssten wir die Hülle, mit dem Radius feststellen können. Aber genau die Höhe der Hülle ist per Definition auf null festgesetzt. Da gibt es nichts, wo wir einen Radius festlegen können. Damit können wir dieses vermeidliche 3D Objekt in unserer Raumzeit nicht feststellen.

Wir können eine Fläche wie ein Blatt Papier beliebig „zusammenknüllen“. Das Blatt Papier hat ein Volumen. Daher erkennen wir jede veränderte Form davon. Eine Fläche hat kein Volumen und keine Oberfläche. Daher können wir diese Fläche in keiner Form erkennen.

Das Ganze muss sich jeder mal separat in einem ruhigen Stunden selbst überlegen. Ihr kommt auf folgendes Ergebnis:

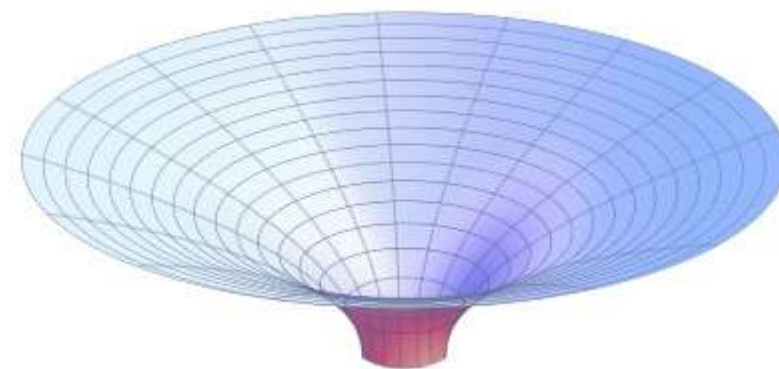
Über die dimensionale Grenze kann keine geometrische Größe weitergeben werden

Länge, Volumen, Oberfläche oder auch nur eine Entfernung, sind Angaben, welche immer nur in der eigenen n dimensional Raumzeit eine sinnvolle geometrische Angabe entsprechen. Es ist vollkommen egal, welche Form die nieder- oder auch höherdimensionale Geometrie hat. In der eigenen Raumzeit ist diese Geometrie nicht erkennbar. Das ist verdammt wenig. Wir werden in Teil 3 sehen, dass genau dieses Verhalten und die fehlende Zeit aus Abschnitt 3.9 die Beschreibung der QM so „seltsam“ werden lassen.

Wir müssten schon irgendetwas erkennen können, sonst ist unser Ansatz falsch. Es ist aber gar nicht notwendig, geometrische Form erkennen zu können. Wir müssen eine Raumzeitdichte erkennen können. Darauf baut alles auf.

3.8.2.2 Das Problem ist die Lösung, zum Ersten: Extrinsische Ausprägung

In der Lehrbuchbeschreibung der ART liegt die Raumzeitkrümmung und damit auch die Raumzeitdichte immer intrinsisch in der Raumzeit. Holen wir unser Trichterbild, Abbildung 3-1. Wichtig, das Bild ist aus rein mathematischer Sicht eine 100% richtige Darstellung. Nur für die Sichtweise der ART darf es keine extrinsische Krümmung geben.



Das bedeutet, die Raumzeitkrümmung muss in der Ebene liegen. Bei dem Trichter wird die Raumzeitkrümmung aber explizit aus der Ebene heraus nach unten gezeichnet. Damit ist dies eine extrinsische Darstellung und für die ART eigentlich falsch. Wirklich? Warum will man in der ART keine extrinsische Darstellung haben? Genau hier liegt die Lösung.

Unsere 3D Raumzeit müsste in eine höhere Raumzeit eingebettet sein. Da man mit so wenig zusätzlichen Annahmen wie möglich auskommen will, lässt man dies weg und macht die Abbildungen intrinsisch. Das ist mathematisch kein Problem. Die Beschreibung der ART könnte aber genauso gut extrinsisch erfolgen. Das ist die Anwendung von Ockhams Rasiermesser.

Zum Glück sind wir in der Beschreibung der DP. Durch die Raumzeitgrenzen ergibt sich zwingend, dass unsere Raumzeit in mindestens eine höherdimensionale Raumzeit eingebettet ist, da wir Schwarze Löcher haben. Die Raumzeitgrenzen existieren. Daraus folgt für uns, dass wir ohne Einschränkung eine extrinsische Beschreibung benutzen dürfen. Wir werden in Teil 3

erkennen, dass wir bis auf eine Ausnahme, die Ruhemasse, sogar nur extrinsische Eigenschaften erkennen können.

Hier ein falsches Bild von einer 2D Fläche in einem 3D Volumen. Da kann in der 2D Fläche so viel 2D-Geometrie vorhanden sein wie will. Wir können nichts erkennen. Die Fläche ist nur eine

Abbildung 0-5: Einfache 2D Fläche

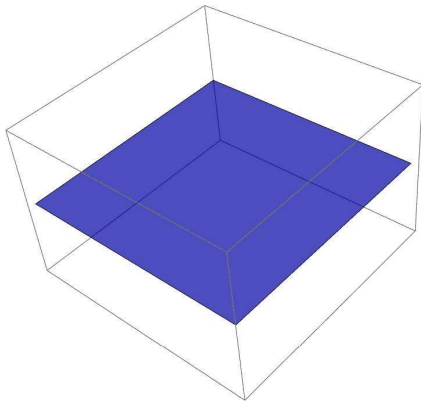
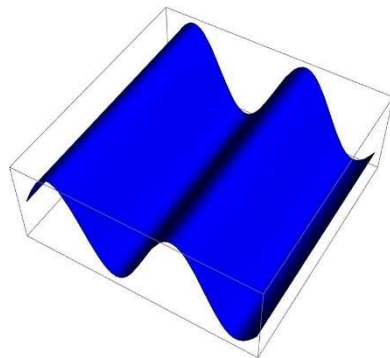


Abbildung 0-4: Wellenförmige 2D Fläche



Abstraktion.

Wenn wir die 2D-Fläche aber extrinsische zu einer Welle verformen, dann enthält das 3D Volumen mehr 2D-Raumzeit. Das ist eine Erhöhung der Raumzeitdichte im 3D-Volumen. Da ist mehr niederdimensionale Raumzeit enthalten. Das bedeutet, wenn wir uns von der Vorgabe keine extrinsische Verformung zu benutzen lösen, dann haben wir eine Möglichkeit für eine erkennbare Raumzeitdichte gefunden.

Die dimensionale Schnittstelle, welche keine geometrischen Eigenschaften übergibt, bedingt durch die Einbettung aber auch, dass wir eine extrinsische Ausprägung benutzen können. Diese Ausprägung können wir in 3D erkennen. Eine Wellendarstellung kann in 2D selbst nicht erkannt werden. Es muss immer über die Raumzeitdichte gehen. Das bedeutet, dass ein Photon (eine Darstellung auf nur 2 Raumdimensionen) zwingend eine Wellendarstellung sein muss. Es ist aber eine Wellendarstellung einer einzigen Raumzeitdichte. Teilchen und Welle gleichzeitig. Das ist kein Fehler oder Paradoxon, dies ist in diesem einfachen Bild tatsächlich richtig. Damit können wir auch erklären, warum für ein Photon die Wellenlänge und nicht die Amplitude die Energie angibt. Wenn wir die Amplitude erhöhen, dann müssten wir auch das betroffene Volumen erhöhen. Die Amplitude wird größer und die Höhe des Volumens wächst identisch an. Damit erhalten wir keine größere Raumzeitdichte in einem Volumen. Nur wenn wir die Wellenberge zusammenschieben, erhalten wir mehr 2D Fläche im gleichen Volumen. Vollkommen unabhängig von der Amplitude.

Abbildung 0-7: Welle mit der Amplitude von 1

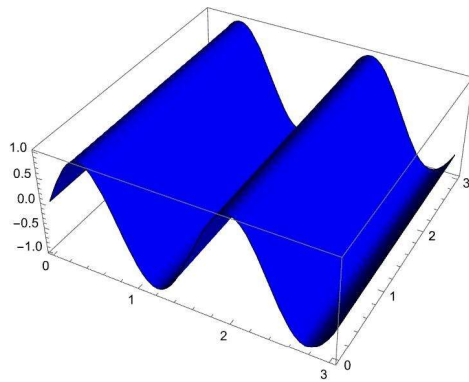


Abbildung 0-6: Welle mit der Amplitude von 4. Das Verhältnis Welle zu Volumen bleibt gleich.

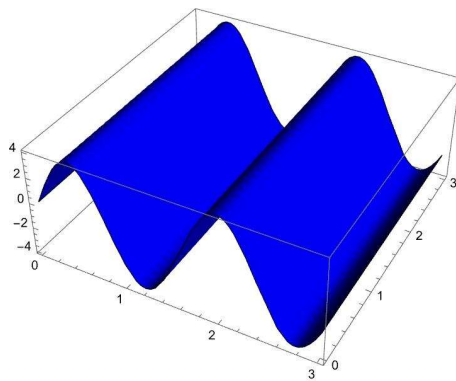
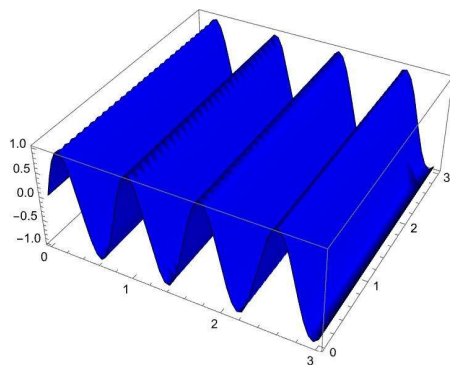


Abbildung 0-8: Mehr 2D Welle im 3D Volumen durch kürzere Wellenlänge.



Das ist ein sehr einfaches Bild (bei exakter Beschreibung sogar ein falsches Bild) von einem Photon, das werden wir aber in Teil 3 genauer besprechen. Die Wellen läuft hier in die falsche Richtung! Es fehlt die Raumdimension in Richtung der Amplitude. Dann müsste sich das Photon in dieser Richtung bewegen. Für eine Darstellung einer Analogie ist dies aber passend. Wir haben hier erstmal einen möglichen Übergang für die Abbildung von Raumzeitdichte in 3D gefunden.

3.8.2.3 Das Problem ist die Lösung, zum Zweiten: Schwarzes Loch

Wellenabbildung klingt schon mal, als ob es für die QM in die richtige Richtung geht. Für die QM müssen wir den gesamten Teilchen-Zoo des Standardmodells in niederdimensionalen Raumzeitkonfigurationen abbilden. Da ist die Möglichkeit mit der extrinsischen Abbildung schon mal ein Anfang. Das reicht für die benötigte Vielfalt aber niemals aus. Schön zu wissen, dass da noch was fehlt. Nur was ist es denn? Die Lösung haben wir uns jetzt schon 2-mal angeschaut und darüber diskutiert.

Trommelwirbel, die Lösung ist: Der Trichter. Das Bild lasse ich hier weg, sonst wäre es keine Überraschung geworden. Über den Trichter in Verbindung mit den Raumzeitgrenzen, sind wir auf die Idee gekommen, dass wir eine extrinsische Abbildung wie den Trichter benutzen dürfen. Frage: Welches Objekt soll der Trichter abbilden? Genau, ein Schwarzes Loch. Was ist ein Schwarzes Loch? Richtig, der höherdimensionale Übergang. Wir brauchen im niederdimensionalen eine Abbildung eines Schwarzen Loches. Dann haben wir einen höherdimensionalen Übergang von 2D auf 3D und sind genau da, wo wir hinwollen, in unserer Raumzeit. Das steht hier in dem Absatz so einfach da. Glaubt mir, diese einfache Idee war eine schwere Geburt.

Dieses Schwarze Loch ist dann auch gleich der Grund für Teilchen mit Ruhemasse. Witzig ist, dass es in etlichen Lehrbüchern eine kleine Rechnung zu einem Schwarzen Loch gibt. Berechnen Sie bitte, warum ein Elektron kein Schwarzes Loch sein kann. Die Berechnung ist einfach und hat als Ergebnis einen Schwarzschildradius von ca. $1,353 \cdot 10^{-57}$ für das Elektron. Dies ist kleiner als die Planck-Länge. Damit kann ein Elektron kein Schwarzes Loch sein. Wir werden später sehen, dass diese Aussage für unsere Raumzeit absolut richtig ist. Es gibt eine minimale Grenze für den Schwarzschildradius. Der ist beim Elektron um viele Größenordnungen unterschritten. Das Elektron ist aber das perfekte Schwarze Loch in einer 2D Raumzeit. Mit einem wesentlich kleineren Dimensionalen Konstante als in dieser Raumzeit. Jede Raumzeit hat ihre eigenen Planck-Werte. Die Planck-Masse einer einfachen 2D Raumzeit kennen wir jetzt schon, die Ruhemasse des Elektrons.

3.9 Zeit

Dem Mysterium der Zeit gebührt mit Sicherheit mehr als nur ein Abschnitt in diesem Kapitel. Wir dürfen uns sicher sein, dass wir dies nicht vollständig lösen werden. Wir benötigen für die DP aber eine passende logische Beschreibung der Zeit. Dies wird hier besprochen, da in der DP die Zeit nur im Zusammenhang mit den Raumzeitgrenzen verständlich ist.

Zeit ist immer mit einer Veränderung verbunden. Ohne eine Veränderung könnte auch keine Zeit erkannt werden und umgekehrt. In der DP ist alles, was wir erkennen können mit mindestens einer Raumdimension verbunden. Um eine Dichte abbilden zu können benötigen wir mindestens eine Raumdimension. Eine Veränderung einer Abbildung ist damit immer die Veränderung von Raumdimension und der Zeit. Zeit und Raum sind damit nicht unabhängig.

Wir sind bereits mit einem Ansatz aus der ART gestartet. Daher ist es klar, dass wir mit einer Raumzeit als ein untrennbares Objekt arbeiten müssen. Es macht aber trotzdem Sinn, sich diese Einheit als Folgerung einer Dichte auf die Raumdimension herzuleiten. Da Raum und Zeit nicht unabhängig sind, bleiben wir bei der Raumzeit und Raumzeitdichte.

Es bleibt aber die Frage offen, warum denn die Zeit nicht einfach gleichbleibend vergeht, wenn sich die Raumdichte verändert. Das liegt daran, dass die Veränderung der Raumdichte eine Veränderung der Raumdefinition ist. Die Geschwindigkeit ist Länge durch Zeit. Die Zeit bleibt gleich, die Länge wird bei Beschleunigung aber „kürzer“. Das Objekt würde bei Beschleunigung langsamer werden. Das entspricht wohl nicht der Beobachtung. Die Rechnung der ART funktionieren nur, weil man aus der Zeitdimension eine Raumdimension gemacht hat. Nochmal: Die Zeitdimension ist in der ART wie auch in der SRT eine Raumdimension mit unterschiedlichen

Vorzeichen. Bei der Raumdimension verändert sich die Definition der Geometrie. Damit muss sich auch die Zeitdimension als die Definition der Zeit verändern. Raum- und Zeitdimension verändern die Definition was eine Längeneinheit oder eine Zeiteinheit ist. Da wird nichts gequetscht oder gezogen.

Die Zeit ist damit an die Raumzeitkonfiguration gebunden. Verändert sich diese Konfiguration, zum Beispiel eine Raumdimension weniger, dann ist dies nicht mehr die identische Raumzeit. Das Objekt Raumzeit wird verlassen. Dann muss auch die Zeit gegen null laufen. Daher muss jede Raumzeitkonfiguration seine eigene Zeitdimension haben.

Daraus können wir für uns folgende Dinge ableiten:

- Die Zeit einer Raumzeit kann nicht über die dimensionale Grenze weitergehen
- Jede für sich separat existierende Raumzeitkonfiguration hat eine eigene, nur an diese Raumzeit gebundene Zeitdimension. Die Zeitdimension ist nicht nur dynamisch, diese ist auch lokal je Raumzeit. Daher zählen wir die Zeitdimension bei der Anzahl der Raumdimensionen nicht mit. Es ist immer eine zusätzliche Zeitdimension vorhanden. Wir zählen bei einem Menschen auch nur einen und nicht einen Menschen und einen Kopf. Der ist immer dabei.
- Der dimensionale Übergang liegt nur auf den Raumdimensionen aber nie auf der Zeitdimension

Die Raumzeitgrenzen sind aus Sicht der Zeit erreicht, wenn wir keine Wirkung an einem Zustand mehr erreichen können, keine Veränderung mehr. Dann können wir keine Zeit mehr feststellen. Schauen wir uns nochmal die kleinen Formeln zu Wirkung und Zustand in unserer Raumzeit an:

Wirkung: $h = l_p * m_p * c$

Zustand: $l_c * m_c = l_p * m_p$

Nehmen wir jeweils nur die rechte Seite und setzen die Wirkung zu Zustand ins Verhältnis:

$$\frac{\text{Zustand}}{\text{Wirkung}} = \frac{l_p * m_p}{l_p * m_p * c} = \frac{1}{c}$$

Das ist der „Widerstandswert“ der Raumzeit gegen eine Veränderung. Der ist bei c überbrückt und es kann keine Veränderung mehr geben. Die Wirkung aus dem niederdimensionalen muss die Zustandsabbildung aus dem niederdimensionalen noch verändern können. Das ist die niederdimensionale Grenze.

Wir können aus diesen Überlegungen die Zeit mit dem Abstandsmaß zu den Grenzen der Raumzeit gleichsetzen.

Die Zeit ist ein Abstandsmaß zur Raumzeitgrenze

Damit gibt es in der DP keinen Fluss der Zeit oder einen Zeitpfeil. Die bessere Sichtweise ist, dass das Erleben der Zeit die ständige Abstandsmessung zur Raumzeitgrenze ist. Daher erleben wir keine Vergangenheit. Es kommt immer die nächste Messung zur Grenze. Der „Messwert (Die Definition der Zeiteinheit)“ kann sich aus der Vergangenheit wiederholen. Es ist aber eine andere Messung. Der Zeitfluss ist die Reihe der Abstandsmessungen.

Zum Abschluss noch eine oft gestellte Frage: Warum gibt es nur eine Zeitdimension? Diese Frage lässt sich mit unserer neuen Sichtweise leicht erklären. Das Objekt Raumzeit kann genau einmal verlassen werden. Dann ist man raus. Wir können die Raumzeit nicht nochmal verlassen, wenn wir schon draußen sind. Daher kann es nur eine Zeitdimension geben. Der Zeitverlauf ist die Abstandsmessung zur Raumzeitgrenze. Es ist nur eine Zeitdimension je Raumzeit möglich.

Die Idee, dass die Zeit eine Abstandsmessung ist, hat noch einen weiteren Grund: Das Relativitätsprinzip. Damit lässt sich eine lokal gleichbleibende Zeit sehr gut erklären. Das wird im nächsten Kapitel durchgearbeitet.

3.10 Ruhemasse und $E = mc^2$

Es gibt separate Wert je Elementarteilchen für die Ruhemasse und nicht wie bei h einen Wert für alle. Klar, h kommt aus der Schnittstelle und gilt einfach für alles aus dem Niederdimensionalen. Die Ruhemasse ist eine niederdimensionale Raumzeitdichte. Die Ruhemassen sind für sich auch ein Quantum. Je Teilchen/Raumzeitkonfiguration gibt es nur mit einem bestimmten Wert und dann ein Vielfaches davon.

Jede Raumzeitkonfiguration hat ihre eigene Planck-Werte und in 2D ist jede Abbildung, die wir in 3D mit Ruhemasse wahrnehmen eine Abbildung mit mindestens einem Schwarzen Loch. Die Ruhemasse für ein Elektron ist in 2D die dortige Planck-Masse für die Dimensionale Konstante. Die Ruhemasse ist die Energie oder Raumzeitdichte ohne den zeitlichen Anteil.

Schauen wir uns dies mit etwas Mathematik an. Für die Ruhemasse können wir wieder die berühmteste Formel der Welt benutzen: $E = mc^2$. Wenn wir in unserer Raumzeit aus der Ruhemasse eine Energie machen wollen, dann müssen wir immer ein c^2 einfügen. Warum eigentlich? Ich hoffe, dass inzwischen keiner mit den Gedanken kommen will mit: „na, die Formel gibt dies so vor“. Ja das tut die Formel und die Maßeinheiten müssen übereinstimmen. Wir müssen aus der Logik der DP heraus erklären, warum wir ein c^2 benutzen. Das ergibt sich wie immer aus der Schnittstelle. Die Überlagerung von 3D zu 2D ist nur im Raum. Damit haben wir im ersten Schritt nur zwei Raumdimensionen belegt. Da in 2D die Dimensionale Konstante überschritten wurde, werden für die Abbildung mehr Raumdimensionen benötigt. Eine Energie und damit Raumzeitdichte in unserer Raumzeit muss aber alle 3 Raumdimensionen und die Zeitdimension belegen. Der Übergang ist immer eine Raumdimension und eine Zeitdimension. Wobei die Zeitdimension eine „verkappte“ Raumdimension ist. Da wir dafür den „Übergang“ schaffen müssen, brauchen wir je Raumdimension ein c und landen bei c^2 . Also müssen wir immer ein c^2 multiplizieren. Die Logik stimmt für beliebig dimensionale Raumzeiten, da wir immer nur den Übergang in eine Raumdimension höher $n+1$ oder niedriger $n-1$ schaffen. Wir können schon bei einer Raumdimension mehr oder weniger fast keine Eigenschaften mehr erkennen. Bei zwei Raumdimensionen mehr erkennen wir gar nichts mehr. Bei zwei Raumdimensionen weniger geht es nur über einen Umweg, den wir bei den Neutrinos nutzen werden. Daher ist $E = mc^2$ für alle beliebigen Raumzeiten universell gültig.

Noch ein Wort zu den Maßeinheiten von Energie, Kraft und einer Wirkung. Als erstes schreiben wir uns für die drei Werte die Maßeinheiten auf:

- Energie: $[kg * \frac{m}{s} * \frac{m}{s}]$
- Kraft: $[kg * \frac{m}{s^2}]$
- Wirkung: $[kg * m * \frac{m}{s}]$

Allein wie wir die Maßeinheiten hinschreibe verweist auf eine bestimmte Richtung, wie dies zu lesen ist. Die Energie haben wir gerade geklärt und daher sehen die Maßeinheiten dort so aus. Wir hätten die Energie auch wie folgt schreiben können: $[kg * m * \frac{m}{s^2}]$. Dann sieht es so aus, dass die Energie eine Beschleunigung beinhaltet und damit eine immerwährende Veränderungsrate. Ist für eine Größe, die sich selbst nicht verändern kann, etwas seltsam. Mit unserer Logik ist die Lesart der Maßeinheiten festgelegt. Bei der Kraft wird explizit etwas verändert. Bei der Angabe der Kraft wird die Veränderung als Beschleunigung, also als eine Veränderungsrate angegeben. Bei der Wirkung kommen die Maßeinheiten zustande, da es eigentlich eine Energie * Zeit ist und sich daher die Zeit im Nenner einmal weg kürzt. Also eine

kontinuierliche Portion an Energie über eine Zeit. Da darf es keine Beschleunigung geben. Es ist die Veränderung von einem Zustand in einen neuen Zustand. Da sich die Ruhemasse nicht verändern kann, ist es hier immer eine Veränderung des Impulses. In der Wirkung steckt daher auch ein Impuls mit: $[kg * \frac{m}{s}]$ mit drin. Wie sich dieser Impuls auf eine Länge verteilt, ist dann die Wirkung. Verteilt sich der Impuls auf eine kleine Länge, dann ist es eine große Wirkung und umgekehrt. Wir wollen hier alles erklären. Das normale Vorgehen in der Physik mit, wir setzen G (bei und d), h und c auf 1 und schieben später im Ergebnis alles nach, damit die Maßeinheiten stimmen, können wir uns nicht leisten. Das geht nur beim Berechnen ohne Nachdenken, aber nicht beim Erklären.

Können wir die Planck-Werte in einer Raumzeitkonfiguration berechnen. Ja und Nein. Ohne eine weitere Annahme für die Berechnung kommen wir auf keinen grünen Zweig. Die Planck-Werte je Raumzeitkonfiguration sind einfach gegeben. Ich habe 2026 noch keine Möglichkeit gefunden, diese berechnen zu können. Wir können aber mit einem kleinen Vorgriff auf ein späteres Thema eine Berechnung ausführen. Der Vorgriff ist, dass wir die elektromagnetische Kraft als niederdimensionale Gravitation ansehen werden. Zusätzlich ist hier nochmals darauf hingewiesen, dass wir eine Ruhemasse aus 2D nur in unserer 3D Raumzeit mit den uns bekannten Werten feststellen können. In 2D selbst sieht dies nochmals anders aus.

Nehmen wir etwas, dass wir kennen: Den Kräftevergleich der Gravitation und dem elektrischen Feld. Ich schreibe schon mal die Lösung hin.

$$\frac{F_{Elek}}{F_{Grav}} = \frac{\frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * r^2}}{\frac{G * m_1 * m_2}{r^2}} = \frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * G * m_e^2} = 4 * 10^{42} = \left(\frac{1}{2 * \pi}\right) * \alpha * \left(\frac{m_P}{m_e}\right)^2$$

Bei den Termen auf der rechten Seite, kommt keine Gravitation oder ein elektrisches Feld vor. Die Werte sind trotzdem identisch. Wie soll das denn gehen? Nach der Annahme, dass Gravitation als Kraft und das elektrische Feld als Kraft, sich nur in der Anzahl der Dimensionen unterscheiden, müsste dieser Vergleich nur von dem Unterschied in den Planck-Werten und vom niederdimensionalen Übergang abhängen. Genau dies sehen wir hier.

Die mathematische Erklärung ist sehr einfach. Wir nehmen der Term in der Mitte:

$$\frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * G * m_e^2}$$

Schritt 1: Wir schreiben unsere Definition von G in die Formel.

$$\frac{e^2 * m_P}{4 * \pi * \epsilon_0 * l_P * c^2 * m_e^2}$$

Schritt 2: Wir erweitern den Bruch mit einer Planck-Masse m_P .

$$\frac{e^2 * m_P^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * l_P * c^2 * m_P * m_e^2} = \frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * l_P * c^2 * m_P} * \left(\frac{m_P}{m_e}\right)^2$$

Schritt 3: Wir ziehen das c^2 auseinander und schauen uns den Nenner genauer an.

$$\frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * l_P * c * c * m_P} * \left(\frac{m_P}{m_e}\right)^2$$

Schritt 4: Im Nenner ist nun ein $h = l_P * m_P * c$ versteckt.

$$\frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * h * c} * \left(\frac{m_P}{m_e}\right)^2$$

Schritt 5: Dann ist der erste Term fast die Feinstrukturkonstante α . Wir haben aber ein h und keine \hbar . Darum müssen wir noch das Ganze mit $2 * \pi$ erweitern.

$$\frac{1}{2 * \pi} * \frac{e^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * \hbar * c} * \left(\frac{m_p}{m_e}\right)^2 = \left(\frac{1}{2 * \pi}\right) * \alpha * \left(\frac{m_p}{m_e}\right)^2$$

Das waren alles sehr einfache mathematische Umformungen. Wenn wir wissen wollen, was dies aussagt, so müssen wir mit dem Rechnen aufhören und zu einer Erklärung übergehen.

Rollen wir das Feld von hinten auf und fangen mit dem Term $\left(\frac{m_p}{m_e}\right)^2$ an. Das Quadrat entsteht, da wir beim Kräftevergleich die Kraft zwischen zwei Objekten in der jeweiligen Raumzeit vergleichen. Daher müssen wir hier ein Quadrat setzen. Warum steht hier die Planck-Masse im Zähler und die Ruhemasse des Elektrons im Nenner. Beim Kräftevergleich haben wir das umgekehrt gemacht. Beim Vergleich der Kräfte, ist die Kraft aus dem elektrischen Feld viel größer, da sich die Elektronen in Ihrer Raumzeit wesentlich einfacher beeindrucken lassen. Wenn wir das Verhältnis auf die Raumzeit selbst anwenden, dann ist natürlich unsere Raumzeit viel stärker/zäher als die 2D Raumzeit. Daher muss das Verhältnis umgedreht werden.

Die Feinstrukturkonstante α fangen wir uns ein, da wir einen Kräftevergleich zum elektrischen Feld machen. Die exakte Erklärung kommt im Teil 3. Hier mal die Kurzfassung: α verhält sich so, wie eine Maßstabsanpassung in einer Karte. Der Maßstab muss einfach um α gekürzt werden. Da die Planck-Masse festgelegt ist, kann sich α nur noch auf die Lichtgeschwindigkeit beziehen. Da die Lichtgeschwindigkeit nicht von der Anzahl der Raumdimensionen abhängt, Längenkontraktion und Zeitdilatation treffen immer nur die Bewegungsrichtung ohne Berücksichtigung der restlichen Raumdimensionen, so muss der Bruch aus $\frac{l_p}{t_p}$ mit Werten erreicht werden, die um α verschieden sind. Die Lichtgeschwindigkeit ist ein Bruch und kann mit unendlich vielen Werten erreicht werden. Da die Lichtgeschwindigkeit c aber der Dimensionale Übergang ist, muss α bei jeder Wechselwirkung mit einer elektrischen Ladung mitspielen. Bei mehrfachen Wechselwirkungen mit einem Exponenten. Dies schauen wir uns im Teil 3 genauer an.

Die $2 * \pi$ sind für uns alte Bekannte aus der Feldgleichung. Wenn wir in unserer Raumzeit mit einer Kraft arbeiten, dann brauchen wir diese je Raumdimension. Da wir bei einer Kraft immer eine Verbindungslinie zwischen den Objekten haben, kommen hier die $2 * \pi$ nur einmal vor. Da wir das Verhältnis umgedreht haben, brauchen wir diese hier mal im Nenner.

Das war ein längerer Abschnitt zu Ruhemasse, Maßeinheiten und „Zähigkeit“ der Raumzeitkonfiguration. Diese kleinen Anmerkungen dienen dazu, das Thema mit dem Dimensionalen Übergang besser zu verstehen. Wenden wir uns am Ende des Kapitels ein komplett anderes Thema zu.

3.11 Grenzen der Raumzeit und andere Theorien

Als letzten Abschnitt wollen wir uns eine bestimmte Auswirkung aus den Grenzen der Raumzeit anschauen. Wenn an der Idee mit der sehr harten Grenze der Raumzeit etwas dran ist, hat der größte Teil aller anderen „Theory of Everything (ToE)“ oder Auslegungen der Quantenmechanik ein großes Problem. Diese funktionieren fast alle nicht mehr.

Wir können die Lösungsansätze des Mainstreams an diesen Theorien in vier Kategorien aufteilen:

- Quantelung der Raumzeit: Es wird versucht die Raumzeit nicht kontinuierlich, sondern in Quanten aufgeteilt zu beschreiben. Bekanntester Vertreter ist die Schleifenquantengravitation.
- Quantelung der Gravitation: Die Raumzeit könnte noch kontinuierlich bleiben, die Gravitation sollte aber, wie alle anderen Wechselwirkungen auch, per Austauschteilchen beschrieben werden. Das Schlagwort hierzu ist die Quantengravitation.
- Multi-Dimensionaler Ansatz mit getrennten Raumzeiten: Hier werden in der QM bei den Wahrscheinlichkeiten komplett neue Welten erzeugt. Jede Wahrscheinlichkeit ist tatsächlich in einer getrennten Raumzeit/Universum vorhanden. Da kommt das Schlagwort „Viele-Welten-Interpretation“ zum Tragen mit den bekanntesten Kandidaten Everett- oder EWG-Interpretation.
- Multi-Dimensionaler Ansatz mit einer einzigen Raumzeit: Die benötigten Eigenschaften für die Beschreibung unseres Universums werden in verschiedenen Raumdimensionen gelegt, aber alles in einer gemeinsamen Raumzeit. Der bekannteste Vertreter ist hier klar die Stringtheorie.

In den vier Kategorien gibt es nicht die eine Theorie. Es sind immer ganze Familien an unterschiedlichen Theorien. Wie viele unterschiedliche Familienmitglieder es gibt ist für uns nicht relevant. Wir können in der DP für jede dieser Kategorien ein Argument finden, warum dies nicht funktionieren kann. Damit ist schon klar, wo der Beliebtheitsgrad der DP bei Physikern steht. Wir können wohl über 95% aller Ansätze ausschließen, für die diese Physiker in diesem Bereich ein Forschungsauftrag erhalten. Hier heißt es, gute Miene zum Bösen Spiel. Hier geht es nicht darum andere Theorien als „schlecht“ zu kennzeichnen. Wenn wir diese Theorien ausschließen können, dann haben wir Prüfungen für die DP gefunden. Die grundsätzlichen Merkmale dieser Theorien sind harte Prüfungen für die DP. Wir gehen einfach die Kategorien durch.

3.11.1 Quantelung der Raumzeit

Hier haben wir gleich zwei Totschlagargumente, warum dies nicht mehr funktionieren kann. In der DP ist die Energie auch der Bewegungszustand. Damit muss die Raumzeit zwei zwingende Eigenschaften aufweisen: kontinuierlich und differenzierbar. Sonst können wir keine Bewegung als Raumzeitgeometrie direkt in der Raumzeit abbilden. Eine Raumzeit in Quanten ist damit nicht möglich. Insbesondere sind bei allen anderen Theorien die Raumzeit und der Inhalt der Raumzeit getrennte Beschreibungen. Die Raumzeit wird nur als „Hintergrund“ benutzt. Dann könnte man sich noch eine Quantelung vorstellen. Wenn die Bewegung aber eine Geometrie der Raumzeit selbst ist, funktioniert dies nicht mehr.

Das zweite Argument ist die Grenze selbst wie wir diese in der DP definiert haben. Das kann nur die Lichtgeschwindigkeit und ein Schwarzes Loch sein. Wie soll da die Raumzeit, meist auf Länge der Planck-Skalen, in Stücke zerlegbar sein. Dann ist jedes Raumzeitquant entweder mit Lichtgeschwindigkeit unterwegs und kann keine Zeit mehr feststellen oder es ist ein Schwarzes Loch. Beide Varianten können wir getrost ausschließen. Eine Quantelung der Raumzeit ist mit dem Ansatz der DP nicht möglich.

Was wir mit der Grenze der Raumzeit machen, ist das wir komplette Raumzeiten sehr hart voneinander trennen. Eine einzelne Raumzeit ist für uns ein Stück/Objekt. Eine einzelne Raumzeit könne wir aber nicht weiter zerlegen.

Sollte jemals eine Quantelung der Raumzeit festgestellt werden, ist die DP falsifiziert.

3.11.2 Quantelung der Gravitation

Hier müssen wir für den Bereich der Kosmologie und der QM etwas vorgreifen. Wir werden dort feststellen, dass es Austauschteilchen nur zwischen Raumzeiten geben kann, die in mindestens einer höherdimensionalen Raumzeit eingebettet sind. Austauschteilchen können wiederum nur Abbildungen in einer eingebetteten Raumzeit sein. Die Raumzeitkrümmung ist explizit eine Beschreibung in der eigenen Raumzeit. Durch die Raumzeitkrümmung wird die Raumzeitdichte nicht verändert. Damit auch keine Veränderung der niederdimensionalen Abbildungen. Wir bekommen für die Raumzeitkrümmung keine Abbildung über eine Raumzeitgrenze hinweg. Zur Erinnerung: Der Übergang liegt immer in der Raumzeitdichte und nicht in der Raumzeitkrümmung. Wir können mit unserem Ansatz die Gravitation nicht in Quanten zerlegen.

Sollte jemals eine Quantelung der Gravitation festgestellt werden, ist die DP falsifiziert.

3.11.3 Multi-Dimensionaler Ansatz mit getrennten Raumzeiten

Eine Viele-Welten-Interpretation der QM klingt doch sehr stark nach der DP. Wir haben getrennte Raumzeiten. Wir haben so viele Raumzeiten wie Möglichkeiten. Das machen wir in der DP doch auch. Auf der Ebene der Schlagwörter ist dies alles richtig. Im Detail machen wir in der DP was komplett anderes.

Eine Vielzahl an Raumzeiten haben wir immer nur über die niederdimensionalen Raumzeiten. Wenn unser Universum eine 3D Raumzeit ist, dann wird bei einem Messprozess in der QM aus einer Menge von 2D Raumzeiten eine exakte Auswahl getroffen. Diese Abbildung aus 2D erzeugt über die niederdimensionale Grenze eine Wirkung in unserer Raumzeit. Wir erzeugen bei einem Messprozess keine gleichdimensionalen Welten. Wir reduzieren aus allen 2D Möglichkeiten auf die eine, welche die Wechselwirkung durchführt. In der Kosmologie werden wir dann noch sehen, dass eine 2D Raumzeit von unserer 3D Raumzeit sehr stark verschieden ist. Die Idee, es gibt mich in einem anderen Universum, wo ich die DP als Unsinn deklariere, haben wir nicht. Mich gibt es in unserem Universum nur einmal und in anderen 3D Universen bin ich nicht vorhanden.

Mit dem Higgs-Boson werden wir auch in der DP eine unendliche Anzahl von 3D- Universen erhalten. Diese erzeugen sich aber nicht durch eine Messung oder ähnliches. Die sind mit dem Urknall aus unserem Universum bereits vorhanden und können nur über das Higgs-Boson kommunizieren.

Sollte jemals eine Viele-Welten Interpretation festgestellt werden, ist die DP falsifiziert.

3.11.4 Multi-Dimensionaler Ansatz mit einer Raumzeit

Hier haben wir eine ähnliche Situation. Wir behaupten in der DP, dass es niederdimensional und höherdimensional explizit gibt. In der Stringtheorie haben wir, je nach Ausprägung, eine unterschiedliche Anzahl an Raumdimensionen. Dann gibt es die AdS/CFT-Korrespondenz. Dort ist die Gravitation eine Raumdimension höher abgebildet als die Teilchen der QFT. Die Schwarzen Löcher im niederdimensionalen müssen in der DP auch eine AdS-Raumzeit sei. Sieht verdammt ähnlich aus. Letztendlich werden wir für die Abbildung eines Neutrinos ein Gebilde mit genauer einer Raumdimension haben. Das ist doch ein String!

Ich finde es erstaunlich, wie viel Ähnlichkeiten bei bestimmten Teilaspekten zwischen den verschiedenen Ansätzen der jeweiligen Theorien auftauchen. Die Theorien aber doch grundsätzlich unterschiedlich funktionieren. In der DP können wir mit jeglicher Version einer Stringtheorie nichts anfangen. Dazu nehmen wir uns drei Punkte heraus.

- Es gibt immer noch eine Trennung zwischen der Raumzeit und dem String als Objekt in der Raumzeit. Ein String ist keine Raumzeit selbst. Es gibt immer noch eine Bühne und einen Akteur, die unterschiedlich sind. Das kennen wir nicht mehr.

- Die Geometrie eine 1D String soll in höheren Dimensionen erkennbar sein. Die Schwingung des Strings oder ob dieser offen oder geschlossen ist muss in eine Raumzeit mit 3 Raumdimensionen und einer Zeitdimension, also unserer Raumzeit, erkennbar sein. Wir haben gerade besprochen, dass wir über eine verschiedene Anzahl von Raumdimensionen hinweg keine Geometrie erkennen können. Eine Grundannahme, der Strings in Schwingung, lässt sich bei uns nicht feststellen. Damit können dies nicht die Elementarteilchen des Standardmodells sein.
- Es werden hier, über eine Anzahl von Raumdimensionen hinweg, Eigenschaften ausgetauscht. Das ist uns in der DP nicht möglich. In einer n -dimensionalen Raumzeit, können wir nur n -dimensionale Eigenschaften erkennen. Mit den Grenzen kommen wir dann noch als Schwarzes Loch auf $n+1$ und mit der Lichtgeschwindigkeit auf $n-1$. Dies nur über die jeweilige dimensionale Grenze. Wenn wir in der Stringtheorie von einer, sagen wir mal, 10-dimensionalen Raumzeit ausgehen, dann sind alle anders dimensionalen Objekt in anderen separaten Raumzeiten. Wir haben keine über mehrere Dimensionen hinweg gemeinsame Raumzeit.

Die DP und jede Form von Stringtheorie schließen sich gegenseitig aus.

Sollte jemals eine Variante der Stringtheorie festgestellt werden, ist die DP falsifiziert.

Sollte jemals ein supersymmetrisches Teilchen zu einem Elementarteilchen gefunden werden, ist die DP falsifiziert.

Sollte jemals eine kompaktifizierte Raumdimension gefunden werden, ist die DP falsifiziert.

Das waren jetzt sehr viele Punkte, die es zu bedenken gibt. Alles nur aus den Grenzen der Raumzeit heraus. Diese machen die DP erst möglich und schließen aber so gut wie alle anderen Ansätze aus.

Damit wollen wir dieses inzwischen sehr lange Kapitel endlich schließen. Als nächstes werden wir eine der wichtigsten Grundlage der Physik aufbauen, das Relativitätsprinzip.

4 Spezielles Relativitätsprinzip (SRT)

Die SRT basiert auf nur 2 Prinzipien

- Relativität
- Lichtgeschwindigkeit

Das klingt doch sehr einfach. Ist es auch. Wir werden hier die Dinge trotzdem entgegen dem Lehrbuchansatz anschauen müssen. Mit der DP haben wir einen für das Relativitätsprinzip wichtigen Aspekt verschoben. Es sieht so aus, dass eine Raumzeitdicke und damit auch der Bewegungszustand einen „absoluten“ Wert hat. Wir werden sehen, dass wir in der DP keinen absoluten Wert erhalten können. Allerdings ist eine Information von kleiner und größer zwischen Bewegungszuständen vorhanden. Laut dem Lehrbuchansatz des Relativitätsprinzips ist, das nicht erlaubt. Jedes Objekt kann sich als in Ruhe betrachten und es darf kein kleiner oder größer geben. Schon das Wort „Bewegungszustand“ ist dort nicht richtig. Dieser hängt immer vom gewählten Bezugssystem ab. Man kann einem Objekt keinen Zustand in der Bewegung eindeutig zuordnen. Doch, genau das werden wir. Um noch einen obendrauf zu legen, werden wir das Relativitätsprinzip für alles, was im Universum existiert, zwingend daraus erzeugen. Wir dürfen das Relativitätsprinzip nicht einfach als Postulat akzeptieren. Das müssen wir sauber begründen. Klingt doch spannend.

Es kommt dann immer das Gegenargument, dass die DP eine Art von Lorentz-Äther-Theorie ist. Hier ist wichtig, dass wir nie einen Äther benutzen. Es gibt nur Raumzeit. Ein zusätzlicher Äther in irgendeiner beliebigen Form wird durch die DP explizit verboten. Ein passender Gedanke aus der DP heraus ist, dass die Raumzeit und der Äther identisch sind. Eine Raumzeit in der DP verliert gegenüber dem Äther eine entscheidende Eigenschaft, die Raumzeit kann niemals als Referenz für einen Ruhepunkt dienen. Aber genau dafür wurde der Äther gebaut. Das müssen wir auch deshalb genauer betrachten, da die Mathematik zu einem Äther in das Relativitätsprinzip nach Einstein eingeflossen ist.

Die Existenz der Lichtgeschwindigkeit als eine maximale Geschwindigkeit haben wir schon im vorhergehenden Kapitel gezeigt. Das ist aber nicht ausreichend. Das Postulat der Lichtgeschwindigkeit hat zwei Eigenschaften. Es muss zusätzlich gezeigt werden, warum diese Grenze lokal für jeden Beobachter identisch ist. Wenn es ein kleiner und größer gibt, dann können wir doch feststellen, wer näher an der Raumzeitgrenze dran ist, oder? Nein, können wir nicht. Dies hat nichts damit zu tun, dass die Lichtgeschwindigkeit für alle Beobachter identisch definiert ist. Hier geht es wieder einmal darum, dass alle Verformungen der Raumzeit eine lokale Veränderung der Definition der Geometrie sind.

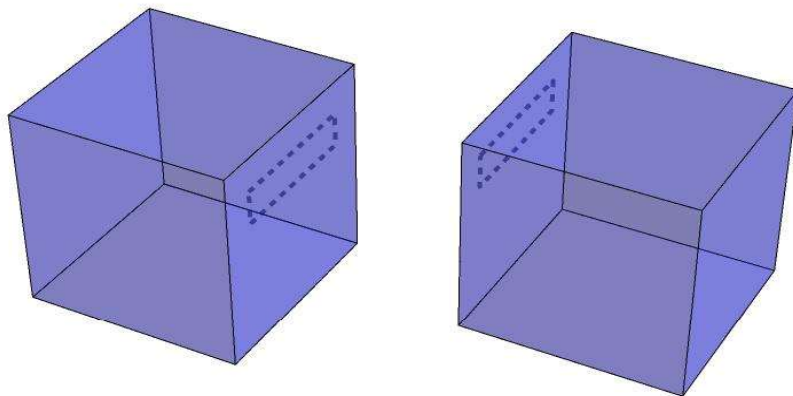
Entgegen den bisherigen Erklärungen müssen wir hier bei Adam und Eva anfangen. Wir gehen hier den klassischen Weg. Wir fangen bei Galileo an und gehen über Newton, Maxwell und Lorentz zu Einstein weiter. Dann werden wir feststellen, dass Einstein mit der Kombination von Lichtgeschwindigkeit und Relativitätsprinzip zwar alles richtig gemacht hat, sich aber auch einen großen Spaß erlaubt hat. Dies wird oft nicht erkannt. Ist für uns aber essenziell. Daher werden wir die Abfolge der Entwicklung ausführlicher betrachten. Mir ist klar, dass dieser Abschnitt für „Eingeweihte“ etwas zäh werden kann. Bitte trotzdem lesen. Ich bin gespannt, ob Euch diese Erkenntnis so bekannt war. Die meisten übersehen dies und stürzen sich gleich auf die Rechnungen. Dann habt Ihr aber den spaßigen Teil der SRT nicht entdeckt.

4.1 Relativität nach Galileo

Galileo wird oft als der Urvater der modernen Physik angesehen. Für uns hat Galileo eines der wichtigsten Gedankenexperimente in die Physik mit eingebracht, die abgeschlossene Kiste. Die brauchen wir bei der SRT ohne und in der ART mit Wechselwirkung. Das war die Grundidee von Galileo zum Relativitätsprinzip. Die abgeschlossene Kiste war bei Ihm eine Schiffskabine, ohne eine Möglichkeit nach außen zu sehen. Das Ganze auf einem sehr ruhig fließenden Wasser. Bei Einstein ein Aufzug oder später ein Raumschiff. Jeder ist ein Kind seiner Zeit.

Sitzen wir in so einer Schiffskabine, können wir nicht feststellen, ob wir mit dem Wasser uns bewegen oder stehen. Das ist identisch zu der Frage: Fließen wir mit dem Wasser oder fließt das Wasser unter dem Schiff hindurch. Es fehlt ein Bezugssystem oder Bezugspunkt, um die Bewegung eindeutig feststellen zu können. Daraus wird abgeleitet, dass sich Bewegung generell nur relativ zu einem Bezugspunkt feststellen lässt. Wir erweitern das Gedankenexperiment mit zwei Kisten, die nur einen kleinen Sehschlitz offen haben. Etwas anderes als die Kisten selbst ist nicht zu erkennen.

Abbildung 0-1: Zwei Kisten mit einem Sehschlitz und sonst Nichts



Wenn wir in einer Kiste sitzen und rausschauen, so können wir die andere Kiste sehen, wie diese mit gleichbleibender Geschwindigkeit an unserer Kiste vorbeizieht. Wenn wir keine Beschleunigung spüren können, dann können wir für uns nicht feststellen, ob wir uns bewegen und der andere in Ruhe ist oder umgekehrt. Es könnten sich beide Kisten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit bewegen und niemand ist in Ruhe. Es könnten sich auch beide Kisten gleichschnell in eine Richtung bewegen, dann würden wir zwischen den Kisten keine Bewegung erkennen. Die einzige erkennbare Größe ist der Unterschied in der Bewegung zwischen den beiden Kisten. Wir können nur die relative Bewegung der Kisten zueinander feststellen. Das ergibt das Relativitätsprinzip.

Zu einem Relativitätsprinzip gehört immer eine Transformation. Das ist der Wechsel der Sichtweise von der einen Kiste zur anderen Kiste. Dies wird die Galileo-Transformation genannt. Die Berechnung ist so einfach, dass ein Physikstudent dazu wohl keine Übungsaufgabe erhält. Genau hier liegt das Problem. Das Relativitätsprinzip nach Galileo ist so einfach, dass man sich keine Mühe macht die Grundlagen zu durchdenken. Einfach kurz erklärt und damit ist alles abgehakt und fertig. Wir müssen uns die Mühe machen und das Grundprinzip dahinter erarbeiten.

4.2 Messungen

Die Gretchenfrage ist: Wann erhalten wir ein Relativitätsprinzip? Gehen wir diese Grundsatzfrage an. Der Ansatz kommt aus dem Beispiel mit den Kisten. Ein Relativitätsprinzip ergibt sich nur, wenn wir ausschließlich Differenzen zwischen Objekten (Kisten) feststellen können. Wir erweitern diese Aussage allgemein auf alle Messungen. Das ist nicht nur bei Geschwindigkeiten so. Dies ist ein generelles Problem der Messung. Wir gehen von der Geschwindigkeit weg und machen dies für eine Länge. Dann werden die Beispiele etwas klarer.

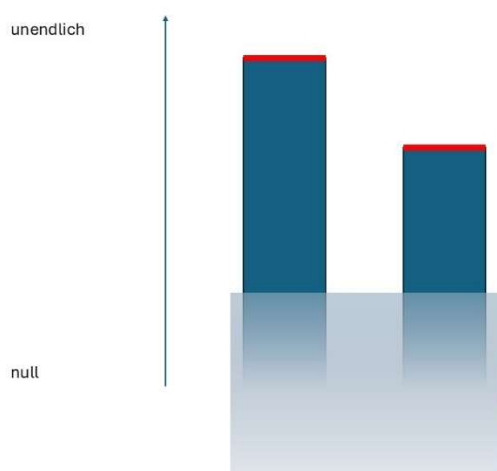
Wir können eine Messung machen, wenn wir mindestens 2 Messpunkte haben. Bei einer Länge ist uns dies klar. Mit einem Messpunkt können wir keine Länge feststellen. Aber auch keine Geschwindigkeit oder elektrische Ladung. Der zweite Messpunkt ist uns nur nicht immer gleich klar. Der andere Messpunkt ist oft der Nullpunkt. Dieser kann aber auch ein Maximalwert sein. Es ist egal, ob wir zu einem maximalen oder einen minimalen Wert eine Messung machen. Für die Angabe eines Wertes benötigen wir immer 2 Messpunkte. Eine Messung ist ein Vergleich. Dies waren bei uns gerade noch die zwei Kisten. Dann können wir eine Differenz messen.

Wir wollen einen absoluten Wert angeben. Dies ist ein Wert, der für jeden beliebige Beobachter gleichbleiben muss. Dann brauchen wir einen für alle Beobachter identischen Messpunkt. Intuitiv wird dies von uns immer mit dem Nullpunkt gleichgesetzt. Dies bedeutet, sobald wir einen für alle Beobachter allgemeinen Referenzpunkt für die Messung festlegen können, ist ein Relativitätsprinzip nicht mehr möglich.

Innerhalb eines Relativitätsprinzips dürfen wir uns bei dem Messwert einer Differenz einig sein. Das nennen wir eine invariante Größe. Die Messpunkte, die zu dieser invarianten Größe geführt haben dürfen dann aber selbst nicht „invariant“ sein. Die Messpunkte müssen sich dann verschieben. Diese müssen explizit unterschiedlich sein, sonst erhalten wir kein Relativitätsprinzip.

Die Grundsatzfrage nun anders formuliert: Wann können wir nur eine Differenz feststellen? Salopp ausgedrückt, wenn uns der Nullpunkt flöten gegangen ist. Es ist uns dann nicht möglich einen Absolutwert anzugeben. Wir kennen keinen allgemeingültigen Referenzpunkt mehr. Dann ergibt sich zwingend ein Relativitätsprinzip. Die einzigen Angaben sind nur noch Differenzen. Daraus folgt, dass diese Sichtweise zwischen den Objekten immer symmetrisch sein muss. Bei einer Differenz muss es egal sein, von welchen Objekt ab wir die Messung starten.

Abbildung 0-2: Relativität bei Längen



Wir haben zwei Längen. Wir können die absoluten Werte der Längen nicht feststellen. Der Nullpunkt, der für alle Beobachter gültiger Referenzpunkt, ist nicht erkennbar. Das einzige erkennbare sind die zwei roten Kanten. Wir erhalten eine Differenz. Damit wir der Differenz einen Wert zuweisen können, legen wir den Nullpunkt einfach auf einer der roten Kanten. Bei einer Geschwindigkeit legen wir eine Geschwindigkeit einfach als null fest. Wir können rein aus der Mathematik heraus den Nullpunkt beliebig setzen. Den „echten“ Nullpunkt kennen wir nicht. Intuitiv wählen wir eine der Kanten aus. Wir erhalten eine symmetrische und relative Messung der beiden Objekte zueinander. Einen absoluten Wert können wir nicht erhalten. Bis hier sollte alles klar sein.

Für einen absoluten Wert könnte wir auch einen maximalen Wert angeben. Der ist genauso gut wie ein null Wert. Bei einer Länge haben wir noch keinen maximalen Wert entdeckt. Zu den Zeiten von Galileo galt dies auch nicht für eine Geschwindigkeit. Warum soll es eine maximale Geschwindigkeit geben? Dafür gab es keinen Grund. Damit war es ausreichend, den Nullpunkt rauszunehmen. Hier kommt der Trick, den wir uns merken müssen. Für Galileo gab es einen Nullpunkt, die absolute Ruhe. Wir können aber diesen Nullpunkt von einer geraden und gleichförmigen Bewegung nicht unterscheiden. Damit ist der Nullpunkt beliebig je Beobachter zu setzen. Dann setzt man sich selbst als den Nullpunkt fest.

Wichtig: Bei Galileo gibt es dann auch kein größer oder kleiner für die Werte. Bei einer Differenz kann es auch eine Differenz zwischen einem langen und einem kurzen Stab sein. Um die Länge eines Stabes zu Messen, brauchen wir aber einen Nullpunkt. Es gibt nur einen einzigen Referenzpunkt für alle absoluten Messungen. Genau der ist aber weg. Daraus folgt, dass es bei Galileo immer nur eine 100% symmetrische Sichtweise zwischen den Objekten gibt.

4.3 Newton

Das Relativitätsprinzip ist so einfach und logisch klar, dass dies Newton als Grundlage für seine Beschreibung der Physik ebenso benutzt hat. Newton und Galileo waren sich beim Relativitätsprinzip einig. Aufgrund der Definition seiner Axiome erkennen wir die Sichtweise für das Relativitätsprinzip bei Newton am besten. Wir haben bei Newton drei Axiome:

1. Ein kräftefreier Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit
2. Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung
3. Kraft ist gleich Gegenkraft

Das komische an den Axiomen ist, dass das zweite Axiom das erste Axiom zu enthalten scheint. Wenn wir keine Beschleunigung ausüben, dann gibt es keine Veränderung. Wenn wir keine Veränderung haben, dann bleibt ein Körper kräftefrei und damit in Ruhe oder in einer geradlinigen und gleichmäßigen Bewegung, da es keine Veränderung gibt. Wozu diese Doppelung? Weil es keine Doppelung ist. Das erste Axiom ist die kürzeste und schönste Beschreibung für die Grundlage eines Relativitätsprinzips. Zumindest so, wie man es bis zu Einstein verstanden hat. Wenn man so will, hat Newton das Relativitätsprinzip als Postulat mit aufgenommen.

Newton hat dies nicht wie in den heutigen Lehrbüchern zur SRT gemacht: Postulat, es gilt das Relativitätsprinzip. Das entscheidende an der Aussage von Newton ist für uns, dass ein kräftefreier Körper sich in Ruhe **oder** in einer geradlinigen und gleichförmigen Bewegung befinden kann. Das lässt sich nicht unterscheiden. Er hat den Grund für das Relativitätsprinzip angegeben. Der allgemeine Referenzpunkt für eine Geschwindigkeit, der Nullpunkt ist nicht mehr gültig. Newton zählt den Zustand der Ruhe explizit mit auf. Er ging, wie Galileo davon aus, dass dieser existiert, aber nicht erkennbar ist.

4.4 Maxwell

Die Welt war nach Newton für ca. 200 Jahre in Ordnung. Bis James Clerk Maxwell gekommen ist. Dieser hat eine ähnliche große Leistung wie Newton vollbracht. Newton hat alle einzelnen losen Ideen zur klassischen Mechanik in einer einzigen nahezu vollständig konsistenten Theorie zusammengeführt. Maxwell hat dies mit den einzelnen Teilen der Beschreibung von Elektrizität und Magnetismus gemacht und mit der Elektrodynamik auch eine vollständige konsistente Theorie abgeliefert.

Dadurch ist aber ein uns bekanntes Problem aufgekommen. Die beiden großen Theorien, welche die gesamte Physik zur damaligen Zeit beschreiben sollten, haben an einigen Stellen nicht zusammengepasst. Irgendwie wiederholen sich im Laufe der Zeit die Probleme immer wieder.

Wir greifen uns zwei wichtigen Punkte heraus.

1. Die Beschreibung von magnetischer und elektrischer Wirkung zueinander ist in bestimmten Situationen mit der Galileo-Transformation nicht vereinbar. Wir benötigen je gewähltem Bezugssystem eine andere Beschreibung. Die Physik sollte aber keinen Unterschied zwischen den Bezugssystemen machen. In allen Inertialsystemen (Ruhe oder geradlinig und gleichförmige Bewegung, also kräftefrei) sollen die Gesetze und Formeln der Physik identisch sein.
2. Laut Maxwell können wir die Lichtgeschwindigkeit mit folgender Formel festlegen:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 * \mu_0}}$$

Das Problem bei der Beschreibung ist, dass ϵ_0 die elektrische Feldkonstante und μ_0 die magnetische Feldkonstante jeweils unveränderliche Naturkonstanten sind. Dies unabhängig vom Bewegungszustand. Dann muss auch c zwingend eine unveränderliche Naturkonstante sein. Die Lichtgeschwindigkeit muss immer gleich sein, egal aus welchem Bezugssystem. Alle Naturkonstanten müssen in jedem Bezugssystem identisch sein. Diese Bezugssysteme sind Inertialsysteme. Damit durften diese sich gleichmäßig und geradlinig bewegen. Wie soll die Lichtgeschwindigkeit gleichbleiben, wenn man diese aus einem beliebigen Inertialsystem heraus beobachtet?

Zu dieser Zeit war Newton der Halbgott der Physik. Daher hatte man eine Lösung gesucht, die unbedingt mit der Beschreibung von Newton übereinstimmen musste. Das Problem wurde selbst von Maxwell so aufgefasst, dass es in der Elektrodynamik wohl noch etwas unbekanntes geben muss, damit das Relativitätsprinzip auch für die Lichtgeschwindigkeit wieder funktioniert. Wir haben zwar keinen neuen Nullpunkt erhalten, aber einen absoluten maximalen Wert. Das ist ein eindeutiger Referenzpunkt für jeden Beobachter. Damit funktioniert kein Relativitätsprinzip mehr.

Ein Lösungsansatz war der Äther. Man vermutete bereits, dass diese maximale Geschwindigkeit zu dem Licht gehört und das Licht damit eine elektromagnetische Welle ist. Also musste diese Wellenbeschreibung des Lichtes ein Medium besitzen. Wie die Welle im Wasser oder der Schall in der Luft. Dieses Medium zur Ausbreitung und Anregung der elektromagnetischen Welle soll der Äther sein. Dann hat die Lichtgeschwindigkeit nur zum Äther diesen absoluten Wert der Geschwindigkeit. Das Relativitätsprinzip nach Galileo wäre damit gerettet und nur in Bezug auf den Äther nicht richtig. Der Äther musste dann gleich der absolute Nullpunkt, also Ruhepunkt, für die Lichtgeschwindigkeit sein. Zum Äther musste diese immer einen absoluten Wert aufweisen, aber nicht zum Raum des Beobachters (Raumzeit gab es noch nicht).

Es wurde bereits früh erkannt, dass diese Äther sehr seltsame Eigenschaften haben muss, damit dies alles funktioniert. Zusätzlich konnte dieser Äther in keinem Experiment nachgewiesen werden. Insbesondere das Experiment von Michelson und Morley aus dem Jahre 1881 und 1887 hat einer Äther-Theorie große Probleme bereitet. Dort sollte ein Äther über die Bewegung der Erde durch den Äther gefunden werden. Das Ergebnis war negativ und ist es bis heute geblieben.

4.5 Lorentz

Die Rettung des Äthers, nur für dieses Experiment, denn die anderen Probleme sind geblieben, ist dann von Hendrik Antoon Lorentz gekommen. Es wurde eine neue Transformation entwickelt, die Lorentz-Transformation. Diese ist so aufgebaut, dass eine Existenz eines Äthers mit dem Michelson-Morley-Experiment verträglich ist. Dafür musste aber in Bewegungsrichtung eine Länge kürzer und die Zeit langsamer werden. Längenkontraktion und Zeitdilatation waren schon vor der SRT bekannt. Für Lorentz war die Längenkontraktion nur im elektromagnetischen Feld (Äther) vorhanden und die Zeitdilatation ein reines mathematisches Hilfsmittel.

Rein mathematisch hatte Lorentz eine Lösung gefunden. Jetzt kommt der Witz an der Sache. Diese ist für eine Äther-Theorie entwickelt worden. Damit funktioniert die Lorentz-Transformation nur mit einem absoluten Nullpunkt und der dazugehörenden absoluten Geschwindigkeit. Das sollte klar sein. Wenn eine absolute Geschwindigkeit angenommen wird, dann muss es dazu einen absoluten Referenzpunkt geben. Hier war es der Nullpunkt in Bezug auf einen Äther.

4.6 Einstein

Jetzt aber endlich zu unserem Spaßvogel. Die SRT hat aus meiner Sicht tatsächlich mehrere Väter. Es gab dazu schon etliche andere Entwicklungen von mehreren Personen um diesen Themenbereich. Einstein hat hier die letzte zündende Idee mit eingebracht. Er hat zur Entwicklung der SRT, wieder nur aus meiner Sicht, folgende Annahmen getroffen:

- Maxwell hat Recht und nicht Newton! Die Lichtgeschwindigkeit ist für alle Beobachter der identische absolute Wert.
- Wenn die Lorentz-Transformation das Problem mathematisch löst, dann muss diese das passende Modell sein.
- Das Relativitätsprinzip muss für die gesamte Physik richtig sein. Die Gleichungen von Maxwell sollten sich nicht je Bezugssystem verändern.
- Da kein Äther gefunden wurde, gibt es auch keinen.

Diese Punkte sind ausreichend, um auf die SRT zu kommen. Wir können damit folgende Logik aufbauen:

- Es gibt keinen Äther.
- Damit ist die Bewegung direkt im Raum
- Alle Bedingungen für ein Relativitätsprinzip müssen direkt im Raum liegen.
- Wenn aus der Lorentz-Transformation für eine absolute Lichtgeschwindigkeit eine Längenkontraktion und eine Zeitdilatation benötigt werden, dann muss diese direkt auf dem Raum und der Zeit abgebildet werden.
- Da Längenkontraktion und Zeitdilatation nicht unabhängig voneinander sind, muss man Raum und Zeit als Raumzeit betrachten.

Damit erhält man fast die SRT. Für eine saubere Begründung der Längenkontraktion und Zeitdilatation der Raumzeit, was zu Einsteins Zeit eine sehr mutige Annahme war, hat Einstein viel mit der Gleichzeitigkeit in der Raumzeit argumentiert. Besser ausgedrückt, mit der nicht mehr vorhandenen Gleichzeitigkeit. Dafür musste er eine zusätzliche Annahme machen, welche

vorher nicht gegeben war. Die Lichtgeschwindigkeit ist nicht nur konstant, sondern auch noch maximal. Laut Maxwell ist c einfach nur konstant für elektromagnetische Wellen. Für Einstein musste diese nun maximal für jegliche Wirkung in der Raumzeit sein. Nur mit dieser Erweiterung ergibt sich eine SRT. Daher sieht diese Bedingung für viele wie ein „Fremdkörper“ in der Theorie aus.

Durch die maximale Geschwindigkeit kann es für eine Wirkung von einem Raumzeitpunkt zu einem anderen Raumzeitpunkt keine Gleichzeitigkeit mehr geben. Die Wirkung benötigt immer Zeit zwischen den Raumzeitpunkten. Wir werden gleich eine andere Vorgehensweise aufbauen, die zur DP besser passt und die Diskussion mit der Gleichzeitigkeit für Längenkontraktion und Zeitdilatation umgeht.

4.6.1 Wo liegt die Schwierigkeit?

Wenn wir dieser Logik folgen, dann erkennen wir, nach meiner Meinung, den Witz an der Sache nicht. Gleiches gilt für die Argumentation mit der Gleichzeitigkeit, welche wir hier nicht weiterverfolgen werden. Genau so wird es aber in den Lehrbüchern erklärt. Daher fällt es fast keinen auf. Einstein hat nicht einfach das alte Relativitätsprinzip von Galileo verändert. Er hat ein komplett anderes Relativitätsprinzip aufgebaut. Die Grundannahmen der Galileo-Transformation und der Lorentz-Transformation schließen sich gegenseitig aus, wenn wir keinen Äther mehr haben.

Was hat Einstein den getan, dass ich ihn für so einen Spaßvogel halte? Seine zwei Prinzipien sind:

- Relativität
 - Es gibt für alle Beobachter weder einen identischen minimal noch maximalen Messpunkt.
 - Es darf keinen absoluten Wert geben.
- Lichtgeschwindigkeit
 - Es gibt für alle Beobachter einen identischen maximalen Messpunkt, die Lichtgeschwindigkeit.
 - Da die Lorentz-Transformation aus einer Äther-Theorie stammt, muss es einen absoluten Ruhezustand, den minimalen Messpunkt geben.
 - Jeder Wert ist ein absoluter Wert.

Die beiden Prinzipien schließen sich gegenseitig aus. Das ist es, was ich meinte, dass sich die Galileo- und die Lorentz-Transformation bereits in den Grundannahmen nicht vertragen.

Kein Problem, dann hat eben Einstein Recht und Galileo nicht. Leider geht dies in der DP nicht so einfach. Wir werden als Argumentation für ein Relativitätsprinzip ein drittes Konzept aufbauen. Dieses folgt eher der Annahmen von Galileo und Newton. Zusätzlich muss aber Einstein auch Recht haben, obwohl sich die Ansätze gegenseitig ausschließen. Die SRT ist seit 120 Jahre in allen Berechnungen zu den Experimenten ohne Fehl und Tadel. Diese kann nicht falsch sein. Die unterschiedlichen Ansätze zur Relativität müssen unter bestimmten Umständen mathematisch identisch sein. Das Kunststück gelingt nur dadurch, dass alle Verformungen der Raumzeit eine Veränderung der Definition der Raumzeitgeometrie sind.

4.6.2 SRT neu interpretiert

Daraus ergibt sich sofort die neue Gretchenfrage: Wieso funktioniert die SRT überhaupt? Das ergibt doch niemals ein Relativitätsprinzip. Doch tut es, nur nicht so wie sich dies alle vorstellen. In den beiden Relativitätstheorien werden grundsätzlich unterschiedliche Dinge miteinander verglichen. Darauf kommen wir nur, wenn wir uns die Grundlagen ansehen. Die Argumentationskette in den Lehrbüchern ist immer erst Galileo und dann dieses Relativitätsprinzip, durch Einstein abgeändert, zur SRT. Hier bin ich mir auch nicht sicher, ob dieser Unterschied von Einstein selbst erkannt wurde. Durch dieses Vorgehen übertragen wir

einfach die Idee des Relativitätsprinzips von Galileo auf die SRT. Die SRT ist die Spezielle Relativitätstheorie. Klingt so, als sei dies nur ein Spezialfall der Relativität. Dieses Vorgehen ist falsch. Um dies zu klären, müssen wir was tun? Genau die nächste Grundsatzfrage stellen.

Was für Objekte werden, im Relativitätsprinzip nach Galileo verglichen? Erstmal unsere zwei Kisten. Die Kisten in Bezug auf was? Nur auf sich selbst, da uns der Referenzpunkt abhandengekommen ist. Der Referenzpunkt in Bezug auf was? Den umliegenden Raum. Wir dürfen bei Galileo und Newton nur von Raum sprechen. Eine Raumzeit mit dynamischer Längen- und Zeitdefinition war hier noch nicht bekannt. Das heißt ganz allgemein, wir vergleichen die Bewegungszustände verschiedener Objekte im identischen Raum. Diese niemals hinterfragte Grundstruktur wird nun in die SRT übertragen. Wie wir aus den Prinzipien gelernt haben, kann die SRT dies nicht tun. Die SRT muss etwas anderes machen.

Ich erspare euch die nächste Fragerunde und bringe gleich die Auflösung. Die SRT ist immer noch ein Relativitätsprinzip. Damit muss diese Objekte verglichen. Es sind aber nicht unsere Kisten in einer Raumzeit. Die SRT vergleicht zwei fixe Raumzeiten, welche jeweils einer Kiste zugeordnet sind. In der SRT vergleichen wir nicht zwei Objekt in einer dynamischen Raumzeit. Wir vergleichen zwei statische Raumzeiten die wir je Objekt zuweisen. Ein Vergleich ja, aber eigentlich nicht der Vergleich den wir wollen.

Dazu ein kleiner Einschub, aus meinem persönlichen Erlebnis heraus. Als ich mir diese Grundlagen erarbeitete, diskutiert ich natürlich mit anderen darüber. Mal in einem persönlichen Gespräch oder in einem Physikforum. Dabei habe ich von unterschiedlichen Personen folgende Interpretation der SRT erhalten:

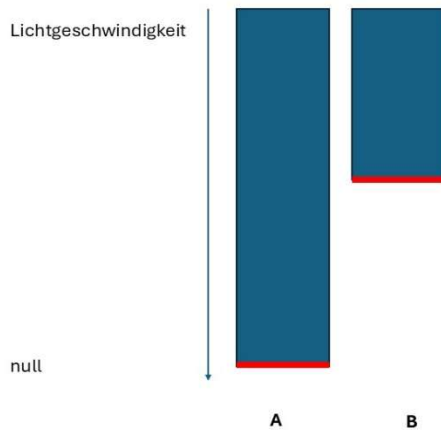
- Es wird in einer einzigen dynamischen Raumzeit die relative Geschwindigkeit von Objekten verglichen. Das entspricht sehr stark der alten Ansicht von Galileo, nur in einer dynamischen Raumzeit. Dies passt auch zu dem, was wir erleben. Alle Objekte in einer Raumzeit.
- Es werden absolute Geschwindigkeiten zu einer relativen Geometrie in einer einzigen Raumzeit verglichen. Ich gehe davon aus, dass dies auch Einsteins Idee war. Ist aber nur eine Vermutung.
- Jedem Objekt wird, auf Grund seiner Geschwindigkeit, eine absolute Raumzeit zugewiesen. Die Geometrien dieser Raumzeiten werden miteinander verglichen. Das entspricht der Sichtweise der DP, für die SRT.

Das entscheidende daran ist, hätte ich diese Personen in einen Raum gesteckt und Ihnen eine rein mathematische Aufgabe zur SRT gegeben, dann bin ich mir zu 100% sicher, dass alle diese Personen zu dem identischen und absolut korrekten Ergebnis gekommen wären. Die Personen hätten sich gegenseitig gratuliert und behauptet wir haben alles identisch verstanden, da wir es richtig berechnen können. Das ist der Unterschied von Berechnen und Erklären.

4.6.3 Relativität zwischen Raumzeiten

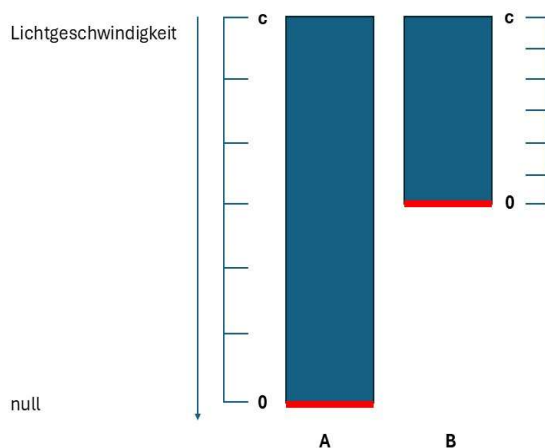
Können wir zwischen Raumzeiten ein Relativitätsprinzip erzeugen? Schauen wir uns doch mal einen Vergleich laut SRT an.

Abbildung 0-3: Längenvergleich bei maximalen Referenzpunkt



Hier sehen wir wieder zwei Längen. Dabei starten beiden vom Nullpunkt ab mit einer jeweils unterschiedlichen Länge zueinander. Beide Längen starten vom Nullpunkt in ihrer Raumzeit. Dann brauchen wir noch den Endpunkt, die Lichtgeschwindigkeit. Die muss für alle identisch sein. Sonst ist ein Vergleich bei verschiedenen Geometrien nicht möglich. Genau hier liegt ein entscheidender Punkt in der SRT. Wenn wir eine dynamische Geometrie haben, dann brauchen wir mindestens einen absoluten Referenzpunkt, damit wir die Geometrien überhaupt vergleichen können. Das übernimmt die Lichtgeschwindigkeit. Die Lichtgeschwindigkeit, als absoluter Referenzpunkt, „versaut“ uns die Relativität nicht, wir brauchen diese zwingend. Den Nullpunkt in jeder Geometrie brauchen wir, damit wir eine einheitliche zweite „Kante“ zur Differenzmessung erhalten. Daher funktioniert die Lorentz- Transformation mit den absoluten Werten für den Ruhepunkt und der Lichtgeschwindigkeit. Wir benötigen diese Punkte zwingend, damit wir eine Raumzeitgeometrie überhaupt vergleichen können.

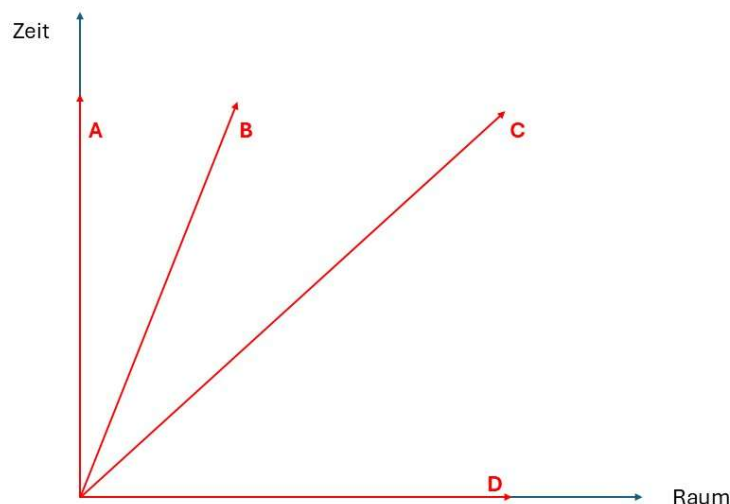
Abbildung 0-4: Längenvergleich mit dynamischer Geometrie



Dafür muss bei B eine andere Längeneinteilung gewählt werden. Die Menge an Einteilungen muss in beiden Fällen gleich sein. Von Null zu Lichtgeschwindigkeit soll für alle der identische Absolutwert sein. Dieser Vergleich ist wieder symmetrisch. Wir könnten bei A und bei B das Ruhesystem setzen. Damit kann A und B jeweils eine absolute Wertangabe in der Raumzeit A und B sein. Das ist kein Problem. In der jeweiligen Raumzeit wird kein Vergleich gemacht. Die Raumzeiten A und B werden verglichen. Wir sehen, das Relativitätsprinzip funktioniert auch zwischen unterschiedlich definierten Raumzeiten.

Dann muss unserer Bedingung, keine Referenzpunkt, für die Raumzeiten selbst und nicht nur für ein Objekt in der Raumzeit funktionieren. Die Raumzeiten zueinander dürfen keinen absoluten Referenzwert besitzen. Dazu schauen wir uns den Aufbau eines normales Raumzeitdiagramms an.

Abbildung 0-5: Raumzeitdiagramm



Schauen wir uns die gegebenen Möglichkeiten an:

- Pfeil A: Wir haben nur eine Bewegung in der Zeit aber nicht im Raum. Keine Veränderung der Lage im Raum, die Zeit verändert sich aber trotzdem.
- Pfeil B: Wir bewegen uns mit einer frei gewählten Geschwindigkeit in der Raumzeit
- Pfeil C: Wir bewegen uns mit der maximalen Lichtgeschwindigkeit durch den Raum
- Pfeil D: Wir bewegen uns nur im Raum und nicht in der Zeit

In allen Fällen bewegen wir uns, wenn auch einmal nur in der Zeit oder nur im Raum. Was es explizit für eine Raumzeit nicht gibt, ist Ruhe. Selbst wenn kein Objekt in der Raumzeit vorhanden ist und nur die Raumzeit selbst vorhanden wäre, so vergeht die Zeit. Das ist in der Mathematik der SRT auch eine Bewegung. Eine Raumzeit als eigenständiges Objekt kennt keinen Zustand der Ruhe. Uns ist, zum Glück, wieder die Null flöten gegangen. Innerhalb der Raumzeit setzen wir einfach einen Ruhepunkt und erzeugen absolute Werte. Für die Raumzeit selbst ist dies nicht möglich.

Was ist aber mit einer maximalen Geschwindigkeit. Wir haben doch die Lichtgeschwindigkeit. Ja, der wird aber nun zwingend benötigt, damit ein Vergleich überhaupt möglich ist. Wenn beide Raumzeiten unterschiedliche Geometrien aufweisen, muss es für einen Vergleich einen gemeinsamen Referenzpunkt geben. Wir könnten sonst nicht einmal eine Differenz angeben.

Für Raumzeiten können wir nur einen Referenzpunkte, die Lichtgeschwindigkeit festlegen und diese brauchen wir dringend, damit wir überhaupt einen Vergleich machen können. Wir erhalten ein waschechtes Relativitätsprinzip zwischen Raumzeiten, aufgrund von veränderlicher Geometrie in den Raumzeiten. Das ist die SRT. Damit können wir gleich mehrere Probleme lösen. Wir können damit erklären, warum das Zwillings-Paradoxon für die SRT so schwierig ist, das machen wir in 4.11. Wir können einen Punkt klären, denn ich Cherry Picking genannt habe, das mache wir in 4.10. Wir können erklären, warum die SRT zur QM besser passt als zur ART, in 4.12. Wir werden erkennen, dass mit dieser Interpretation die SRT erst so richtig Sinn macht.

Es bleibt noch eine Frage aus dem Relativitätsprinzip nach Galileo offen. Kann es in der SRT ein größer oder kleiner geben? In der SRT erkennen wir auch nur Differenzen. Jeder der diese Differenzmessung machen will, muss sich zwingend auf den Nullpunkt setzen. Bei Galileo hatten wir nur einen möglichen Referenzpunkt. Der musste weg, sonst erhalten wir kein Relativitätsprinzip. Das ist bei der SRT nicht der Fall. Wir haben einen Nullpunkt und die Lichtgeschwindigkeit. Die brauchen wir aber um die Differenz feststellen zu können. Da kommt im ersten Ansatz kein größer oder kleiner raus. Wenn wir so eine Angabe haben wollen, brauchen wir explizit einen weiteren Referenzpunkt zwischen den Raumzeiten. Wir werden sehen, dass das Zwillingsparadoxon uns diesen liefert und wir deshalb ein Jünger und Älter feststellen können. Das geht auch nur in der Zeit und nicht im Raum. Das werden wir aber im passenden Abschnitt besprechen.

Bevor alle diese Punkte auflösen, müssen wir was anders angehen, dann werden diese Lösungen noch klarer. Wir müssen erstmal die neue Sichtweise über die DP aufbauen. Diese soll das Relativitätsprinzip von Galileo, alles in einer Raumzeit und das Relativitätsprinzip nach Einstein, Vergleich von Raumzeiten zusammenführen. Ob Ihr es glaubt oder nicht, wir kennen bereits alle nötigen Bestandteile dafür.

4.7 SRT für die DP

Wir führen für diese Variante der SRT keinen neuen Namen ein. Die alte Variante nach Galileo und Newton sind einfach das Relativitätsprinzip. Die Variante nach Einstein ist die SRT und wir haben nun erkannt, dass diese tatsächlich sehr spezielle ist. Für unserer neue Variante bleiben wir einfach bei der Bezeichnung SRT. Da die SRT in beiden Varianten mathematisch identisch ist, brauchen wir keine neuen Namen.

Was wollen wir den haben. Wir wollen einen Vergleich von zwei Objekten in einer Raumzeit. Denn das ist es, was wir eigentlich meinen, wenn wir von einem Relativitätsprinzip sprechen (Galileo). Dann müssen wir in einer einzigen Raumzeit mit unterschiedlichen Geometrien der Raumzeit umgehen können, ohne dass dafür ein Absolutwert benutzt werden muss. Wie am Anfang erwähnt, machen wir dies mit unserer Raumzeitdichte. Diese muss alle benötigten Eigenschaften aus beiden Varianten beinhalten. Klingt wieder sehr schwer, ist aber einfach. Das haben wir bereits durch unseren Ansatz mit eingebaut. Wir unterscheiden nicht zwischen Bühne und Akteur. Eine Raumzeitdichte ist immer auch Raumzeit selbst. Damit muss die Eigenschaft nur vorhanden sein, dann ist diese automatisch in beiden Varianten da. Wir können die Varianten auch anders aufteilen. Bei Galileo werden die Akteure auf einer Bühne verglichen. Bei Einstein werden die Bühnen verglichen. Wir kennen diesen Unterschied nicht mehr.

Was uns jetzt noch das Leben einfach macht, ist das eine Raumzeitdichte immer Energie, Geometrie und Bewegungszustand in einem ist.

4.7.1 Raumzeitdichte ohne Nullpunkt

Wenn wir zwei Raumzeitdichten vergleichen wollen, darf es keinen Nullpunkt für eine Raumzeitdichte geben. Das haben wir im Kapitel 3 ausführlich behandelt. Eine Raumzeitdichte von null kann es nicht geben. Sonst ist der Raumzeitpunkt nicht in der Raumzeit vorhanden.

Damit haben wir für diesen Abschnitt schon alles erledigt. Per Definition kann es für eine Raumzeitdichte keinen Nullpunkt geben. Da der Bewegungszustand selbst Raumzeit ist, kann es keinen Ruhepunkt in einer Raumzeitdichte geben. Entgegen Galileo und Newton können wir den Ruhepunkt nicht einfach nur nicht unterscheiden, wir haben per Definition keinen Ruhepunkt.

4.7.2 Raumzeitdichte ohne maximalen Referenzpunkt

Bei einem höheren Impuls haben wir mehr Raumzeitdichte. Diese kann ich doch zur Lichtgeschwindigkeit in Bezug setzen. Für die Raumzeitdichte ist die Grenze unendlich. Damit ist kein Grenzwert vorhanden. Für den Bewegungszustand ergibt sich aber ein absoluter Wert, die Lichtgeschwindigkeit. Damit ist ein Referenzpunkt vorhanden. Es sollte in der DP kein Relativitätsprinzip bei Geschwindigkeiten vorhanden sein. So einfach geben wir uns nicht geschlagen.

Wir haben die Lichtgeschwindigkeit in der Raumzeit. Diese ist durch die Geometrie eindeutig festgelegt und damit ein absoluter Wert. Die Aussage ist richtig. Wir haben trotzdem keinen Referenzpunkt in der Raumzeit. Den haben wir nur zwischen Raumzeiten. Wir machen hier den Trick wie bei Newton mit der Ruhe. Dort hatten wir die Ruhe **oder** die geradlinige und gleichförmige Bewegung. Da wir beide Zustände nicht unterscheiden können, ist der Nullpunkt weggefallen. Etwas ähnliches passiert uns mit der Lichtgeschwindigkeit. Diese ist für jedes Objekt immer identisch weit weg und kann damit nicht als Referenzpunkt einer Messung innerhalb einer Raumzeit benutzt werden. Das war die Grundidee von Einstein. Dort ist es aber ein Postulat. Dieses dürfen wir so nicht benutzen. Wir müssen diese Konstanz der Lichtgeschwindigkeit herleiten. Das machen wir im nächsten Abschnitt.

4.8 Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

Die Existenz der Lichtgeschwindigkeit haben wir in Kapitel 3 ausführlich besprochen. Diese ist als ein Strukturelement der Raumzeit zwingend durch die Raumzeitgrenze gegeben. Damit ist aber nur der erste Schritt erreicht. Wir haben eine identische Bedingung. Diese erzeugt, explizit **nicht** die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Im zweiten Schritt müssen wir zeigen, dass wir trotz dieser Bedingung einen identischen Abstand zu jedem Objekt haben. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten. Eine davon ist falsch. Leider wird die falsche Möglichkeit sehr oft herangezogen. Schauen wir uns die beiden Möglichkeiten genauer an.

4.8.1 Geschwindigkeit ist ein Bruch

Das Thema hatten wir schon bei den Planck-Werten. Die Geschwindigkeit ist ein Bruch $\frac{\text{Länge}}{\text{Zeit}}$. Damit gibt es unendlich viele Werte, welche zur identischen Geschwindigkeit führen. In der SRT verändern sich die Längen- und Zeitdimension identisch. Damit ergibt sich für den Bruch insgesamt als Wert keine Veränderung. Die Länge und die Zeit werden im gleichen Maße kleiner und größer. Die Geschwindigkeit verändert sich damit nicht und muss lokal gleichbleiben.

Ein Teil in der Argumentation ist richtig. Wir dürfen keine Veränderung erkennen können. Der zweite Teil, dass dies dadurch passiert, weil die Geschwindigkeit ihren Wert als Bruch nicht verändert ist leider falsch, obwohl es richtig aussieht.

Das beste Gegenbeispiel ist die Shapiro-Verzögerung, da experimentell gut bestätigt. Diese besprechen wir genauer im nächsten Kapitel für das Äquivalenzprinzip der ART. Für uns jetzt wichtig ist, dass sich Licht in einem Gravitationsfeld für einen externen Beobachter auch langsamer bewegen kann. Lokal muss das Licht aber wieder mit c unterwegs sein. Hier verändert sich Länge und Zeit gegenläufig. Das ergibt niemals eine lokal konstante Geschwindigkeit über einen Bruch. Obwohl wir in der SRT sind, brauchen eine allgemeinere Lösung, die auch im Umfeld der Gravitation funktioniert.

4.8.2 Keine Veränderung feststellbar

Der erste Gedanke war, wir können die Veränderungen erkennen, diese heben sich aber gegenseitig auf. Damit die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit funktioniert, dürfen wir eine Veränderung in den Komponenten der Raumzeit lokal erst gar nicht erkennen können. Dann ist es irrelevant, wie das Umfeld aussieht oder sich die Raumzeitkomponenten gegenseitig verhalten. Dies erreichen wir dadurch, dass die Raumzeitdichte durch die Definition der Geometrie bestimmt wird. Da alles im Universum eine Raumzeitdichte ist, ist auch die lokale Konstanz von jeder beliebigen Größe erreicht.

Fangen wir mit der Länge an. Die Veränderung der Raumkomponente kann ausfallen, wie sie will, wir können diese lokal niemals erkennen. Der Meter als Referenzgröße wird nicht gequetscht. Er ist lokal für das Objekt anders **definiert**. Fliegt ein Raumschiff mit ca. 86% der Lichtgeschwindigkeit, dann ist der Meter für uns in Bewegungsrichtung nur noch halb so lang. Im Raumschiff gibt es jedoch physikalisch keine Möglichkeit dies festzustellen. Absolut alles im Raumschiff hat nun die neue Längendefinition. Ein Meter bleibt lokal immer ein Meter. Wir können bereits lokal die Veränderung nicht erkennen.

Die Zeit verhält sich identisch zur Länge. Die Sekunde ist nun anders definiert. Es gibt keine Möglichkeit dies festzustellen. Aber wir haben doch die Zeit als Abstandsmaß zur Raumzeitgrenze festgelegt. Das Raumschiff ist der Raumzeitgrenze nähergekommen. Ja, das ist richtig. Lokal können wir auch das nicht feststellen. Wir müssten eine Längenkontraktion oder eine Zeitdilatation feststellen können, um dies bestimmen zu können. Diese Möglichkeit fehlt uns. Aus Sicht des Raumschiffes ist es der Raumzeitgrenze kein bisschen entgegengekommen. Daher bleibt lokal alles wie es ist.

Lokal ist es nicht möglich eine Veränderung feststellen zu können

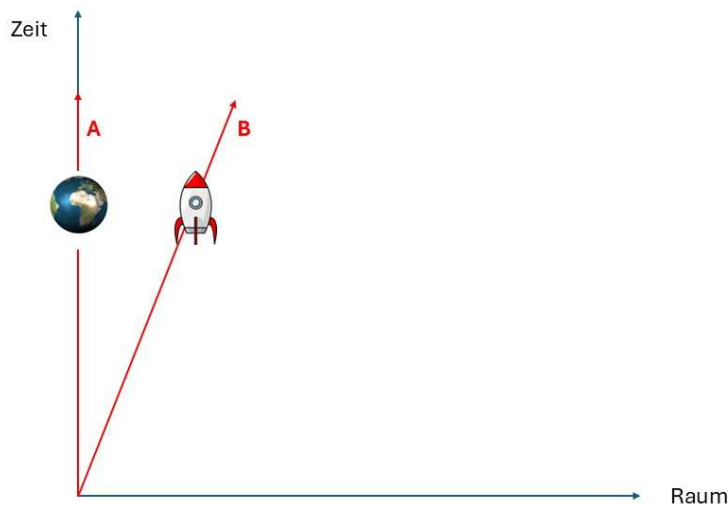
Lokal ist keine Annäherung an die Raumzeitgrenze erkennbar. Diese muss immer identisch weit entfernt bleiben. Damit ergibt sich die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Dieses „lokal keine Veränderung erkennbar“ hat nicht nur die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit im Gepäck. Dies erklärt auch, warum wir laut SRT alles in ein Ruhesystem setzen können. Der Abstand zur Raumzeitgrenze verändert sich lokal nicht und ein Nullpunkt gibt es nicht. Damit kann sich jedes Objekt ohne Beschleunigung als in Ruhe betrachten. Wenn sich die Definition von Länge und Zeit nicht ändert, dann haben wir immer ein Initialsystem. Jeder lokale Beobachter hat eine gute Definition von Länge und Zeit. Diese dürfen lokal von Beobachter zu Beobachter anders ausfallen, lokal ist aber je Beobachter eine eindeutige Definition und damit ein Inertialsystem vorhanden. Dies ist der Grund, warum wir überhaupt erst mit der Idee eines Inertialsystems arbeiten dürfen. Das ist die Verbindung von SRT, Vergleich der Raumzeiten, zu altem Relativitätsprinzip, Vergleich von Objekten in einer Raumzeit.

4.9 Beispiel zur SRT laut DP

Schauen wir uns das Relativitätsprinzip in der DP anhand eines Beispiels an. Wir machen hier den Klassiker und nehmen eine Person auf der Erde und eine in einem Raumschiff, welches sich von der Erde entfernt.

Abbildung 0-6: Klassisches Bild einer symmetrischen Sichtweise



Dann haben wir zwei Sichten zu besprechen. Einmal von der Erde und einmal vom Raumschiff aus. Wir beginnen mit dem einfachen Fall.

4.9.1 Sicht von der Erde

Hier sind sich SRT und DP in der Sichtweise einig. Daher ist der Fall einfach. Die Person auf der Erde erfährt keine Veränderung des Bewegungszustandes. Damit bleibt die Raumzeitdichte identisch. Für die SRT bleibt diese Person einfach im Ruhesystem. Das Raumschiff wird beschleunigt und bekommt damit tatsächlich eine höhere Raumzeitdichte. Das Raumschiff erfährt eine Längenkontraktion und eine Zeitdilatation. Dies kann real von der Erde aus gemessen werden. Im Raumschiff kann davon aber nichts erkannt werden, soweit herrscht Einigkeit.

Längenkontraktion und Zeitdilatation sind eine echte physikalische Veränderung des Raumschiffes. Nicht nur eine Sichtweise. Genau diese Aussage führt zur Vermutung, dass die Raumzeitdichte keinem Relativitätsprinzip unterliegt.

4.9.2 Sicht vom Raumschiff

Bei der SRT scheint alles erstmal sehr einfach zu sein. Wenn das Raumschiff seine Beschleunigungsphase hinter sich hat, kann es von sich behaupten, es ist in Ruhe. Die Erde hat sich beschleunigt und fliegt vom Raumschiff weg. Die Erde muss nun zwingend einer Längenkontraktion und einer Zeitdilatation unterliegen. Eine vollkommen symmetrische Sicht.

Genau hier fangen im Verständnis zur SRT, die Probleme an. Die Beschleunigungsphase ist nur und ausschließlich am Raumschiff erfolgt. Wieso soll nun die Erde anders sein als vorher. Die Erde reicht in dieser Betrachtung gar nicht aus. In Bewegungsrichtung muss sich das gesamte Universum beschleunigt haben. Nein, ganz bestimmt nicht. Das Universum verändert sich nicht, nur weil irgendwo ein Raumschiff eine Beschleunigungsphase gehabt hatte. Daran erkennen wir am besten, dass die SRT nicht zwei Objekte (Erde und Raumschiff) in einer Raumzeit vergleicht.

Je nach Sichtweise, werden den Objekte eine passende Raumzeit, welche immer von null bis Lichtgeschwindigkeit geht, zugewiesen. Dann wird der Vergleich der Raumzeiten gemacht. Daher muss aus Sicht des Raumschiffes das gesamte Universum eine Veränderung erfahren haben. Nur das Raumschiff hatte eine Beschleunigungsphase und hat diese neue Definition der Raumzeit bekommen. Es ist aber eine Definition einer kompletten Raumzeit.

Die SRT kennt beim Vergleich allerdings nur eine Richtung. Das andere Objekt hat immer die „kleinere“ Definition mit Zeitdilatation und Längenkontraktion. Bei einem Relativitätsprinzip sollte es nur eine Differenz geben und keine bestimmte Richtung. Das ergibt sich wiederum zwanghaft aus dem Ansatz mit der Lorentz-Transformation aus einer Äthertheorie heraus. Diese geht von einem im gesamten Universum identischen Nullpunkt aus. Daher erhalten wir in der SRT diese Vorzugsrichtung im Vergleich.

In der DP darf nur das Raumschiff die höhere Raumzeitdichte haben. Nur dort ist eine Beschleunigung aufgetreten. Dann hat das Raumschiff eine veränderte Definition der Geometrie. Das Raumschiff erkennt genauso wie die Erde, dass ein Unterschied in der Definition der Geometrie vorliegt. Nur dieser Unterschied wird erkannt. Selbst wenn für das Raumschiff klar ist, welcher derjenige mit der höheren Raumzeitdichte sein muss, können wir dies nicht aus dem Raumschiff heraus messen. Im Raumschiff ist nun eine andere Definition der Geometrie vorhanden. Das Raumschiff darf nun alle Beobachtungen nach außen nur noch mit seiner Definition erkennen. Gehen wir streng nach SRT vor. Dann ist das Raumschiff in Ruhe und die Erde hat beschleunigt. Wie sieht es für das Raumschiff nach der DP aus. Die Erde hat ihre Geschwindigkeit definitiv beibehalten. Damit aber auch ihre Raumzeitdefinition. Der Meter der Erde ist länger definiert als der Meter im Raumschiff. Dann schafft die Erde, aus Sicht des Raumschiffes, mehr Länge bei gleichbleibender Geschwindigkeit. Damit muss sich für das Raumschiff die Erde beschleunigt haben. Nicht nur die Erde, das gesamte verdammte Universum. Nur das Raumschiff hat seine Raumzeitdichte verändert. Damit muss für das Raumschiff zwingend das gesamte Universum einer Veränderung unterliegen.

Die DP macht eine Raumzeitveränderung nur an dem Objekt, dass auch eine Beschleunigungsphase gehabt hat. Dann ergibt sich aber eine globale Veränderung für das Objekt. Die SRT macht dies dadurch, dass es jedem Objekt immer eine komplette Raumzeit zuweist. Dann scheinen die Sichtweisen DP und SRT identisch zu sein. Warum dann der ganze Aufstand? Weil diese nicht identisch sind.

In der DP hat das Raumschiff tatsächlich eine höhere Raumzeitdichte. In der SRT können wir dies so nicht bestimmen. Da geht immer nur ein symmetrischer Ansatz. In der DP ist klar, dass Längenkontraktion und Zeitdilatation nur lokale Phänomene sind. In der SRT sind diese immer Global je Sichtweise. Diese beiden Punkte klären wir in den nächsten zwei Abschnitten.

4.10 Cherry Picking in der SRT

Laut der SRT tritt die Zeitdilatation und die Längenkontraktion immer identisch und physikalisch messbar in der gesamten Raumzeit auf. Dann bekommen wir aber ein logisches Problem. Mathematisch ist alles sauber, da symmetrisch. Logisch wird es hier kritisch. Der Ansatz aus der DP löst dieses Problem sehr einfach.

Ich habe dieses Problem, wie immer, kraft souveräner Willkür „Cherry Picking“ genannt. Wenn ich in meinen Stuhl sitze und den Text schreibe, dann habe ich vor mir zwischen meinen zwei Händen eine definierte Zeit und eine definierte Länge. Nun kommen kontinuierlich von allen Seiten der Erdatmosphäre Myonen auf diese Länge zu. Da Myonen sehr schnell sind, muss für diese Teilchen die Länge, je nach Winkel zu meinen Händen, unterschiedlich sein. Das können wir uns nicht wirklich vorstellen.

Da machen fast alle Diskussionspartner eine recht eigenwillige Unterscheidung. Jedes Myon muss eine andere Zeit haben als meine. Das sind von meinen Händen unterschiedliche Objekte. Diese können unterschiedliche Zeitverläufe haben. Da Zeit ein Mysterium bleibt, wird dies einfach akzeptiert. Das ist auch gut so, da man die Zeitdilatation per Experiment inzwischen mit beindruckender Genauigkeit überprüft hat. Hacken dran.

Laut der SRT muss sich aber auch zwingend die Länge physikalisch verändern. Zeitdilatation gibt es nur mit Längenkontraktion. Zeitdilatation wird experimentell gemessen, dann muss im Umkehrschluss auch die Längenkontraktion physikalisch auftreten. Damit muss der Abstand zwischen meinen Händen ständig ein anderer sein. Je nachdem in welchem Winkel das Myon zu meinen Händen sich bewegt. Das akzeptiert fast niemand. Da verlassen viele den Pfad der Tugend und gehen auf das, was logisch verständlich ist. Die Längenkontraktion ist nur eine Sichtweise, die Zeitdilatation ist real. Das macht aus logischer wie mathematischer Sicht der SRT keinen Sinn. Entweder ist beides nur eine Sichtweise oder beides ist physikalisch messbar. Bei der Zeit sind wir uns sicher, da gemessen. Bei der Länge wollen wir es nicht hinnehmen, „Cherry Picking“ eben. Das Problem entsteht dadurch, dass die SRT immer eine komplette Raumzeit zuweist. Tatsächlich ist dies logisch nicht sinnvoll. Da die Mathematik aber sehr gut funktioniert => shut up and calculate.

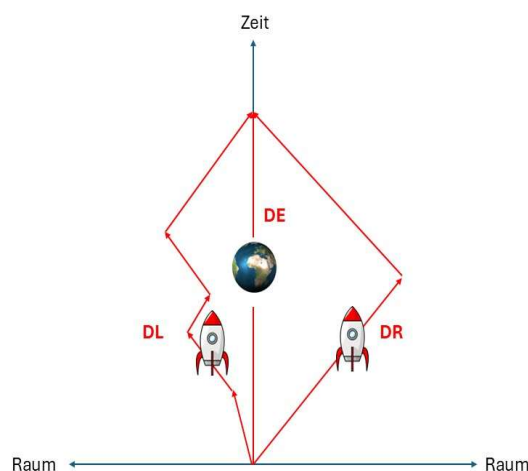
In der DP ist es klar. Es ist immer ein echter physikalischer Effekt. Dieser ist aber nur lokal im Objekt. Vom Objekt aus ergibt sich dann die passende Sichtweise auf das restliche, nach der lokalen Definition, unveränderte Universum. Ein Cherry Picking wird nicht benötigt.

4.11 Zwillingsparadoxon

Sorry, aber wenn wir die SRT durchkauen, dann darf das Zwillingsparadoxon nicht fehlen. Insbesondere können wir an diesem Paradoxon das Problem mit der Information über eine größere oder kleinere Raumzeitdichte klären. Die meisten anderen Paradoxa (z.B. Garagenparadoxon) sind eher uninteressant. Diese lassen sich immer über die symmetrische Sichtweise, mit der nicht vorhandenen Gleichzeitigkeit erklären. Beim Zwillings-Paradoxon ergibt sich aber kein symmetrisches Ergebnis. Dafür muss es einen Grund geben.

Bei der Mathematik gibt es keinen Unterschied. Selbst die SRT hat das Ergebnis, dass der Zwilling in der Rakete immer der jüngere ist. Das ist auch in der DP das zu erwartende Ergebnis. In der SRT ist aber nicht klar, warum dies so ist. Da wird oft mit Symmetriebruch oder ähnliches argumentiert. Für ein besseres Verständnis erweitern wir das Zwillingsparadoxon auf Drillinge.

Abbildung 0-7: Das Drillingsparadoxon



Es gibt einen Drilling links (DL), einen Drilling rechts (DR) und einen Drilling auf der Erde (DE). Dabei hat DR ein einziges Ziel und DL klappert mehrere Orte ab. DE bleibt auf der Erde und bewegt sich nur in der Zeit voran. Was im Bild evtl. nicht 100% zu erkennen ist, der zurückgelegte Weg von DL und DR sollen in Summe identisch sein.

Das Ergebnis ist klar. Die Drillinge sind beim Startpunkt gleich alt. Wenn diese sich wieder begegnen, sind DL und DR identisch alt, da Beide in Summe einen gleichlangen Weg durch die Raumzeit hatten und DE ist gegenüber den anderen der ältere.

In der DP ist das Ergebnis logisch so zu erwarten. Nur DL und DR erfahren eine Erhöhung der Raumzeitdichte. Nur bei DL und DR kann, gegenüber der Startbedingung, eine Zeitdilatation auftreten. Dabei spielt es keine Rolle, in welcher Richtung die Zeitdilatation auftritt. Nur die Summe der Zeitdilatation, dass ist die Wegstrecke, ist am Ende relevant. Es ist hier eine Information von jünger und älter oder von kleinerer und größerer Raumzeitdichte vorhanden.

Aus der SRT heraus ist das nicht klar. Die SRT ist immer symmetrisch. Damit müsste zwischen DE und DL jeweils der andere eine identische Zeitdilatation erfahren und es sollte keinen Unterschied geben. Das Ergebnis sieht aber anders aus. Warum passiert das? Ich habe dazu noch keine gute Erklärung gelesen. Was am häufigsten kommt, ist die offensichtlichste Erklärung. Wenn die Symmetrie nicht mehr gegeben ist, dann muss diese wohl verletzt worden sein. Weil nichts anderes da ist, ist der Schuldige schnell gefunden. Die böse, böse Beschleunigung. Diese muss die Symmetrie brechen. Dann kommen noch schlimmere Aussagen, wie: „Die SRT kann mit Beschleunigung nicht umgehen“. Was für ein Unsinn. Die SRT kann nur und ausschließlich nichts mit der Gravitation anfangen. Jegliche Art von klassischer Beschleunigung kann zu 100% fehlerfrei in das Diagramm oder die Berechnungen eingebaut werden.

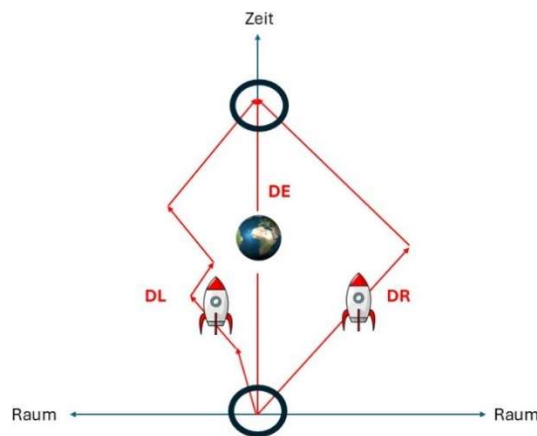
So, jetzt wieder beruhigen und die Lösung angehen. Wenn die Information nicht schon vorher vorhanden ist, könnten wir diese auch nicht erhalten. Wir können keine zusätzliche Information erzeugen. Die Information muss schon immer enthalten sein. In der DP haben wir diese Information immer. Wir können diese in der SRT nur nicht ermitteln. Diese kann nur unter bestimmte Voraussetzung herausgeholt werden. Das ist der richtige Ansatz.

Die Beschleunigungen können es nicht sein. Wir haben die Zwillinge auf Drillinge erweitert, damit dies sichtbar wird. Wir könnte DL auch noch „zackiger“ durch die Raumzeit fliegen lassen. Wenn die Summe des zurückgelegten Weges in der Raumzeit identisch ist, sind DL und DR identisch alt. Die Anzahl und Richtung der Beschleunigungen spielen dabei keine Rolle. Die Beschleunigung ist nur zwingend notwendig, damit es überhaupt eine Veränderung, in der Raumzeitdichte gibt und die Drillinge sich wieder treffen können.

Was vielen nicht auffällt, ist, dass bei dem klassischen Zwillingsparadoxon der Zwilling im Raumschiff gleich 2 Symmetriebrüche macht. Den ersten, wenn dieser von der Erde startet. Den zweiten, wenn er vom Zwischenziel wieder startet. Dann ist der erste Symmetriebruch ein „guter“, da noch alles symmetrisch ist und der zweite Symmetriebruch ein „schlechter“ der alles kaputt macht. Mit Gut und Böse funktioniert Physik nicht. Das ist eine schlechte Argumentation.

Kehren wir zu den Grundelementen zurück. Wann mussten wir von einem absoluten Wert in ein Relativitätsprinzip ausweichen? Wenn wir die Referenzpunkte zur Messung verloren haben. Wollen wir mehr Information haben, dann muss es wieder einen Referenzpunkt geben, der diese Information angeben kann. Das Bild nochmals mit den zwei wichtigen Punkten.

Abbildung 0-8: Die Referenzpunkte im Drillingsparadoxon



Das Besondere in diesem Paradoxon ist der Start- und der Endpunkt. Der Startpunkt ist für alle in der Raumzeit identisch. Der Endpunkt ist im Raum identisch geblieben und in der Zeit verschoben. Es sollte für die Drillings jeweils der identische Raumzeitpunkt sein. Wir haben innerhalb des Relativitätsprinzips einen zusätzlichen Referenzpunkt für die Messung erzeugt. Damit erhalten wir alle Informationen zu Raum und Zeit, die im Relativitätsprinzip von diesem Referenzpunkt abweichen. Dann kommt auch in der SRT ein jünger und älter raus.

Bei Galileo gibt es kein kleiner oder größer. Nicht, weil er noch keine Raumzeit kannte, sondern weil es dort nur einen Referenzpunkt für alles gibt, den Nullpunkt. Um ein größer oder kleiner festzustellen, müssten wir bei Galileo auch den Nullpunkt verwenden. Genau dieser darf aber nicht mehr erkennbar sein, sonst gibt es kein Relativitätsprinzip. Daher ist die Sichtweise von Galileo tatsächlich zu 100% symmetrisch. Diese Idee wird auf die SRT von Einstein übertragen und alles, bis auf das Zwillingsparadoxon, sieht gut aus. Nur beim Vergleich von zwei Raumzeiten ist ein größer oder kleiner nicht explizit ausgeschlossen. Das darf es geben. Wir können aber im Normalfall nur die Differenz zwischen den Raumzeiten erkennen. In der DP werden die lokalen Raumzeitdefinitionen verglichen. Auch hier sieht man im Normalfall nur die Differenz und alles sieht symmetrisch aus. Wir wissen allerdings, dass es ein größer und kleiner gibt. In der SRT wie in der DP brauchen wir einfach nur einen zusätzlichen Referenzpunkt, um diese Information zu erhalten. Das Zwillingsparadoxon liefert diesen.

4.12 SRT zu QM und ART

Der letzte Abschnitt in diesem Kapitel geht darauf ein, dass die Namensgebung für SRT und ART, na sagen wir mal, maximal unglücklich gelaufen ist. Die Bezeichnungen können wir nicht mehr ändern. Diese suggerieren, dass die SRT das kleine Geschwisterlein der ART ist. Dem will ich hier widersprechen. Aus rein mathematischer Sicht kann ich die Aussage noch verstehen. Aus logischer Sicht ist das einfach falsch. Auch an diesem Punkt ist klar zu erkennen, dass sehr viele mit der SRT gut rechnen können. Verstanden haben die SRT aber nur wenigsten. Wir bleiben bei dem Ansatz aus der DP.

Was macht die ART? Diese sagt aus, wie sich die Raumzeitkomponenten durch Raumzeitdichte verändern. Diese Aussage macht nur innerhalb einer einzigen Raumzeit Sinn. Die Raumzeitdichte ist dabei nur die Quelle. Die eigentliche Aussage betrifft nicht die

Raumzeitdichte. Das können wir daran erkennen, dass die ART eine Singularität voraussagt. Das ist mit dem Ansatz einer Raumzeitdichte nicht möglich. Für die ART ist nur die Menge und die Verteilung der Raumzeitdichte auf die Raumzeitdimensionen interessant. Die Raumzeitkrümmung muss dann dazu ausgleichen. Die ART macht Aussagen zur Raumzeitkrümmung. Damit zum umgebenden Raum der Raumzeitdichte in einer einzigen Raumzeit. Dort können auch mehrere Raumzeitdichte, räumlich getrennt, vorhanden sein. Diese Aussage der ART betrifft die umgebende Raumzeit.

Was macht die SRT? In der alten Sichtweise werden den Objekten unterschiedliche Raumzeiten zugewiesen und diese verglichen. Damit sieht es nur so aus, dass die SRT eine Aussage zur Raumzeit trifft. Das kann die SRT gar nicht. Es werden verschiedene Raumzeit verglichen. Zu einer einzigen Raumzeit oder einem einzigen Objekt, kann die SRT keine Aussage machen. Wir brauchen immer mindestens zwei Objekte, sonst macht die SRT keinen Sinn. In der DP wird es etwas deutlicher. Die SRT vergleicht die lokale Definition der Raumzeitgeometrie von verschiedenen Raumzeitdichten. Das sind Aussagen zu einer Raumzeitdichte. Nur weil dann die restliche Raumzeit aus dieser Definition heraus anders erscheint, glauben wir, dass die SRT eine Aussage zur Raumzeit trifft. Klar in der DP ist alles Raumzeit, damit ist jede physikalische Aussage eine Aussage zur Raumzeit.

Die SRT macht absolut keine Aussage zur umgebenden Raumzeit einer Raumzeitdichte. Diese ist nur der Vergleich von Raumzeitdichten. Die ART braucht eine Raumzeitdichte als Quelle der Raumzeitkrümmung. Die ART interessiert sich aber sonst nicht für die Raumzeitdichte und macht nur Aussagen zur umliegenden Raumzeit. Daraus folgern wir:

Die ART und die SRT ergeben zwei komplett unterschiedliche Aussage.

Die SRT ist einfach nur in der ART enthalten, weil das Relativitätsprinzip in der DP per Definition in allen physikalischen Aussagen mit eingebaut sein muss. Alles ist Raumzeitdichte und diese unterliegt immer dem Relativitätsprinzip.

Was macht denn die QM? Diese beschreibt den „inneren Aufbau“ einer Raumzeitdichte durch niederdimensionale Raumzeiten (Felder). Die QM interessiert sich aber nur für die Raumzeitdichte. Die Raumzeitdichte kennt keine Raumzeitkrümmung. Die QM benutzt die umgebende Raumzeit einer Raumzeitdichte nur als „gegebene Möglichkeit“. Ob dieser eine Raumzeitkrümmung aufweist, kann eine niederdimensionale Raumzeitdichte nicht feststellen. Damit ist die umgebende Raumzeit für die QM uninteressant. Daher lässt sich die SRT und die QM bis zu einem bestimmten Maß vereinigen. Beiden schauen sich Raumzeitdichten und nicht den umgebenden Raum an

Damit lassen wir das Kapitel hier ausklingen und schauen uns im nächsten Kapitel die ART genauer an.

5 Äquivalenzprinzip der Allgemeinen Relativitätstheorie

Die ART basiert auf nur 3 Prinzipien

- Relativität
- Lichtgeschwindigkeit
- Äquivalenz

Das Relativitätsprinzip und die Lichtgeschwindigkeit haben wir schon im Kapitel zur SRT hergeleitet. Für die ART fehlt noch das Äquivalenzprinzip. Davon gibt es gleich zwei Stück. Das schwache und das starke Äquivalenzprinzip. Wir werden beide separat behandeln. Das starke ist ausreichend, da es das schwache beinhaltet. Deshalb die gewählten Namen. Die getrennte Herleitung ist für den logischen Aufbau interessant. Das erstaunliche Ergebnis aus der Herleitung ist, dass die Raumzeit selbst ein Potentialfeld ist. Dies wird nochmals in der Kosmologie, in einer anderen Form, sehr wichtig. In der ART ist das vektorielle Potentialfeld der Raumzeit identisch mit dem Potentialfeld der Gravitation. Alle anderen Potentialfelder in der Physik funktionieren nach dem gleichen Prinzip. In der QM in jeweils unterschiedlichen Raumzeitkonfigurationen.

Zusätzlich werden wir in diesem Kapitel klären, was eine Kraft in der klassischen Beschreibung der Physik ist. Das hilft beim Verständnis der Gravitation. Gerade der geniale Gedanke von Einstein, eine Kraft als geometrischen Abbildung in der Raumzeit, ist nicht immer sofort verständlich. Wir erkennen dann leichter, warum wir so unterschiedliche Beschreibungen für ein identisches Phänomen verwenden können.

5.1 Das schwache Äquivalenzprinzip

Fangen wir schwach an, dann können wir uns steigern. Das schwache Äquivalenzprinzip ist bereits in der guten alten Mechanik von Newton enthalten. In der klassischen Mechanik war allerdings unklar, warum dies so ist. Hier wird das Prinzip oft als die Gleichheit von träge und schwere Masse bezeichnet.

5.1.1 Erstes und zweites Axiom von Newton

Was für Einstein $E = mc^2$ ist, ist für Newton $F = ma$. Die zwei bekanntesten Formeln der Welt. Kraft gleich Masse mal Beschleunigung. Das zweite Newtonsche Axiom. Die Masse m in der Formel ist die träge Masse. Träge, da diese ihren Bewegungszustand nicht verändert, wenn keine Beschleunigung auf ihr wirkt. Je mehr Masse vorhanden ist, umso größer muss die Beschleunigung sein, die wir für eine identische Veränderung aufbringen müssen. Keine Beschleunigung keine Kraft und damit keine Veränderung \Rightarrow Trägheit. Da in der Formel die Masse das einzige Objekt ist, muss diese Trägheit mit der Masse verbunden sein. Soweit alles sehr einfach.

Gleiche Frage wie bei der SRT. Warum gibt es dann das erste Axiom? Na, wisst Ihr es noch auswendig? Ich helfe nach: „Ein kräftefreier Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich geradlinig und gleichförmig“. Das hatten wir bereits im zweiten Axiom. Keine Beschleunigung, keine Veränderung. Wieso gibt es diese Aussage zweimal in getrennten Axiomen? Hier eine Argumentation ohne das Relativitätsprinzip. Damit dies einen Sinn ergibt, müssen wir das erste Axiom anders lesen. Wir drehen die Aussage um: Wenn auf einen Körper keine Kräfte wirken, dann ist das, was der Körper macht Ruhe oder eine gradlinige und gleichförmige Bewegung.

Das erste Axiom ist auch eine Messvorschrift. Wir können messen, was eine gerade und gleichförmige Bewegung ist. In einer Raumzeit mit Raumzeitkrümmung ist „gerade“ nicht so einfach festzustellen. Damit wird eine beliebte Aussage, zur Gravitation fragwürdig. Ein Körper in einem Gravitationsfeld fällt kräftefrei auf einer geraden Linie zum Gravitationszentrum. Wir

werden sehen, dass diese Aussage mit Vorsicht zu genießen ist. Hier werden wir den Unterschied von Potenzialfeld und Kraft kennen lernen.

5.1.2 Gleichheit von träge und schwere Masse

Die nächste berühmte Formel von Newton ist die Formel zu Gravitationskraft

$$F = \frac{G * M_{sch} * m_{schwer}}{r^2}$$

Das große M soll bei uns die Erde sein und das kleine m eine Testmasse. Die Masse hier ist die schwere Masse. Das, was die Waage anzeigt. Diese Formel stellen wir anders zusammen.

$$F = \frac{G * M_{sch}}{r^2} * m_{schwe}$$

Der erste Term mit dem Bruch ist laut den Maßeinheiten eine Beschleunigung. Für die Erde als M kommt hier das bekannt kleine g für die Erdbeschleunigung heraus. Das ergibt:

$$m_{träge} * a = m_{schwe} * g$$

Wenn hier irgendetwas zusammenpassen soll, dann müssen wir die verschiedenen m oder g und a wegkürzen können. Das bringt uns zu den folgenden Aussagen:

- Träge und schwere Masse müssen identisch sein.
- Da man die Massen kürzen kann, um nur die Beschleunigung beschreiben zu können, dürfen aus m keine Eigenschaften für die Wirkung der Beschleunigung relevant sein. Form, Größe oder chemische Zusammensetzung, dies ist alles ohne Bedeutung. Ergebnis: Auf dem Mond fallen ein Hammer und eine Feder identisch zu Boden.
- Man kann hier schon erkennen, dass die Wirkung der Gravitation wie eine Beschleunigung gehandhabt werden muss.

Die Identität von träge und schwere Masse war bei Newton ein Rätsel. Wir sehen, es muss so sein, aber es gab keinen Grund dafür. Diese Identität ist zurzeit, im Jahr 2026, sehr genau überprüft. Eine Abweichung kann es erst nach der 14ten Stelle hinter dem Komma geben. Mit einer der am besten überprüften Werte überhaupt.

5.1.3 Gleichheit in der DP

In der DP ist der Ansatz komplett anders. Jede Masse ist eine Raumzeitdichte. Es gibt kein Merkmal für eine Unterscheidung. Alle bekannten Merkmale für eine Unterscheidung liegen in der QM und nicht in der ART. Damit dürfen diese Merkmale keine Differenz, bei einer ausgeübten „Kraft“ über die Gravitation, erzeugen. Wir müssen nicht die Gleichheit begründen, diese ist durch den Ansatz zwingend gegeben. Wir drehen den Spieß um. Wir haben noch nicht einmal die Möglichkeit einen Unterschied beschreiben zu können.

Wird jemals ein Unterschied festgestellt, egal wie weit hinter dem Komma, ist die DP falsifiziert.

5.2 Der klassische Begriff einer Kraft

Irgendwie muss es eine Verbindung von Kraft und Gravitation als geometrische Abbildung geben. Das starke Äquivalenzprinzip bezieht sich auf eine Beschleunigung. Diese erzeugt in der klassischen Mechanik immer eine Kraft. Die Lösung ist bereits bei den Axiomen von Newton enthalten. Erstes und zweites Axiom: Eine Kraft ist eine Veränderung.

Wir können in der DP die klassische Kraft als eine Veränderung der Raumzeitdichte auffassen. Ohne eine Wechselwirkung bleibt eine Raumzeitdichte, was diese ist. Über eine Wechselwirkung kann sich diese verändern. Das ist sehr einfach. Wir haben aber speziell bei der

Gravitation ein großes Problem. Was wird in einer Wechselwirkung ausgetauscht? Das lange gesuchte Graviton als Austauschteilchen der Quantengravitation? Nein, ganz bestimmt nicht!

In der ART gibt es nur eine geometrische Abbildung als Raumzeitkrümmung für die Gravitation. Alle Masse-Energie-Äquivalente sind im Energie-Impuls Tensor gesammelt. Im Einstein Tensor haben wir keine Raumzeitdichte als Austauschteilchen. Wir benötigen aber trotzdem eine Veränderung auf einer Raumzeitdichte. Genau hier liegt die Stärke der DP. Wir haben eine Krümmung oder eine Dichte, mehr ist nicht da. Eine Dichte kann es nicht sein. Es bleibt nur noch eine einzige Möglichkeit übrig. Die Raumzeitkrümmung muss eine Veränderung an der Raumzeitdichte bewirken ohne ein Austauschteilchen und **ohne eine Veränderung an der Raumzeitdichte**. Ich weiß, der Satz klingt etwas bescheuert. Ist aber genau so gemeint.

Letztendlich müssen wir auf das starke Äquivalenzprinzip kommen. Dort darf die Gravitation von einer Beschleunigung, in der Wirkung auf eine Masse, nicht unterscheidbar sein. Damit muss die Raumzeitkrümmung einer Veränderung an der Raumzeitdichte erzeugen, die einer Beschleunigung entspricht. Auf die DP hätte man auch schließen können, wenn man den Begriff eines Potentials und hier des Gravitationspotentials vollständig erklären will. Leider war man bereits mit der exakten Berechnung zufrieden. Das Warum war nicht mehr interessant.

Kraft ist für uns eine Veränderung der Raumzeitdichte. Da die Raumzeitdichte auch ein Bewegungszustand ist, sollte es nicht verwundern, dass mit der Kraft eine Beschleunigung verbunden ist. Die Veränderung eines Bewegungszustands benötigt eine Beschleunigung. Damit ist der Begriff Kraft geklärt. Gehen wir weiter und schauen uns endlich das starke Äquivalenzprinzip an.

5.3 Das starke Äquivalenzprinzip

Im starken Äquivalenzprinzip können wir die **Wirkung** der Gravitation von der **Wirkung** einer Beschleunigung nicht unterscheiden. Gravitation und Beschleunigung müssen nicht identisch sein, wir dürfen nur nicht die Wirkung unterscheiden können.

Den ersten Ansatz haben wir im schwachen Äquivalenzprinzip gesehen. Dort mussten a und g identisch sein. Einstein ist dann auf die Idee gekommen, dass eine Bewegung in einem gekrümmten Raum genau dieser Beschleunigung entsprechen muss. Wie wir an dem Wort „Wirkung“ erkennen können, war Ihm bereits klar, dass dies mit unterschiedlichen Phänomenen verwirklicht wird.

Abbildung 0-2: Wirkung der Gravitation

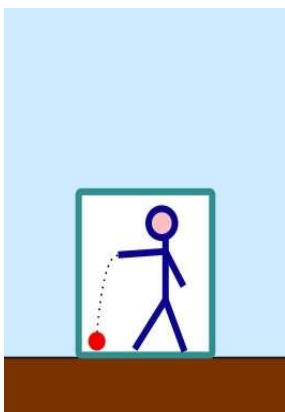
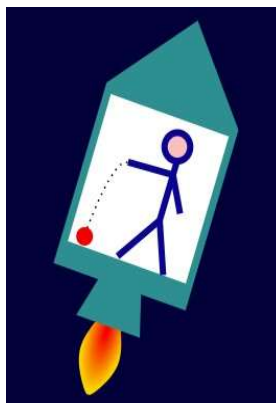


Abbildung 0-1: Wirkung der Beschleunigung



Wir sind wieder mit der abgeschlossenen Kiste von Galileo unterwegs. Bei der SRT war es ohne eine Wirkung von außen. Hier ist es die Gravitation oder die Beschleunigung der Rakete. In den beiden Kisten können wir mit keinem Experiment feststellen, ob es Gravitation oder Beschleunigung ist. Die Wirkung ist identisch.

5.4 Das Problem mit „fallen“

Da man am Anfang der ART mit einer Verformung der Raumzeit noch nicht viel anfangen konnte, hat man sich an der alten Analogie mit der Beschleunigung gehalten. Damit wir eine Wirkung wie eine Beschleunigung erhalten, muss das Testobjekt m in der gekrümmten Raumzeit in das Gravitationszentrum „fallen“. Ich glaube, dass diese Analogie die Suche nach der Warum-Frage ausgebremst hat. Der Mond fällt zur Erde. Da die Raumzeit gekrümmt ist fällt der Mond auf seiner Umlaufbahn um die Erde. Berechnen lässt sich dies auch sehr gut. Das kann jeder verstehen und alle sind zufrieden.

Wir nicht! Diese Analogie erklärt gar nichts. Laut der Berechnung in der ART bewegt sich der Mond auf einer Geodäte um die Erde. Dieser Begriff bezeichnet die Bewegungsrichtung ohne eine Einwirkung einer Kraft. In einer Raumzeit ohne Gravitation ist dies eine Gerade. Mit Gravitation dann die fast kreisrunde Bahn um die Erde. Kräftefrei, das erinnert uns doch an das erste Newtonsche Axiom. In einer flachen Raumzeit gerade und gleichförmig. In einer gekrümmten Raumzeit eben immer der Krümmung hinterher. Das ist aber genau die Messvorschrift, welche besagt, der Mond unterliegt keiner Wechselwirkung. Keine Beschleunigung und damit keine Veränderung. Wo soll da eine Wirkung als Beschleunigung herkommen? Das erste Axiom und das zweite Axiom schließen sich bei einer Beschleunigung gegenseitig aus. In der ART wird aber so getan, als ob man beides gleichzeitig haben kann. Der kräftefreie Mond (da auf Geodäte) fällt (und damit beschleunigt) um die Erde. Nein, so geht es nicht.

So, wieder etwas beruhigen und weiter geht es. Keine Wechselwirkung von außen und wir brauchen trotzdem eine Veränderung. Diese Veränderung bleibt, zum Beispiel beim Mond, über Milliarden von Jahren hinweg konstant. Diese Frage ist nie gelöst worden. Also machen wir das jetzt.

5.5 Energieerhaltung

Die erste Idee, die wir haben können, ist, dass sich der Wert der Raumzeitdichte in einer Raumzeitkrümmung verändert. Dann haben wir von außen keine Wechselwirkung und trotzdem einen veränderten Wert. Das klingt schon sehr gut nach der gesuchten Lösung. In der Raumzeitkrümmung wird die Länge immer größer und die Länge der Raumzeitdichte bleibt gleich. Dann wird im Verhältnis die Dichte doch immer größer. Damit erhält die Raumzeitdichte durch die Umgebung eine immerwährende Veränderung = Beschleunigung. Ja schon, aber wir haben eine Raumzeit. Bei der Zeitdimension verhält es sich genau umgekehrt und alles gleicht sich wieder aus.

Nicht traurig sein, das ist gut so. Wir brauchen eine Energieerhaltung. Die Raumzeitkrümmung verändert für ihren Bereich die Raumzeitdichte nicht. Ihr erinnert euch an dem gleichbleibenden Flächeninhalt. Damit verändert sich auch das Verhältnis einer Raumzeitdichte zur umgebenden Raumzeit mit Raumzeitkrümmung nicht.

Letztendlich haben wir von außen keine Wechselwirkung. Damit kann sich das Verhältnis der Raumzeitdichten von Umgebung und Objekt nicht verändern. Wir haben aber nur Raumzeitkrümmung und Raumzeitdichte, wo kann es dann noch herkommen?

5.6 Veränderung der Komponenten

Das Einzige, was jetzt noch übrig bleibt sind die Verschiebungen zwischen Raumdimension und Zeitdimension bei der Raumzeitkrümmung. Schauen wir uns das genauer an.

Eine Raumzeitdichte bewegt sich mit 1 m/s auf die Erde zu. Weit weg von der Erde ist dies eine gradlinige und gleichförmige Bewegung. Hier nochmals der wichtige Hinweis: Raumzeitdichte ist auch immer der Bewegungszustand. Da wir keine Wechselwirkung von außen haben, muss die

Geschwindigkeit auch so bleiben. Keine Veränderung der Raumzeitdichte ist identisch zu gleichem Bewegungszustand. In der Raumzeitkrümmung verändern aber Raum und Zeit ihre Definition. Der Meter wird länger und die Sekunde wird langsamer. Das passiert aber nur für die umliegende Raumzeit und nicht für die Raumzeitdichte. Die Geschwindigkeit muss bei 1 m/s bleiben. Damit muss die Raumzeitdichte schneller werden. Diese muss nun eine längere Strecke mit weniger Zeit überbrücken. Die Raumzeitdichte wird beschleunigt, nur auf Grund der gegenläufigen Veränderung der Raum- und Zeitdimensionen. Lokal ist die Raumzeitdichte frei von jeder Kraft, da diese sich nicht verändert. Diese etwas seltsame Beschleunigung ist genau, was wir brauchen:

- Keine Veränderung der Raumzeitdichte
- Keine Wechselwirkung von außen. Wichtig! Mit einer Wechselwirkung, also z.B. einem Graviton, wird diese Logik zerstört. Daher darf es für die Gravitation zwingend kein Austauschteilchen geben.
- Die Raumzeitdichte unterliegt dieser Beschleunigung immer
 - Ich schreibe diesen Text, während ich auf einem Stuhl sitze. Damit keine Bewegung.
 - Warum spüre ich mein Gewicht? Ich falle gerade nicht Richtung Erde.
 - Das erste Newtonsche Axiom gilt auch bei Ruhe.
 - Allein der Unterschied zwischen den Definitionen der Raumzeitkrümmung und der Raumzeitdichte erzeugt die Beschleunigung. Diese existiert auch in Ruhe.
 - Da jede Raumzeitdichte ein Raumzeitvolumen besitzt, ist dieser Unterschied in der Raumzeitdichte immer vorhanden. Der Teil der näher zur Gravitationsquelle ist hat einen größeren Unterschied als der Teil, der von der Gravitationsquelle weg ist. Die Raumzeitdichte erhält damit eine eindeutige Richtung. Immer der Geodäte entlang.
- Die Beschleunigung ist damit immer an der Raumzeitkrümmung ausgerichtet
- Die Beschleunigung kommt aus der Veränderung der umliegenden Raumzeit.
 - Die Eigenschaften der Raumzeitdichte spielen keine Rolle.
 - Die Beschleunigung ist für jede beliebige Raumzeitdichte identisch

Das starke Äquivalenzprinzip ergibt sich aus den gegenläufigen Verformungen der Raumzeitkomponenten in einer Raumzeitkrümmung. Die Raumzeitdichte erfährt explizit keine Veränderung oder Wechselwirkung. Wir erhalten eine Beschleunigung, weil sich der Bewegungszustand nicht verändern darf. Das ist der Witz an dem Äquivalenzprinzip nach der DP. Hier erkennen wir wieder, wie wichtig es ist, dass diese Verformung eine Veränderung der Definition und nicht nur eine Sichtweise ist. Das Äquivalenzprinzip funktioniert nur bei einer Veränderung der Definition.

5.7 Das Gegenstück, die Shapiro-Verzögerung

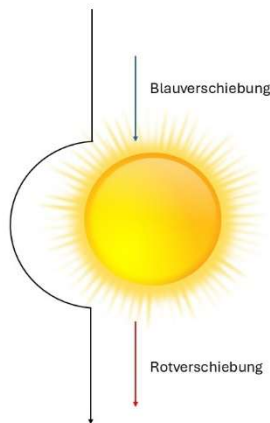
Die Veränderung der Raumzeitkomponenten kann auch den gegenteiligen Effekt haben. Das passiert genau dann, wenn man per Beschleunigung die Geschwindigkeit gar nicht mehr erhöhen kann. Wir müssen den Sonderfall der Lichtgeschwindigkeit betrachten. Da haben wir zwei Möglichkeiten:

- Eine Veränderung der Wellenlänge. Dies passiert bei der Rot- oder Blauverschiebung. Das besprechen wir im nächsten Abschnitt, wenn wir uns den Begriff des Potentials näher anschauen.
- Eine Minderung der Geschwindigkeit. Es gibt keine Veränderung der Wellenlänge oder besser, Blau- und Rotverschiebung heben sich auf. Die Wegstrecke wird aber per Definitionsveränderung länger. Die Raumzeitdichte schafft mit seiner Geschwindigkeit nicht mehr die identische Wegstrecke. Das Licht kann nicht schneller werden. Es kann

nicht weiter beschleunigen. Damit muss bei einer verlängerten Wegstrecke und weniger Zeit per Definition, das Licht langsamer werden. Das ist die Shapiro-Verzögerung.

Da zu schauen wir uns folgendes Bild an:

Abbildung 0-3: Shapiro-Verzögerung um die Sonne



Ein Photon mit Lichtgeschwindigkeit fliegt sehr knapp an der Sonne vorbei. Während das Photon auf die Sonne zufliegt, wird es blauverschoben. Wenn es von der Sonne wegfliegt, wird es im gleichen Maße rotverschoben. Da gibt es in Summe keine Veränderung der Frequenz.

Das Photon muss aber der Raumkrümmung folgen. Diese ergibt für das Photon einen längeren Weg. Dann muss doch einfach der längere Weg mit Lichtgeschwindigkeit durchflogen werden und alles ist perfekt. So hatte man sich dies auch gedacht, bis Herr Shapiro, für Licht in der Mathematik der ART, eine Abweichung entdeckt hat. Lichtsignale müssen beim Vorbeiflug an einer Masse eine geringere Geschwindigkeit aufweisen. Der Effekt ist auf ca. 4 Stellen hinter dem Komma experimentell bestätigt.

Selbst auf die Gefahr hin, dass es euch zum Halse raushängt. Auch hier sehen wir beim Äquivalenzprinzip, dass die Veränderung der Raumzeitmetrik zwingend eine Veränderung der Definition der Geometrie sein muss. Wäre diese Krümmung nur eine längere Wegstrecke, dann würde sich dieser Effekt nicht einstellen.

Das Photon hat die maximale Geschwindigkeit. In der Raumzeitkrümmung wird per Definition der Weg länger und die Zeit kürzer. Beschleunigen geht nicht. Das Photon wird in dieser Umgebung für einen Beobachter langsamer. Lokal behält das Photon die Lichtgeschwindigkeit, das hatten wir bei der SRT besprochen.

Tatsächlich ist auch schon Einstein auf eine Verzögerung gestoßen. Aber erst Herr Shapiro hatte dann das richtige Ergebnis. Bei Einstein fehlte noch eine 2 in der Formel. Die ist aber wichtig. Wir haben eine längere Strecke und eine verlangsamte Zeit. Daher ist die Verzögerung gedoppelt.

5.8 Abstoßende Gravitation

Gibt es denn zur Gravitation auch die Anti-Gravitation. Wie das + und - bei der elektrischen Kraft. Bei der Gravitation ist immer alles nur anziehend. Laut der ART, ja. Das war ein sehr überraschendes Ergebnis aus der Mathematik der ART heraus. Die Gravitation wirkt abstoßend, wenn diese zu stark wird. Bei der Mathematik ist dies möglich, da die ART keine lineare Gleichung ist. Nur mit reiner Logik ist das eher schwer zu begreifen.

Dabei ist nicht die Aufhebung der Gravitation durch die Geometrie des Objektes gemeint. Der Mittelpunkt einer Hohlkugel ist ohne Gravitation, obwohl man von Masse umgeben ist. Da die Gravitationskraft eine vektorielle Kraft ist, hebt sich diese in einem Mittelpunkt auf. Wenn wir für die Lösung der Feldgleichung nicht die Schwarzschild-Metrik, sondern die Kerr-Metrik benutzen, dann passiert dies auch im Zentrum eines Schwarzen Loches. Die Singularität ist dann nicht ein Punkt, sondern ein Ring im Zentrum eines Schwarzen Loches. Das kommt daher, dass da die Kerr-Metrik ein rotierendes Schwarzes Loch abbilden kann. Damit ist das auch die exaktere Lösung. Durch die Rotation wird aus der Singularität kein Punkt, sondern ein Ring. Im Zentrum des Ringes ist die Schwerkraft null. Die Gravitation zur Singularität hebt sich auf.

Was wir haben wollen, ist eine abstoßende Wirkung, nicht eine Aufhebung. Diese Abstoßung gibt es laut ART im Zentrum eines Schwarzen Loches, bei sehr großer Gravitation. Daher komme auch immer wieder Ideen, wie unser Universum ist der Mittelpunkt eines gigantischen Schwarzen Loches. Da dies die Mathematik so angibt, wird es einfach angenommen.

Wie steht den die DP dazu. Da wir die Mathematik der ART, bis auf die Singularität, bestätigen wollen, sollte es sowas auch geben. Genau das passiert auch. Mit einem entscheidenden Unterschied. Wir können mal wieder den Grund für diese „Abstoßung“ sauber erklären. Diese Abstoßung brauchen wir in der DP auch nur bei sehr hoher Gravitation oder besser ausgedrückt bei sehr hoher Raumzeitdichte.

Raumzeitkrümmung ist die Reaktion auf Raumzeitdichte. Dabei wird die Raumdimension länger und die Zeitdimension kürzer. Für eine Anti-Gravitation müssen wir dies umkehren. Die Raumdimension muss kürzer und die Zeitdimension länger werden. Das passiert aus zwei Gründen:

- Raumzeit ist ein Kontinuum
- Die Raumzeit hat mit der Dimensionalen Konstante d die höher-dimensionale Grenze

Raumzeit ist ein Kontinuum. Damit gibt es zwischen der Raumzeitdichte und der Raumzeitkrümmung keine Grenze. Das geht direkt ineinander über. Das ist kein Problem, solange der Unterschied von der Raumzeitdichte zur Raumzeitkrümmung nicht zu groß ist. Das Problem erscheint, wenn wir von einer extremen Raumzeitdichte zu einer extremen Raumzeitkrümmung übergehen wollen. Für die Zeitdimension haben wir kein Problem. In beiden Fällen wird die Zeitdimension kürzer und wir haben damit bereits einen passenden Übergang. Bei der Raumdimension ist es anders. Die wird bei der Raumzeitdichte kleiner und bei der Raumzeitkrümmung größer. Ab einem bestimmten Unterschied zwischen diesen Verhalten, ist die Differenz größer als unsere Dimensionale Konstante d die Veränderung innerhalb einer bestimmten Länge zulässt. Das funktioniert so nicht. Zwischen der Raumzeitdichte und der Raumzeitkrümmung muss dann einen Bereich geben, wo sich dies kontinuierlich anpasst. Wir bekommen aus der Raumzeitkrümmung bis zur Raumzeitdichte ein Anti-Gravitation. Die Raumdimension wird kleiner und nicht länger. Da auch die Zeitdimension sich anpassen muss, aber eigentlich schon das passende Verhalten hat, geht auch diese Anpassung nur innerhalb einer bestimmten Länge.

Wir erhalten eine Anti-Gravitation kurz vor der „Singularität“. Das ist das gewünschte Verhalten laut der Feldgleichung und wir wissen jetzt auch, warum dies so ist. Dies passiert aber nur, wenn wir in die Nähe von d kommen. Je größer die Raumzeitdichte, umso größer wird der Bereich des Übergangs mit der Anti-Gravitation. In unserem Sonnensystem werden wir keine Anti-Gravitation feststellen können.

5.9 Das Gravitationspotential

Der Schlussakt für dieses Kapitel soll das Gravitationspotential sein. Aus meiner Sicht ist die Bezeichnung Potential einer der am wenigsten verstandenen aber zur Berechnung am häufigsten benutzen Begriffe der Physik. Wenn es nicht 100% exakt sein muss, dann rechnet wir bei einem Problem mit der Gravitation immer mit dem Potential und nicht direkt mit der Raumzeitkrümmung. Das ist sonst viel zu kompliziert. Die Flugbahnen fast alle Körper, die wir in den Weltraum geschossen haben und noch in Zukunft hochschießen werden, wurden so berechnet.

Wenn wir einen Physiker fragen, was ist ein Potential? Kommt fast immer etwas in der Richtung: Das Potential ist die Fähigkeit die potenzielle Energie in Bewegungsenergie umwandeln zu können. Ok, woher kommt diese Fähigkeit, steckt diese im Körper? Da sind sich alle einig, dass diese Fähigkeit im Potential und nicht im Körper steckt. Der identische Körper außerhalb eines Potentials erfährt keine Beschleunigung. Was ist dann diese Fähigkeit? Meist stellt sich dann Ruhe ein. Oft kommt die Antwort: Eine Eigenschaft des Potentials. Wir sind wieder am Anfang.

Bei fast allen Potentialen, ist es wichtig, ob der Testkörper überhaupt an der Wechselwirkung des Potentials teilnimmt. Ein neutrales Neutrino ist von einem elektrischen Potential vollkommen unbeeindruckt. Bei der Gravitation haben wir die Besonderheit, dass absolut alles, was wir als Objekt identifizieren können, bei dem Gravitationspotential mitmacht. Das macht Sinn, da in der DP alles eine Raumzeitdichte in der gekrümmten Raumzeit ist und damit mitmachen muss. Bei den anderen Wechselwirkungen gibt die Geometrie in der QM an, ob eine Wechselwirkung stattfinden darf.

Wir haben noch eine Besonderheit. Der „interne Aufbau“ des Objektes mit der passenden Ladung für das Potential spielt keine Rolle. Ob ein Elektron als Elementarteilchen mit der Elementarladung von 1 oder ein fast 2000-fach schwereres zusammengesetztes Proton mit der Elementarladung 1 mitmacht, spielt für die Wirkung keine Rolle. Es geht nur um die Elementarladung von 1. Bei der Gravitation, machen aber auch Teilchen mit, die keine Ladung, hier keine Masse, haben, z.B. das Photon. Es geht um die Abweichung von Längendimension zur Zeitdimension. Diese ist bei der Raumzeitdichte immer null, da die Raum- und die Zeitdimension sich identisch verformen. Die Abweichung kommt nur und ausschließlich aus der Umgebung mit Raumzeitkrümmung. Das wird bei den anderen Potentialen, wie das Elektrische Feld auch so sein.

Wollen wir aus dem Gravitationspotential wieder raus, dann müssen wir gegen diese Beschleunigung antreten. Wir brauchen eine Rakete. Die Beschleunigung ist nicht nur ein Scheineffekt. Eine Rakete muss ordentlich Leistung bringen, um erfolgreich gegen diese Beschleunigung arbeiten zu können. Dieses Mal bringen wir per Wechselwirkung eine Kraft mit der Rakete auf und damit wird die Raumzeitdichte tatsächlich erhöht. Der Bewegungszustand der Raumzeitdichte (Rakete) und damit die Energie selbst, muss durch Beschleunigung auf Fluchtgeschwindigkeit erhöht werden.

Durch die Beschleunigung wird die Bewegungsenergie in potenzielle Energie umgewandelt. So lautet die klassische Aussage zu einem Gravitationspotential. Tatsächlich wird da nichts in eine potenzielle Energie umgewandelt. Die Rakete muss die Beschleunigung gegen die Gravitation real durch eine Wechselwirkung erzeugen. Die Rakete kommt aus dem Gravitationspotential heraus und hat dann einen höheren Bewegungszustand außerhalb des Potentials.

Das Rechnen mit dem Potential ist sehr einfach. Die Energieerhaltung ergibt sich, da die gegenseitigen Beschleunigungen sich aufheben müssen. Die Energie der Rakete hat sich real erhöht. Man schreibt dem Potential einfach eine negative Energie zu. Das Objekt, unsere Rakete, hat seine Raumzeitdichte beim Verlassen des Potentials aber tatsächlich erhöht. Das wird bei

der Berechnung alles in einen Topf geworfen. Durch eine negative Energie im Potential bekommen wir die Energieerhaltung und die Berechnungen sind sehr einfach.

Wie verhält es sich hier beim Sonderfall Licht. Schauen wir uns ein Photon in der Wellenbeschreibung an, da ist es etwas einfacher. Das Photon muss nicht unbedingt langsamer werden, es kann noch etwas anderes machen. Wenn die Energie eines Photons durch seine Wellenlänge bestimmt wird und eine Beschleunigung einer Erhöhung der Energie entspricht, dann kann das Photon bei gleicher Geschwindigkeit seine Energie durch eine kleinere Wellenlänge erhöhen. Das ist die Blauverschiebung. Will das Photon aus dem Gravitationspotential wieder heraus, geht es umgekehrt und wir erhalten die Rotverschiebung. Es muss einen Teil seiner vorhandenen Raumzeitdichte gegen die Beschleunigung der Gravitation antreten lassen. Das funktioniert aber nur in das Potential hinein oder heraus.

Damit ist geklärt, woher das Äquivalenzprinzip kommt. Nochmals in kurzen Sätzen zusammengefasst:

- Raumzeitdichte hat immer eine identische Veränderung von Raum- und Zeitkomponente. Daher gilt das erste Axiom für alle Objekte in unserem Universum.
- Raumzeitkrümmung hat immer eine gegenläufige Veränderung von Raum- und Zeitkomponente.
 - Eine Raumzeitdichte verändert sich in einer Raumzeitkrümmung nicht.
 - Damit kann diese ihren Bewegungszustand selbst nicht verändern.
 - Das Verhältnis von Raumzeitdichte zur Raumzeitkrümmung bleibt identisch (Fläche).
 - Damit der Bewegungszustand **identisch bleibt** (es gibt keine Wechselwirkung von außen), zum Beispiel 1m/s, muss eine Raumzeitdichte in einer Raumzeitkrümmung eine Beschleunigung erfahren.
- Da alles aus Raumzeitdichte besteht, muss bei der Gravitation auch alles mitmachen.
- Da Licht nicht weiter beschleunigt werden kann, muss eine Rotverschiebung, eine Blauverschiebung oder eine Shapiro-Verzögerung eintreten.
- Der höhere Bewegungszustand wird, in der Sichtweise eines Potentials, einfach als negative Energie (Raumzeitdichte = Bewegungszustand = Energie) gewertet. Damit bleibt die Gesamtenergie identisch. Die Raumzeitdichte wurde nicht geändert.
- Wird jemals ein Graviton oder eine anderes Austauscheteilchen für die Gravitation entdeckt, so ist die DP falsifiziert.

Mit dieser kleinen Erklärung sollte nun auch klar sein, warum Lagrange und Hamilton so schön funktionieren. Dies kommt alles von der Energieerhaltung. Eine Raumzeitdichte kann sich selbst eben nur wandeln. Eine Raumzeitdichte kann sich selbst nicht vermindern oder vermehren, dies ist die Energieerhaltung. Mit diesem Wissen können wir uns der Kosmologie zuwenden. Die Entwicklung unseres Universums.

6 Kosmologie

Hier geht es um die Entwicklung unseres Universums. Es basiert alles auf der neuen Sichtweise der DP zur ART. Wir werden für die Kosmologie die ART um die höher- und niederdimensionalen Raumzeiten erweitern müssen. Wir legen fest, dass der Begriff „Universum“ immer alle diese Raumzeiten umfasst. Eine Raumzeit ist nur eine bestimmte Raumzeitkonfiguration. Das Universum ist ein Sammelbegriff für alles.

Wir werden in der Kosmologie die Raumzeiten über die dimensionale Grenze hinweg zu einem Universum verbinden. Damit ist unser Universum über rekursive Raumzeiten, nicht auf eine Raumzeit festgelegt. Wir werden zeigen, dass jede einzelne dieser Raumzeiten für sich ein Potentialfeld ist.

Wir können angeben, was der Urknall wirklich war, aber nicht seinen echten Ursprung bestimmen. Wir können für die Dunkle Materie ein Objekt angeben, das zwingend in einer Art von Inflationsphase erzeugt wird, welches aber kein neues Elementarteilchen ist. Die Dunkle Energie wird nicht mehr benötigt.

Auch hier gibt es für mich eine zu selten gestellte Grundfrage. Warum dehnt sich unserer Raumzeit aus? Leider ist im Wort Urknall eine „knall“ dabei. Damit ist doch klar gemeint, dass sich das Objekt mit dem „knall“ auch ausdehnen muss? Wir werden sehen, dies hat mit einem Knall überhaupt nichts zu tun. Ist es die Raumzeit oder wie in den Lehrbüchern beschrieben nur der Raum, der sich ausdehnt? Aus den Feldgleichungen der ART ergibt sich, dass ein statisches Universum nicht funktioniert. Die ART lässt ein statisches Universum nicht zu. Ja, aber Mathematik zwingt kein Objekt irgendetwas zu tun. Es muss einen Grund geben, der in diesem mathematischen Modell eingebaut ist.

Zusätzlich werden wir in diesem Kapitel weitere „Verformungen“ der Raumzeit kennenlernen. Das Bild ist noch nicht vollständig. Diese Verformungen sind nicht in alle Raumzeiten so möglich. Das ist von der Anzahl der Raumdimensionen abhängig. Wir benötigen alle diese Zutaten, um ein sauberes und geschlossenes Bild für die ART und das Universum selbst aufbauen zu können.

Noch wichtiger ist, dass wir das Konzept hinter der Kosmologie gut verstehen müssen. Der Grund ist vielleicht etwas überraschend. Das hier in der Kosmologie, über die Dimensionale Grenzen, aufgebaute Konzept ist die Grundlage für die QM. Die QM ist eine Form von niederdimensionaler Kosmologie. Die QM kann ohne die Kosmologie nicht verstanden werden.

6.1 Rekursives Universum

Wir haben einen Ansatz mit Raumzeitdichte und Raumzeitgrenzen. Daher hat jedes n-dimensionale Raumzeitvolumen unendlich viele niederdimensionale Raumzeiten und mindestens eine höherdimensionale Raumzeit. Wir schauen uns an, wie sich diese über die unterschiedliche Anzahl der Raumdimensionen auswirken. Aus diesem Ansatz wird klar werden, dass die QM und die Kosmologie Hand in Hand gehen. Wir machen es uns wieder einfach und starten von null ab.

6.1.1 Raumdimensionen 0

Das ist für uns sehr einfach. Wir hatten dies bei den Grenzen der Raumzeit schon besprochen. Das war die Diskussion mit der mathematischen Abstraktion eines Punktes. Es kann keine Raumzeit ohne eine Raumdimension geben. Damit sind wir schon fertig. Raumzeit ohne Raumdimension wird nicht mehr besprochen.

6.1.2 Raumdimension 1

Wenn wir eine Raumdimension haben, dann haben wir auch immer eine Zeitdimension dazu. Damit eine Raumzeit. In der DP kann es immer nur eine Zeitdimension in einer Raumzeitkonfiguration geben, da diese das Abstandsmaß zur Raumzeitgrenze ist.

Das Problem mit nur einer Raumdimension ergibt sich aus der ART. Diese kann in einer Raumzeit mit nur einer Raumdimension nicht abgebildet werden. Es geht darum, die Verformungen der Raum- und Zeitkomponenten zueinander zu bestimmen. Bei nur einer Raumdimension kann damit keine Raumzeitkrümmung festgestellt werden. Die ART startet erst bei zwei Raumdimensionen. Selbst wenn wir auf nur einer Raumdimension eine Dichte und eine Krümmung rein logisch haben könnten, es gibt keine niederdimensionale Raumzeit dazu. Es kann keine Ruhemasse oder Elementarteilchen geben, da es keine niederdimensionale QM geben kann. Wir haben eine Raumzeit mit null Raumdimensionen ausgeschlossen. Diese sind aber die Quellen für die Raumzeitkrümmung. Ergebnis: In einer Raumzeit mit nur einer Raumdimension kann es innerhalb dieser Raumzeit keine Abbildung von Raumzeitdichte oder Raumzeitkrümmung geben.

Ist 1D damit raus? Nein, nicht ganz. Für uns ist 1D verwendbar und muss es auch sein. Entgegen der ART, können wir mit extrinsischen Ausprägungen arbeiten. Extrinsische Verformungen, haben in der eigenen Raumzeit keine Auswirkung. Wir erhalten in 2D eine höhere Raumzeitdichte, wenn 1D eine extrinsische Ausprägung aufweist. In 2D ist mehr 1D Raumzeit vorhanden. Das ist identisch zur Diskussion mit dem Photon. Nur eine Raumzeitkonfiguration

Abbildung 0-1: Zeigt eine extrinsische Ausprägung als Welle in 2D (Sting)



tiefer.

Das werden wir in Teil 3 für die Beschreibung der Neutrinos wieder benötigen. In der Kosmologie ist für uns wichtig, dass eine 1D Raumzeit für sich selbst keine Abbildung einer Raumzeitdichte und damit einer Raumzeitkrümmung haben kann. Es kann in 1D keine Entwicklung innerhalb der Raumzeit geben. Es ist keine Kosmologie innerhalb von 1D möglich.

6.1.3 Raumdimensionen 2

In 2D sind wir aus Sicht der ART „fast schon happy“, aber nur fast. Wir können in einer 2D Raumzeit viele Dinge aus der ART abbilden, mit zwei entscheidenden Einschränkungen:

- Wissenschaftlich ausgedrückt, es fehlt der Freiheitsgrad, dass die Raumzeitkrümmung durch den Raum propagieren kann. Umgangssprachlich ausgedrückt, alles ist fix. In 2D ist für die Raumzeitkrümmung und damit auch für die Raumzeitdichte keine Möglichkeit für eine Veränderung gegeben. Dinge wie eine Gravitationswelle funktionieren gar nicht. Da muss wieder eine Raumdimension weg und wir sind bei 1D und können nichts Abbilden.
- Für die Abbildung eines Schwarzen Loches brauchen wir eine sogenannte Anti-de-Sitter (AdS) Raumzeit. Das ist eine Raumzeit, in der die Raumzeitkrümmung immer konstant ist und die räumliche Ausdehnung ist zu jedem Zeitpunkt unendlich. Das passt zu unseren ersten Punkt: Alles ist fixiert. Unsere Raumzeit ist eine de-Sitter Raumzeit, also eine Raumzeit mit einer nicht negativen kosmologischen Konstanten.

Wir stellen uns 2D oft als unsere 3D Raumzeit auf eine Fläche „gequetscht“ vor. Diese Vorstellung ist vollkommen falsch. Dort kann sich kein Planet, keine Sonne, keine Galaxie oder Leben bilden. Etwas ist statisch vorhanden oder nicht. Es gibt nur drei Möglichkeiten für eine Abbildung:

- Wir können eine statische extrinsische Abbildung wie in 1D erhalten, z.B. ein Photon
- Wir können ein statisches Schwarzes Loch abbilden. z.B. ein Elektron. Mit der Einschränkung auf eine sogenannten Anti-de-Sitter Raumzeit. Das wird bei der Expansion wieder wichtig.
- Ein Raumzeitdichte in 2D über die extrinsische 1D-Raumzeitdichte

Mehr geht nicht. Das ist nicht nur eine Einschränkung aus der ART, sondern auch aus den Grenzen der Raumzeit. Der Grund dafür ist einfach. Wir haben in 2D keine niederdimensionale QM zur Verfügung. Um Elementarteilchen abbilden zu können, muss eine QM vorhanden sein. In 1D haben wir nur die Möglichkeit der extrinsischen Abbildung einer Raumzeitdichte in 2D. Das ergibt für uns Neutrinos. Das Ende der Fahnenstange ist erreicht. Wir können in 2D als Elementarteilchen nur Neutrinos abbilden. Weitere Abbildungen einer Raumzeitdichte darf es nur ohne eine niederdimensionale QM geben. Das hatten wir schon bei den Grenzen der Raumzeit. Nur ein Schwarzes Loch ist eine Raumzeitdichte ohne eine niederdimensionale Abbildung. Kosmologie ist die Entwicklung der Raumzeit. Ein Schwarzes Loch in 2D kann keine Entwicklung haben, da alles statisch ist.

2D ist für die Kosmologie damit auch raus, da es keine Entwicklung gibt. Insbesondere ist eine 2D Raumzeit sehr unterschiedlich zu unserer 3D Raumzeit. Das 2D vollkommen statisch ist wird uns später bei der QM wieder zugutekommen.

Hier noch eine kleine Nebenrechnung mit dem klassischen Bild der Physik. Wir haben die Formel von Newton:

$$F = \frac{G * m_1 * m_2}{r^2}$$

Diese ergibt eine Kraft und damit eine Veränderung der Raumzeitdichte. Die Maßeinheiten sind:

$$[m * a] = \left[\frac{l^3 * m^2}{m * t^2 * l^2} \right] = \left[m * \frac{l}{t^2} \right]$$

In 2D müssen wir mit unserer Logik folgende Veränderungen vornehmen.

- Im Bruch darf kein r^2 stehen, sondern nur ein r. Eine Kraft, welche nur von der Entfernung abhängt, fällt in einer n-dimensionalen Raumzeit immer mit n-1 ab. Daher in 2D nur noch ein r.
- Das G ist das G für 3D. In 2D muss aus unserer Definition ein c raus, da die Lichtgeschwindigkeit je Dimension vorhanden ist.

Damit ergibt sich für G:

$$G_{3D} = \frac{l_{P \text{ in } 3D} * c^2}{m_P} \Rightarrow G_{2D} = \frac{l_{P \text{ in } 2D} * c}{m_e}$$

Da ergibt für die Gravitationskraft in 2D mit den Maßeinheiten:

$$\left[\frac{l^2 * m^2}{m * t * l} \right] = \left[m * \frac{l}{t} \right]$$

Das ist keine Kraft mehr, sondern nur noch ein Impuls. Damit keine Beschleunigung und keine Veränderung der Raumzeitdichte. Es bleibt alles statisch.

6.1.4 Raumdimensionen 3

Wir sind endlich bei unserer Raumzeit angekommen. Wir werden sehen, dass eine 3D Raumzeit etwas ganz Besonderes ist. Wir haben aus 3D heraus zwei für uns „lebenswichtige“ Besonderheiten.

- Ab 3 Raumdimensionen ist eine Entwicklung innerhalb einer Raumzeit möglich. Wenn es für Leben eine Eigenschaft gibt, die wir als das Wichtigste bezeichnen können, dann ist dies Evolution. Ohne Evolution kein Leben. Kosmologie ist die Evolution der Raumzeit. Da alles Raumzeit ist, kann es Leben erst ab 3D geben.
- Evolution ist aber nicht einfach nur Veränderung. Evolution ist eine Veränderung aus stabilen Schritten heraus. Damit wir einzelne Schritte/Objekte oder besser Elementarteilchen haben können benötigen wir eine niederdimensionale QM. Damit ist dies auch erst ab 3D möglich, da wir eine niederdimensionale Abbildung erst in der 2D Raumzeit haben. Alle Abbildungen in 2D sind statisch. Wir können die verschiedenen Möglichkeiten einer 2D Abbildung in 3D erst bei einer Messung feststellen. Die einzelnen Möglichkeiten (Zustände), welche zur Auswahl stehen sind auch in der QM statisch. Nur die Mischung oder Auswahl der Möglichkeiten bleibt bis zur Messung offen. Ohne diesen statischen Unterbau gäbe es keine QM wie wir diese kennen.

Mit diesen kleinen Überlegungen sollte bereits klar sein, dass es Leben, wie wir es definieren oder verstehen können, nur und ausschließlich in einer 3D Raumzeit gibt. Da der Rest des Kapitels sich fast nur um unsere 3D Raumzeit dreht können wir diese Beschreibung hier beenden.

6.1.5 Raumdimensionen 4

Wir dürfen bei 3D nicht aufhören. Wir haben in unserer Raumzeit Schwarze Löcher. Diese sind der Übergang in eine höherdimensionale Raumzeit. Damit sind wir uns sicher, dass unsere 3D Raumzeit in mindestens einer 4D Raumzeit eingebettet ist. Das ist die gute und auch die schlechte Nachricht. Gute, da dies eine Erklärung für den Urknall liefert. Denn Urknall beschreiben wir im nächsten Abschnitt. Schlecht, da wir damit die Büchse der Pandora öffnen. Wir erhalten zwei große Probleme.

6.1.5.1 Unendliche viele 3D Raumzeiten

Wir haben bei den Grenzen der Raumzeit festgestellt, dass jedes n -dimensionale Raumzeitvolumen unendlich viele $(n-1)$ -dimensionale Raumzeiten haben muss. Wenn es mindestens eine 4D Raumzeit gibt, dann auch unendlich viele 3D Raumzeiten. Suchen wir für experimentelle Befunde aus dem Kosmos eine Erklärung, so bekommen wir einen neuen riesigen Lösungsraum. Die 3D Raumzeiten könnten sich gegenseitig beeinflussen. Suchen wir einen „Schuldigen“ für die Dunkel Materie oder die Dunkle Energie, so lässt sich aus unendlich vielen 3D Raumzeiten mit Sicherheit etwas aufbauen.

Wir machen es hier wie die ART. Dort hat man aus Gründen der Sparsamkeit explizit keine höher- oder niederdimensionale Raumzeit angenommen und alles in die 3D Raumzeit gelegt. Wir werden uns bei den Lösungsmöglichkeiten an dieses Prinzip halten. Erster Versuch der Erklärung sollte immer aus unserer Raumzeit kommen. Nur wenn es gar nicht anders geht, griffen wir zu den unendlich vielen anderen 3D Raumzeiten oder in die 4D Raumzeit.

6.1.5.2 QM aus 4D heraus

Wenn es eine Raumzeit mit 4 Raumdimensionen gibt, dann müssen wir doch einfach nur unsere Mathematik um eine Raumdimension erhöhen und können dann in 4D wieder alles berechnen. Bei der ART funktioniert dies noch. Es wird alles etwas komplizierter, aber es ist prinzipiell möglich.

Bei der QM aus 4D heraus hört der Spaß auf. Die QM aus unserer Raumzeit heraus ist schon sehr kompliziert. Diese ist aus zwei Gründen gerade noch beherrschbar. Wenn man dies so überhaupt sagen kann.

- Die Mathematik ist linear
- Die einzelnen Möglichkeiten sind fix. Nur die Mischung oder Auswahl der fixen Möglichkeiten unterliegt der Wahrscheinlichkeit.

Eine QM aus 4D hat als niederdimensionalen Unterbau 3D. In 3D gibt es eine Evolution der Abbildungen in der Raumzeit. Da bleibt nichts fixiert. Die Möglichkeiten der Abbildungen sind in unserer 2D QM nur extrinsische Ausprägungen und Schwarze Löcher. In 3D gibt es alles, was in unserem Universum zu sehen ist. Die QM aus 4D heraus muss unglaublich kompliziert sein. Zusätzlich bilden sich in unserer Raumzeit Schwarze Löcher. Diese sind wieder eine Verbindung in 4D. Da ist der Grund für den physikalischen und mathematischen Super-GAU.

Das ist so weit weg von allem, was ich mir vorstellen kann, dass ich die Finger davonlasse. Damit ist 4D als Lösung absolut unbefriedigend. Wir werden aber mindestens einen Lösungsansatz in einen Bereich verschieben, denn wir nicht untersuchen können. Das ist eigentlich keine Lösung, sondern nur ein „Verschieben“. Die DP gibt diesen Weg aber zwingend vor.

6.1.6 Abbruch der Rekursion

Natürlich dürfen wir auch bei 4D nicht aufhören. Die Rekursion kann mathematisch wieder bis ins unendliche gehen. Wie viele Raumdimensionen gibt es dann? Ich weiß es nicht.

Wir können aber eine Abschätzung machen. Wenn wir von einer n-dimensionalen Raumzeit zu einer (n-1)-dimensionalen Raumzeit eine QM-Abbildung haben wollen, dann darf die Raumzeitdichte in der n-dimensionalen Raumzeit kein Schwarzes Loch sein. Daraus folgt, dass die gesamte Raumzeitdichte unserer 3D Raumzeit in 4D für ein Schwarzes Loch nicht ausreichend ist (weitere Argumentation dazu im nächsten Abschnitt zum Urknall). Wir müssen ein Quantum der Raumzeit aus 4D sein und nicht ein Schwarzes Loch. Unsere 3D Raumzeit hat als eine 4D Raumzeitdichte angefangen.

In unserer Raumzeit ist die Planck-Masse das Kriterium für ein Schwarzes Loch. Die einfachste Abbildung in 2D als Schwarzes Loch ist ein Elektron (Planck-Masse in 2D). Der Unterschied von 3D zu 2D ist bereits ca. 10^{22} . Das Universum hat eine Gesamtmasse von ca. 10^{57} kg. Die Planck-Masse in unserer Raumzeit ist nur 10^{-8} kg. Der Unterschied von 3D zu 4D muss damit mindestens ca. 10^{65} sein. Je Raumdimension in einer Raumzeit wächst dieser Wert extrem schnell an. Wenn in einer Raumzeit nicht mehr genug Raumzeitdichte für die Abbildung der Planck-Masse zustande kommt, bricht die Rekursion ab. Ich glaube nicht, dass wir aus dem einstelligen Bereich der Raumdimensionen herauskommen. Wir werden gleich beim Urknall noch lernen, dass unser Universum tatsächlich mit einer wesentlich geringeren Masse gestartet hat. Wir machen bei der Hochrechnung der Masse im Universum einen Fehler, wenn wir glauben, dass die gesamte heute erkennbare Masse bereits beim Urknall vorhanden sein muss. Der Fehler fällt insbesondere bei den Schwarzen Löchern ins „Gewicht“ (schönes Wortspiel).

6.2 Urknall

Wir haben genug zusammengetragen, um den Urknall fast auflösen zu können. Ganz schaffen wir es nicht, weil wir den Urknall in den Bereich der unbefriedigenden Lösungen „verschieben“ müssen. Wir werden hier zwingend 4D benötigen. Beschreiben wollen wir einen Urknall in einer 3D Raumzeit. Wir werden sehen, dass ein Urknall sehr viel mit der QM zu tun hat.

Beim Urknall aus dem Lehrbuch gibt es drei grundlegende Probleme.

- Wir starten mit einer Raumzeit auf Planck-Länge und extrem hoher Energie. Es fehlt der eigentliche Entstehungsprozess des Startpunktes oder der Raumzeit. Woher kommt die Raumzeit in Planck-Größe, die Energie, die Felder usw.? Der Urknall ist ein Prozess. Woher kommen die Objekte für den Prozess?
- Der Urknall soll aus einer Fluktuation heraus gestartet sein. Die Diskussion welches Feld es gewesen sein soll, lassen wir hier weg. Es wird eine irgendwie geartete Fluktuation benötigt. Wo soll die den herkommen, wenn wir noch keinen Zeitablauf definieren können. Schwankung ohne eine Definition von Zeit und Raum?
- Wenn eine Schwankung oder ein Symmetriebruch in einem Feld der QM die Expansion der Raumzeit ausgelöst haben soll, dann muss dieses Feld in irgendeiner Form mit der Raumzeit koppeln. Ein Feld unterliegt einer Veränderung und die Raumzeit fängt zu expandieren an. Es muss eine Kopplung geben. Wie sieht die den aus?

Es gibt im Lehrbuch für keine dieser Fragen eine Antwort. Die Entwicklung des Universums wird einfach (hier viel zu einfach) auf die Planck-Zeit und Planck-Länge zurückgerechnet. Raumzeit, Energie in der Raumzeit, Felder, Fluktuation, Kopplung der Felder mit der Raumzeit usw. müssen dann einfach vorhanden sein. So wollen wir unser Universum nicht starten lassen.

6.2.1 Was geht nicht

Versuchen wir mal alles durch was wir bis jetzt haben:

- 0-Raumdimensionen gibt es nicht
- 1-Raumdimension hat keine Abbildung
- 2-Raumdimensionen sind statisch, damit keine Fluktuation oder Initialzündung möglich

Tatsächlich müssen wir auch beim Urknall mit 3 Raumdimensionen starten. Uns geht es in der DP mit nur 3 Raumdimensionen aber genauso wie der Lehrbuchphysik. Wir könne wieder die 3 Fragen nicht klären. Dazu ist eine 3D Raumzeit einfach zu wenig. Das Lehrbuch geht auf diverse Felder. Wir müssen auf etwas anderes ausweichen. Da bleibt leider nur eine Möglichkeit übrig. Die unbefriedigende 4D-Lösung. Versuchen wir die 3 Fragen zu lösen.

6.2.2 QM für 4D Raumzeit als Entstehungsprozess

Wie immer leitet uns die DP in die richtige Richtung, da es fast keine Auswahlmöglichkeiten gibt. Um in eine n -dimensionale Raumzeit eine Raumzeitdichte zu bekommen, muss es einfach eine Raumzeitdichte in einer $(n+1)$ -dimensionalen Raumzeit geben. Da die Raumzeitdichte die Raumzeit selbst darstellt, ist diese „niederdimensionale Abbildung“ eine echte Erzeugung der Raumzeit.

Damit ist klar:

Der Urknall ist eine Abbildung eine Raumzeitdichte von 4D als dortige QM auf eine 3D Möglichkeit.

In einer der 3D Möglichkeiten existieren wir.

Ich weiß, das ist für einen Urknall, als göttlichen Schöpfungsakt, wenig spektakulär. Innerhalb der DP ist dies aber die einzige Möglichkeit, die wir haben.

Wenn wir unseren Körper betrachten, dann konnten wir uns bis jetzt, als fast göttliches Wesen ansehen. Jedes einzelne Elementarteilchen unseres Körpers und das sind verdammt viele, hat unendlich viele Abbildungen in niederdimensionalen Raumzeiten. Wir sind aus einer unendlichen Anzahl von 2D und 1D Raumzeiten mit Schwarzen Löchern aufgebaut. Einfach Wow!! Jetzt kommt der Dämpfer. Aus der Sicht eine 4D Raumzeit sind wir was? Die beste Bezeichnung ist wohl „Nichts“. Unser Universum als Ganzes ist dort eine beliebige Raumzeitdichte. Ob es da auch Elementarteilchen gibt usw., keine Ahnung. Wie gesagt ich höre

genau dort auf. Die QM in 4D müssen schlauerer Leute lösen. Erst ein Schwarzes Loch in unserer Raumzeit erzeugt wieder eine Wirkung in 4D. Alles andere ist für 4D nicht relevant.

Was wir machen können, ist, dass wir eine wichtige Abbildung ausschließen. Wir können in 4D kein Schwarzes Loch sein. Sonst würde es zu dieser Raumzeitdichte keine niederdimensionale Abbildung geben. Da es unser Universum gibt, ist dies ausgeschlossen. Das gleiche Argument gilt auch für die immer wieder auftauchende Idee, dass unser Universum ein 3D Schwarzes Loch ist und wir im Zentrum des Schwarzen Loches sind. Auch dann dürfte die Raumzeitdichte keine niederdimensionale Abbildung haben. Ich bin mir sicher, dass wir der QM unterliegen.

Sorry, dass der Urknall so einfach ist. Einfach eine rekursive Abbildung von Raumzeitdichte. Wir können nun exakt angeben, was der Urknall in unserer Raumzeit ist. Wie haben das Grundproblem aber nicht gelöst. Es wurde einfach von 3D auf 4D verschoben. Woher stammt dann die Raumzeitdichte in 4D? Ich habe keine Ahnung. Ich kann noch nicht einmal eine Aussage machen, ob wir in 4D nur eine Möglichkeit sind oder in einer Messung dort als etwas reales zählen. Ich gebe zu, diese Lösung ist sehr unbefriedigend. Es ist aber die Einzige, die wir haben.

6.2.3 Fluktuation bei Planck-Länge und Planck-Zeit

Für die „Startbedingung“ des Urknalls geht das Lehrbuch von der Planck-Länge und der Planck-Zeit aus. Warum eigentlich? Vermutlich geht man davon aus, dass es keine kleinere Länge oder Zeit in unserem Universum gibt. Wenn die Größe des Universums zurückgerechnet wird, muss man spätestens hier stoppen. Sind die Planck-Länge und Planck-Zeit wirklich gute Annahmen für die Startbedingung des Universums? Für die DP nicht. Das hat zwei Gründe:

- Bei diesen Größen ist es auch in der DP nicht mehr möglich, eine Fluktuation zu haben. Damit kann es den gewünschten Zündfunken aus den Lehrbüchern nicht gegeben haben
- Wir können eine kleine Rechnung für die Startgröße machen

6.2.3.1 Planck-Länge und Planck-Zeit als Untergrenze

Wir gehen wie die ART von einer kontinuierlichen Raumzeit aus. Da darf es keine kleinsten Werte für Zeit oder Länge geben. Wir hätten sonst kein Kontinuum. Woher kommt das mit dieser Untergrenze.

In der DP hat die Planck-Länge oder die Planck-Zeit für sich allein keine Relevanz. Es sind die Werte die wir für c , d und h benutzen. Dort treten diese Werte aber immer in einer Kombination auf. Diese Kombination der Werte ist entscheidend. Damit sind dies keine kleinsten Raum- oder Zeiteinheiten.

Wo die DP und der Lehrbuchansatz identisch sind, sind die Planck-Länge und Planck-Zeit als kleinste Schranke für eine Wechselwirkung. Will man in diese Bereiche eine begrenzte Wechselwirkung haben, dann ist so viel Energie notwendig, dass der Wert von d überschritten wird und es in ein Schwarzes Loch geht. Beide Theorien sind sich einig, dass es in diesem Bereich keine irgendwie geartete Wechselwirkung geben darf.

Wir lassen jetzt mal beim Urknall die Herkunft der Raumzeit und Felder aus dem Lehrbuchansatz außer Acht. Den Urknall wollen wir wie gewünscht aus einer Schwankung, Symmetriebruch oder ähnliches entstehen lassen, dann geht dies bei den Planck-Größen nicht. Auf dieser Ebene ist Raum und Zeit nicht definiert. Wie soll da eine Wechselwirkung in Raum und Zeit stattfinden?

Ich verstehe, dass man eine unterste Grenze benötigt und aus Ermangelung von etwas Besseren diese erstmal gezogen hat. Sorry, das macht einfach keinen Sinn. Können wir in der DP etwas Besseres angeben?

6.2.3.2 Startgröße des Universums

Wir können die Startgröße nicht exakt berechnen. Wir können aber wieder eine Abschätzung machen. Unser Ansatz für die Rechnung ist d , die Dimensionale Konstante. Wir sind uns sicher, dass unser Universum nicht als Schwarzes Loch gestartet ist. Dann darf die Raumzeitdichte nicht zu groß gewesen sein. Damit können wir für die Aufteilung der Energie beim Urknall eine Mindestgröße angeben, welche nicht unterschritten werden darf. Wir machen die Rechnung etwas einfacher und nicht 100% exakt, da es nur um eine Abschätzung geht. Wir nehmen den Kehrwert von d , dann ist es etwas offensichtlicher.

$$\frac{E_P}{l_P} > \frac{E_V}{l_{Gesuc}} \rightarrow l_{Gesuc} > E_V * d$$

Dabei ist E_V die Energie des Vakuums. Wir gehen davon aus, dass der Kehrwert von d immer größer sein muss als die rechte Seite. Wenn der Bruch auf der rechten Seite größer oder gleich der linken Seite ist, müsste ein Schwarzes Loch entstehen. Dann alles einsetzen:

Energie im Vakuum ca. : $7,67 * 10^{-10} \text{ Joule/m}^3$

$d : 8,26 * 10^{-45}$

$$l_{Gesuc} > 6,338 * 10^{-54}$$

Hoppla! Das ist kleiner als die Planck-Länge. Wir haben auch die Energie aus einem Volumen einfach auf eine Länge gelegt. Wir müssen die Größenabschätzung je Raumdimension machen. Unsere gesamte Raumzeit fängt klein an.

$$l_{Gesucht} > \sqrt[3]{6,338 * 10^{-54}} \rightarrow l_{Gesuc} > 1,85 * 10^{-18} \text{ Meter}$$

Das ist als untere Grenze immer noch sehr klein. Ein Proton ist ca. 1000-mal größer. Der Startpunkt ist aber bereits 17 Größenordnungen von der Planck-Länge entfernt.

6.2.4 Kopplung der Felder und der Raumzeit

Das ist für mich eines der wichtigsten Themen in der Kosmologie. Das ist auch ein Grund für die Annahme der DP mit der Raumzeitdichte und den Raumzeitgrenzen. Wie kann die Fluktuation oder der Symmetriebruch eines Feldes der QM/QFT die Raumzeit beeinflussen?

Die Raumzeit (oder nur der Raum) dehnen sich aus. Was ist mit den Feldern? Sorgen die dafür, dass sich die Raumzeit ausdehnt? Wenn ja, dann muss es eine Kopplung geben. Wenn nein, dann dürfen sich diese Felder nicht mit der Raumzeit ausdehnen? Waren die schon vorher im Unendlichen vorhanden? Dann betrifft der Urknall nur Raumzeit und keine QM/QFT-Felder? Wenn Feldschwankungen in den Feldern etwas auslösen sollten, dann muss es eine Kopplung geben. Die einzige bekannte Kopplung ist die ART. Diese soll aber mit den Quantenfeldern nichts zu tun haben.

Wie können endlos Fragen stellen, es läuft immer darauf hinaus, dass die Felder der QM/QFT mit der Raumzeit eine Kopplung haben müssen. Im umgekehrten Fall würden diese Felder einfach nichts auslösen. Ich habe noch nie eine Beschreibung davon gesehen. Das ist eine riesige Baustelle in der QM/QFT (ist nicht die Quantengravitation), an der aber nicht gearbeitet wird.

In der DP haben wir leichtes Spiel. Alle Felder der QFT sind niederdimensionale Raumzeitkonfigurationen. Niederdimensionale Raumzeiten entstehen erst mit der Abbildung der Raumzeitdichte aus der höherdimensionalen Raumzeit. Diese Felder waren vor dem Urknall nicht da. Daher kann es bei uns auch keine Fluktuation gewesen sein.

Aus den Grenzen der Raumzeit ergibt sich, dass es zwischen 2D und 3D die geometrischen Begriffe wie Größe, Länge usw. nicht gibt. Ob sich die 3D Raumzeit ausdehnt, ist einer 2D

Raumzeit erstmal egal. Die uns bekannte Kopplung sind die Teilchen des Standardmodells. Dies ist die einzige mögliche Abbildung der Raumzeitdichte über die Grenze hinweg. Ein Elektron kurz nach dem Urknall, kurz vor der Lichtgeschwindigkeit oder auf dem Weg ins Zentrum eines Schwarzen Loches ist immer ein identisches Elektron. Was die höherdimensionale Raumzeit triebt, ist dem Elektron egal. Es muss nur die Abbildung einer Raumzeitdichte sein.

In der DP ist für unsere 3D Raumzeit die QM-Abbildung für den Urknall im ersten Schritt nicht relevant. Der Urknall ist aber eine 4D QM/QFT-Abbildung in 3D. Damit wird die Raumzeit tatsächlich erzeugt. Unser gesamtes Universum ist vermutlich nur ein 4D-Elementarteilchen.

Der dimensionale Übergang per Raumzeitdichte ist die einzige Kopplung der verschiedenen Raumzeiten zueinander.

6.3 Warum Expansion?

Kommen wir zu **der Grundsatzfrage der Kosmologie**. Warum expandiert das Universum und was expandiert da eigentlich?

Kommt mir jetzt nicht mit: „Die Friedmanngleichungen aus der ART heraus bestimmen, dass es einen Skalenfaktor für den Raum (nicht Raumzeit) gibt. Damit muss sich das Universum ausdehnen.“ Nein, nein und nochmal nein. Mathematik beschreibt die Natur. Mathematik ist keine „Kraft“ der Natur, die eine Wirkung erzeugen kann. Wenn aus einer Beschreibung heraus so eine Aussage gemacht wird, dann muss es dafür einen physikalischen Grund geben. Dieser ist in dem mathematischen Modell eingebaut.

Was ist der Grund? Die Antwort in der Lehrbuchphysik ist sehr einfach: Das ist nicht bekannt. Leider kommt diese Antwort zu selten. Es wird immer mit der Mathematik der ART argumentiert. Die Dunkle Energie ist nur für ein späteres exponentielles Wachstum da. Für die, sagen wir mal erste Milliarden Jahre, spielte diese für die Expansion keine Rolle. Wir brauchen eine Expansion sofort mit und nach der Inflation. Ja genau, wir brauchen dann auch noch eine Inflation, damit die Beobachtungen zueinanderpassen. Dann kommt noch Dunkle Materie und Dunkle Energie dazu usw.

Die Beobachtung der Expansion und der Skalenfaktor aus den Friedmanngleichungen passen einfach so schön zusammen, dass man die gesamte Kosmologie darauf aufgebaut hat. Den Urknall haben wir schon, dann könnte der Rest doch identisch verlaufen. Wir werden zeigen, dass die Beschreibungen, bei einer bestimmten Sichtweise, fast identisch sind. Wir werden aber in der DP komplett andere Grundlagen benutzen.

Aus diesem Grund werden wir in dem Aufbau des Textes eine Veränderung vornehmen. Bis jetzt hatten wir zuerst oder gleichzeitig die klassische Sicht aus dem Lehrbuch mit der DP zusammen aufgebaut. Dann fällt der Vergleich einfacher aus. Das funktioniert hier nicht mehr. Wir werden erst die Kosmologie aus Sicht der DP aufbauen. Später diese mit der klassischen Sicht vergleichen. Die Ansätze sind zu verschieden. Damit wird die Grundlage der Kosmologie, aus Sicht der DP, für Profis in der Kosmologie etwas seltsam vorkommen. Beispiel: In der DP verändert sich die Raumzeit und nicht nur der Raum. Wir werden sehen, dass dies bei den Friedmanngleichungen auch so ist. Nur eben sehr gut versteckt. Für das volle Bild zur Kosmologie muss daher das Kapitel 6 in der gegebenen Reihenfolge komplett durchgearbeitet werden. Der Bezug zur Lehrbuchphysik kommt erst am Ende.

6.4 Expansion der Raumzeit

Fragen wir noch einmal: Warum expandiert die Raumzeit? Diese Frage lässt sich in der DP sehr leicht beantworten. Einfach auf Grund der Existenz der Raumzeit.

- Jeder Raumzeitpunkt besitzt eine Raumzeitdichte

- Raumzeitdichte ist Energie, Geometrie und **Bewegungszustand** in einem. Das ist eine identische Eigenschaft mit unterschiedlichen Beschreibungen.
- Es muss kein Teilchen für eine Bewegung vorhanden sein. Selbst ein Raumzeitpunkt im Vakuum muss einen Bewegungszustand aufweisen.
- Damit müssen alle Raumzeitpunkte zueinander einen Bewegungszustand haben. Die Entfernung muss sich vergrößern oder verkleinern.
- Dieser Bewegungszustand darf keine ausgezeichnete Richtung ausweisen. Es muss ein Bewegungszustand in allen Richtungen gleichzeitig sein.
- Eine in alle Richtungen gleichzeitige Bewegung der Raumzeit selbst entspricht der Raumzeitexpansion. Ein Raumzeitpunkt hat eine „skalare“ Bewegung.

Aus dem gewählten Ansatz heraus ergibt sich zwingend, dass die Raumzeit niemals eine in sich statische Struktur sein kann. Nach dem Warum brauchen wir nicht zu suchen. Es ist umgekehrt, ohne eine Raumzeitexpansion oder -kompression macht der Ansatz der DP keinen Sinn.

6.4.1 Bekannte Veränderungen der Raumzeitkomponenten

Wenn ein Raumzeitpunkt ein Bewegungszustand ist, dann ist noch nicht klar, wie sich die Raumzeitkomponenten verformen müssen. Wir haben bis jetzt zwei Verformung für die Raumzeitdichte und eine für die Raumzeitkrümmung:

- Für eine Ruhemasse muss es eine skalare Raumzeitdichte geben = Erster Teil der Energie.
- Für den Impuls muss es eine vektorielle Raumzeitdichte geben = Zweiter Teil der Energie.
- Für das Kontinuum der Raumzeit muss die Raumzeitkrümmung zur Raumzeitdichte hin ausgleichen. Keine Energieveränderung in der Raumzeit = Gravitation.

Schauen wir uns die vorhandenen Möglichkeiten an, ob wir diese für die Expansion benutzen können.

6.4.1.1 Skalare Raumzeitdichte für Teilchen

Eine skalare Raumzeitdichte klingt doch schon sehr gut. Genau dies suchen wir für die Expansion. Wir haben aber ein Problem. Diese skalare Raumzeitdichte für ein Masse-Energie-Äquivalent definiert sich dadurch, dass die Energie höher als in der Umgebung ist. Damit werden Zeit- und Raumkomponente im identischen Maße kürzer. Die Längendefinition wird kleiner. Wir brauchen eine Vergrößerung, das ist die Beobachtung. Damit ist klar, so falsch ist das nicht. Nur die Richtung stimmt nicht. Das bedeutet die Expansion könnte das Gegenstück sein. Eine Vergrößerung von Zeit- und Längendefinition.

Kommt aber gleich die nächste Frage. Wenn eine Raumzeitdichte zwingend skalar expandieren muss, warum macht dies dann eine Masse-Energie-Äquivalent nicht auch? Im Prinzip gibt es in der Betrachtung zwischen einem Elementarteilchen und der kompletten Raumzeit im Urknall, als Raumzeitdichte keinen Unterschied. Das Elementarteilchen expandiert aber nicht. Da sind wir uns sehr sicher. Wo liegt die Differenz? Da gibt es zum Glück einen Spielverderber und eine Ausnahme. Wir gehen in diesem Abschnitt nur auf den Spielverderber ein. Die Ausnahme machen wir bei der Rotverschiebung.

Der Spielverderber ist die QM. Jede Raumzeitdichte ab 3D hat eine niederdimensionale Abbildung. Diese kennt, über die dimensionale Grenze hinweg, keine geometrischen Angaben wie „Größe“. Die mathematische Abbildung in der QM ist in 3D gesehen tatsächlich sowas wie eine Punktgröße. Die 3D Raumzeit ist nun nicht mehr unabhängig. Diese kann die Raumzeitkomponenten nicht mehr verändern, wie sie will, solange die QM eine fixe Abbildung hat. Wir benötigen zwingend eine Wechselwirkung, damit sich in der QM die Abbildungen der Raumzeit anders aufteilen können. Ohne Wechselwirkung bleibt alles fix. Die Abbildungen in 2D, mit dem Teilchen-Zoo aus dem Standardmodell, hält unsere Raumzeit zusammen.

6.4.1.2 Vektorielle Raumzeitdichte für Teilchen

Das ist wie gerade, nur ist die Raumzeitdichte auf eine bestimmte Raumdimension (Richtung) abgebildet. Der große Unterschied ist, dass der Impuls eine Abbildung in 3D ist. Dieser wird explizit nicht durch die Abbildung in der QM geschützt. Das Verhalten sehen wir zum Beispiel an Neutrinos. Diese Teilchen sind stabil und wurden in der Frühphase des Universums in großen Mengen erzeugt. Die Neutrinos sind als solche heute immer noch messbar vorhanden. Der Impuls dieser Neutrinos hat durch die Expansion aber abgenommen.

Hier nochmal eine andere Bemerkung zur Bewegung. Der Impuls ist explizit eine vektorielle Raumzeitdichte. Nur diese kann in der Raumzeit selbst als Bewegung wahrgenommen werden. Damit wir ein Teilchen wahrnehmen können, brauchen wir erstmal die skalare Raumzeitdichte. Die Bewegung des Teilchens ist dann die zusätzliche vektorielle Raumzeitdichte. Daher muss die Expansion eine skalare Raumzeitdichte sein. Es bewegt sich nichts zur Raumzeit, sondern nur mit der Raumzeit.

Die vektorielle Raumzeitdichte ist genauso wie die skalare Raumzeitdichte zur Expansion der umgekehrte Fall. Der umgekehrte Fall eines Impulses ist, ein negativer Impuls. Die Expansion soll dann eine Bremsung sein? Ein Energieverlust für die Raumzeit? Ihr seht, es bleibt spannend. Die Auflösung kommt noch in diesem Kapitel.

6.4.1.3 Raumzeitkrümmung

Bei der Raumzeitkrümmung vergrößert sich die Längendefinition und verkleinert sich die Zeitdefinition. Die größere Länge sieht erstmal gut aus. Warum nicht die Gravitation? Die Veränderungen der Komponenten bei der Gravitation kommen aus zwei Gründen nicht in Frage.

Die Raumzeitkrümmung ist keine Reaktion der Raumzeit auf sich selbst. Für eine Raumzeitkrümmung benötigen wir zwingend unterschiedliche Raumzeitdichten. Darauf reagiert die Gravitation. Wenn man so will, ist die Raumzeitkrümmung eine passive Reaktion. Es muss, zum Beispiel durch die QM, erst ein Ungleichgewicht erzeugt werden. Bei der direkten Abbildung von 4D auf 3D gibt es keinen Grund zur Annahme, dass die Raumzeit nicht vollkommen homogen war. 4D würde in 3D keine Fluktuation kennen. Direkt beim Urknall sollte die Raumzeitkrümmung in unserer Raumzeit bei null gelegen haben. Daher ergibt sich aus der Gravitation keine Expansion.

Den zweiten Grund können wir auf Grund der Beobachtungen ausschließen. Die Gravitation ist immer auf ein Zentrum gerichtet und fällt mit der Entfernung ab. Laut den Beobachtungen benötigen wir eine im Universum fast überall identische Expansion. Das ist mit keiner Wechselwirkung zu machen deren Wirkung von einer Reichweite abhängig ist.

6.4.2 Neue Veränderungen der Raumzeitkomponenten

Wie wäre auf ein ähnliches Ergebnis gekommen, wenn wir uns die möglichen Veränderungen der Raumzeitkomponenten in einer Übersicht ansehen. Es gibt nur Zeit- und Raumkomponenten. Diese können sich nur vergrößern und verkleinern. Die Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten ist gering. Wir erweitern die erste Übersicht der Verformungen:

Abbildung 0-2: Übersicht der Verformungen

Verformung	Verformung
Raumzeitkrümmung/Gravitation <ul style="list-style-type: none">• Zeitdilatation• Längenrelaxation• inhomogen	Raumzeitdichte <ul style="list-style-type: none">• Zeitdilatation• Längenkontraktion• homogen

Anti-Gravitation <ul style="list-style-type: none"> • Zeitrelaxation • Längenkontraktion • inhomogen 	Expansion <ul style="list-style-type: none"> • Zeitrelaxation • Längenrelaxation • homogen
---	---

Wir haben die bekannten Verformungen. Dazu kann es aber noch jeweils das Gegenstück geben. Das Gegenstück in der Physik heißt gerne mal „Anti“. Daher bezeichnen wir das Gegenstück zur Gravitation: Anti-Gravitation und das Gegenstück zur Raumzeitdichte: Expansion. Bitte nicht Anti-Raumzeitdichte.

Wir lassen eine bestimmte Art von Kombinationen nicht zu. Wenn es eine Veränderung an einer Raumkomponente gibt, dann auch an der Zeitkomponente und umgekehrt. Die Möglichkeit einer Veränderung in der Raumkomponenten ohne eine Veränderung in der Zeitkomponente oder umgekehrt erlauben wir nicht. Die Veränderung der Längendefinition ist immer ein Schritt zur Raumzeitgrenze hin oder weg. Da die Zeit das Abstandsmaß zur Raumzeitgrenze ist, funktioniert innerhalb der DP eine Veränderung auf Raum und Zeit immer nur gemeinsam. Wenn wir etwas aus SRT und ART gelernt haben, dann dies, dass die Raumzeit als eine einzige Substanz zu betrachten ist. Die Komponenten verändern sich gemeinsam in gleicher Stärke oder gar nicht. Eine Expansion, welche nur den Raum aber nicht die Zeit beinhaltet, ist für uns nicht möglich. Damit stellen wir uns mal wieder entgegen der aktuellen Lehrmeinung bei der Expansion. Die Auflösung kommt später und ist erstaunlich einfach.

Was wir in der obigen Aufzählung leicht sehen können, ist, dass die Gravitation nicht das Gegenstück zur Expansion ist. Das wird häufig falsch erklärt. Die Gravitation sorgt nur für das Kontinuum in der Raumzeit. Der Gravitation ist eine Expansion oder ein Schrumpfen vollkommen egal. Sie reagiert nur auf die Schwankungen der Raumzeitdichte. Verändert die Raumzeitdichte aber explizit nicht. Verändert sich die Raumzeitdichte homogen ohne eine Schwankung, so gibt es dazu keine Gravitation oder Anti-Gravitation.

Damit ist klar, was sich bei der Expansion vergrößert. Die Längen- und Zeitdefinition wird größer. Auch bei der Expansion wird nicht gequetscht oder gezogen. An jedem Raumzeitpunkt wird die Längen- und Zeitdefinition vergrößert. Das führt zu den größeren Abständen. Die Veränderung der Zeitdefinition können wir nicht erkennen, da sich diese über eine Entfernung nicht aufsummiert. Das machen wir am Ende beim Vergleich mit der Lehrbuchphysik.

Moment mal. Wenn das überall im Universum identisch passiert, dann könnte ich diese Zunahme doch gar nicht feststellen. Fast richtig. Die Elementarteilchen, aus denen alles besteht, machen da aber nicht mit. Die QM lässt dies nicht zu. Damit wird die Raumzeit im Verhältnis zu einem Objekt immer größer. Zusätzlich messen wir dies aus einem Gravitationsfeld heraus. Die Gravitation ist zwar nicht das Gegenstück, setzt der Expansion aber einen Widerstand entgegen. Die Expansion will eine größere Zeitdefinition haben, die Gravitation eine kleinere. QM und Gravitation erhöhen den Widerstand zur Expansion.

6.5 Ablauf der Expansion

Wir haben nun alle Teile zusammen, um den Ablauf der Expansion zu beschreiben. Dabei werden wir feststellen, dass sich eine Materieform explizit bilden muss, die Dunkle Materie. Diese bildet sich nur bei einem bestimmten Verhalten der Raumzeit, der Inflation. Da Dunkle Materie erzeugt wird, sieht die Inflation in der DP anders aus als in der Lehrbuchphysik.

6.5.1 Urknall als Startpunkt

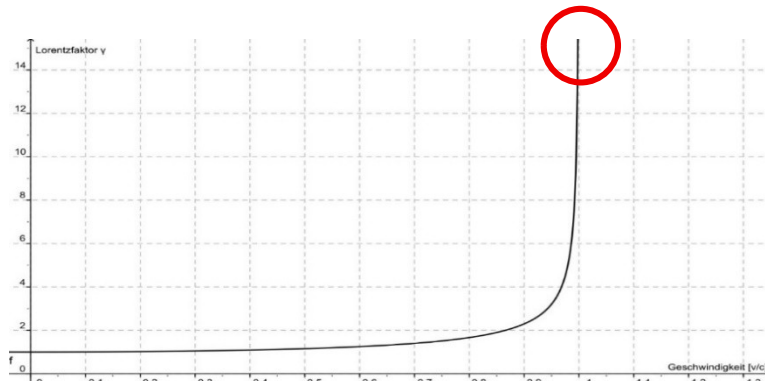
Das hatten wir schon. Ein Raumzeitdichte aus 4D wird in unserer Raumzeit abgebildet. Damit wird unserer Raumzeit erzeugt. Die Raumzeitdichte ist komplett homogen. Die Abbildung liegt

unterhalb der Dimensionalen Konstante, sonst würde sich ein Schwarzes Loch bilden. Eine Abschätzung für die Größe haben wir schon gemacht. Damit startet die Raumzeit trotzdem mit einer extrem hohen Raumzeitdichte. Dann setzt die Raumzeitexpansion ein. Die QM benötigt tatsächlich etwas Zeit. Damit startet die Expansion vor der QM.

6.5.2 Inflation

Am Anfang der Expansion steht in der DP zwingend die Inflation. Es gibt kein zusätzliches Feld, es gibt keine Schwankung, es gibt keinen Symmetriebruch, es gibt kein ... (denke euch irgendeinen Namen aus, den hat es dafür bestimmt schon einmal gegeben). Es gibt trotzdem ein exponentielles Wachstum der Längendefinition. Die Lösung ist sehr einfach. Schauen wir uns die Grafik an.

Abbildung 0-3: Inflation als Umkehrung der Längenkontraktion



Das ist die Abbildung der Längenkontraktion und Zeitdilatation (Lorentz Faktor) aus der SRT. Die Lösung muss innerhalb der DP bereits in der SRT stecken. Gravitation ist nur der Ausgleich zu einer Schwankung der Raumzeitdichte. Die haben wir beim Urknall erstmal nicht. Damit muss der Grund der Expansion schon in der SRT enthalten sein. Wir müssen nur die Richtung umdrehen. Wir brauchen eine Zeit- und Längenrelaxation. Der Urknall ist der Startpunkt. Das ist der rote Kreis. Irgendwo ganz weit oben. Ob eine 3D Raumzeit mit einer Inflationsphase startet, ist einfach nur von der Menge der Raumzeitdichte abhängig, die von 4D abgebildet wird.

Wir brauchen kein weitere „Vakuumbedingung“, damit die Inflation wieder stoppt. Dies passiert hier alles automatisch. Der gesamte Ablauf der Inflation ist in der SRT bereits enthalten. Die Inflation an sich ist hier aber ein anderer Prozess als in der Lehrbuchphysik. Entgegen der Lehrbuchphysik benötigen wir die Inflation gar nicht, um bestimmte Probleme zu beheben. Flachheit der Raumzeit, Horizontproblem usw. Diese Probleme haben wir mit der Startbedingung der homogenen Raumzeitdichte gar nicht. Die Inflation ist aber trotzdem da und lässt sich bei einer 3D Raumzeit mit so viel Raumzeitdichte auch nicht vermeiden.

6.5.3 Dunkle Materie

Bei der Inflation geschieht etwas unerwartetes. Es entstehen Schwarze Löcher. Nicht irgendwelche, sondern die kleinstmöglichen Schwarzen Löcher. Aber ein Schritt nach dem anderen.

6.5.3.1 Raumzeit ist ein Potentialfeld

Die Raumzeit dehnt sich aus. Damit gibt es für die Raumzeit eine Energieveränderung. Die Raumzeit „dünnt sich aus“. Das ist nach unserer Logik eine geringere Energie. Für die Raumzeit selbst verändert sich nichts. Ein Meter bleibt ein Meter, da sich die Definition verändert. Daraus folgt, dass für die Raumzeit lokal keine Veränderung der Energie erfolgt. Man muss einfach die Energie auf ein größeres Volumen verteilen. Der Inhalt verdünnt sich, die Gesamtmenge verändert sich nicht. Damit folgt aus der DP eine Energieerhaltung für die gesamte Raumzeit mit Expansion. Die Raumzeitdichte verwandelt sich nur.

Ein Elementarteilchen wird auf Grund der QM die extreme Verdünnung in der Inflationsphase nicht mitmachen. Dann wird die Energie des Teilchens exponentiell ansteigen. Das ist wie beim Äquivalenzprinzip. Keine Wechselwirkung von außen aber trotzdem eine Veränderung. Bei der Gravitation auf Grund der gegenläufigen Verformung von Raum und Zeit. Damit ohne eine Veränderung der Verhältnisse der Energie. Hier werden aber Raum und Zeit gleichförmig größer. Das Elementarteilchen gewinnt Energie, weil sich die Wertigkeit der Raumzeitdichte des Elementarteilchens zu seiner Umgebung verändert. Das haben wir ein Potentialfeld genannt. Hier direkt für die Energie.

Raumzeit ist ein Potentialfeld für Energie.

6.5.3.2 Mehr Energie bis zum Schwarzen Loch

Damit erhält jedes Elementarteilchen in der Inflationsphase, welches nicht wieder schnell genug zerfällt, einen exponentiellen Zuwachs an Energie. Das geht aber nur bis zur Dimensionalen Konstante. Dann bildet sich ein Schwarzes Loch, mit der exakten Planck-Masse. Damit erhalten wir das kleinstmögliche Schwarze Loch, dass sich in unserer Raumzeit bilden kann. Wenn das exponentielle Wachstum der Längendefinition vorbei ist, kann dies nicht mehr passieren.

Wenn die Raumzeit ein Potentialfeld ist, müssen sich aus den ersten stabilen Elementarteilchen in Kombination mit der Inflation zwingend Schwarze Löcher bilden. Die Inflationsphase geht nicht sehr lange. Grund ist einfach aber auch überraschend. Bei der Längenkontraktion und Zeitdilatation gibt es eine maximale Geschwindigkeit, die Lichtgeschwindigkeit. Weniger als Raum- und Zeitdimension auf null geht nicht. In der umgekehrten Richtung gibt es keine maximale Grenze. Die Expansion ist am Anfang sehr schnell. Erst die einsetzende QM und Gravitation bremsen diese aus.

6.5.3.3 Dunkle Materie = Schwarze Löcher

Diese kleinsten Schwarzen Löcher haben eine sehr spezielle Eigenschaft. Der Wirkungsquerschnitt ist nahe Null. Über eine kleine Rechnung kommt man sehr schnell darauf, dass ein Schwarzes Loch mit der Planck-Masse einen Schwarzschildradius von 2 Planck-Längen hat. Das ist verdammt klein. Es ist so klein, dass absolut kein Teilchen aus dem Standardmodell am Stück in das Schwarze Loch passt. Wenn so ein Schwarzes Loch etwas fressen will, muss es ein Elementarteilchen schon als Quantum (in einem Stück) reinbekommen.

Das sind Schwarze Loch Leichen. Die können mit Materie nichts anfangen. Damit bleiben diese Schwarze Löcher ab ihrer Entstehung, was sie sind. Diese Schwarzen Löcher weisen damit folgende Eigenschaften auf:

- Sind von Anfang an vorhanden
- Können sich im Laufe der Zeit nicht verändern
- Haben nur eine Wechselwirkung über die Gravitation
- Zeigen keine weitere Eigenschaft als die Gravitation
 - Es gibt kein Zerstrahlen oder ähnliches. Auch eine Hawking-Strahlung würde hier nicht funktionieren, da dazu das Schwarze Loch ein Teilchen fressen können muss.
 - Selbst wenn zwei dieser Schwarzen Loch sich vereinigen, ist daraus keine Strahlung zu erkennen.
- Die Wirkung nimmt niemals ab. Auch nach einer Vereinigung, ist die gravitative Wirkung nicht geringer geworden.

Damit sind diese Schwarzen Löcher in der DP die Dunkle Materie. Auch hier wieder keine neuen Elementarteilchen oder Felder. Die Entstehung der Dunklen Materie ist im Ablauf zwingend vorgesehen.

6.5.3.4 Schwarze Löcher zu Beginn der Raumzeit

Aufgrund des winzigen Wirkungsquerschnitts würden sich auch im frühen Universum diese Schwarzen Löcher nicht vereinigen. Schwarze Löcher werden sich aber wie die Elementarteilchen verhalten und in der Inflationsphase einen Massezuwachs erhalten. Diese Objekte sind stabil und werden bei einer sich „verdünnenden“ Raumzeitdichte eine immer größere Masse erhalten. Die Schwarzen Löcher müssen sich erst bilden und können dann noch wachsen. Daher werden nicht alle Schwarzen Löcher einem großen Wachstum an Masse unterliegen. Wir erhalten damit, vermutlich noch vor den ersten Molekülen Schwarze Löcher im Universum. Dann auch noch welche mit größerer Masse. Es sollte daher nicht verwundern, wenn ein JWST mehr und größere Schwarze Löcher findet, als es das Standardmodell der Kosmologie oder die Wachstumsgrenze der ART (Eddington-Limit) zulässt. Wir müssen nicht auf Sternentstehung und Kollaps warten.

Damit haben wir unseren Schätzfehler bei der Masse von Schwarzen Löchern gefunden. Diese müssen ihre Masse nicht nur aus dem Einsammeln von Materie haben. Schwarze Löcher wachsen auch mit der Raumzeitexpansion. Bis zum Knick im Diagramm sehr stark, dann immer weniger. Zusätzlich wächst die Gravitation beim Schwarzen Loch an und erzeugt einen Widerstand zur Expansion. Die Rechnung dazu ist damit nicht einfach linear. Das ist schon etwas komplizierter.

Aus der DP heraus, muss das JWST viele große Schwarze Löcher im frühen Universum finden, die sich mit den Standardmodellen nicht erklären lassen.

6.5.4 Der Knick im Diagramm

Wie man an dem Diagramm sehen kann, stoppt die Inflation nicht abrupt, sie schwächt sich mit einem „Knick“ ab. Nicht linear langsam. Das hat aber den Effekt, dass die Elementarteilchen zu dieser Zeit einen kleineren Impuls haben als aus dem Standardmodell angenommen wird. Die Verdünnung der Raumzeit zur Raumzeitdichte eines Teilchens kann sich auch im Impuls zeigen. Der Impuls ist aber der „Gegenspieler“ der Gravitation. In genau die gleiche Richtung folgt die Aussage, dass ein Impuls aus einer Wechselwirkung in einem frühen Universum nicht mehr so viel Wert ist. Die Gravitation kann die Elementarteilchen einfacher einfangen. Die einzelnen Objekte z.B. auch Sterne können in dieser Phase größer sein als vorhergesagt. Hat ein Objekt eine große Gravitationswirkung erzeugt, so wird der Effekt schwächer, da die Gravitation der Expansion wieder einen höheren Widerstand entgegensetzt. Daraus ergibt sich leider wieder die Aussage, dass man diese nicht einfach linear zurück rechnen kann. Das ist wesentlich komplizierter.

6.5.4 Die lange Gerade

Die lange Gerade nach dem Knick ist das langweiligste Stück der Entwicklung. Nicht vergessen, das Diagramm bitte von rechts nach links lesen. Hier verläuft alles wie im Lehrbuch beschrieben. Die ca. letzten 13 Milliarden Jahre der Raumzeit liegen fast komplett auf dieser Geraden. Die Inflation und der Knick haben eine enorme Auswirkung, sind aber zeitlich der kleinste Teil. Ab der Geraden kann man die Expansionsrate als fast konstant ansehen.

Mit dem Verlauf müsste die Ausdehnung von der Vergangenheit aus in Richtung Zukunft immer weiter abnehmen. Die Beobachtung zeigt das Gegenteil. Hier ist der Schuldige schnell gefunden. Wenn es nicht die Raumzeit selbst ist, dann ist es die QM. In der Lehrbuchphysik versucht man das Vakuum durch die Quantenfluktuationen als Treiber der Expansion zu identifizieren. Bei uns macht die QM genau das Gegenteil. Diese verhindert, dass eine Raumzeitdichte expandieren kann. Das Vakuum ist bei uns auch eine Raumzeitdichte und hat damit Energie. Diese muss auch in der QM abgebildet werden. Daher ergibt sich die Quantenfluktuation im Vakuum. Da muss sich für eine Paarbildung keine negative Energie ausgeliehen werden. Raumzeit entspricht Energie. Damit ist Energie immer vorhanden.

Wir haben damit gleich mehrere Verantwortliche für die Expansion. Die Expansion sollte sich auf Grund des Verhaltens der Raumzeit selbst einfach langsam abschwächen. Da sich das Universum durch die Gravitation verklumpt, wird der Expansion ein immer höherer Widerstand entgegengesetzt. Also muss die Expansion doch abnehmen. Die Energiedichte und damit die „Bremsleistung“ der QM wird aber auch immer geringer. Auch hier können wir die Expansion nicht einfach linear durchrechnen. Das ist leider wieder zu einfach. Das Universum sollte in den unterschiedlichen Phasen der Entwicklung eine unterschiedliche Hubble-Konstante aufweisen.

Was wir nicht haben, ist eine Dunkle Energie. Diese wird in der DP nicht gebraucht. Die Raumzeit selbst ist der Treiber für die Expansion. Daher macht die Kosmologische Konstante Λ in der Feldgleichung von Einstein auch Sinn. Es ist einfach nur ein skalarer Wert zur Metrik. Dieser Wert muss größer null sein, wir expandieren. Dieser Wert ist aber nicht konstant. Er entspricht dem Verlauf des Diagramms und muss immer kleiner werden. Dazu kommt aber gleich noch ein Abschnitt. Die Expansion verläuft aber auf Grund der vielen Beteiligten nicht so schon gleichmäßig nach diesem Diagramm ab.

6.6 Messung der Expansion

Die Expansion wird hauptsächlich über die Rotverschiebung von Photonen gemessen. Das sollte mit unserer Logik nicht möglich sein. Die QM verhindert eine Expansion der Raumzeitdichte. Ich habe die QM als Spielverderber bezeichnet. Ich hatte auch schon erwähnt, dass es eine Ausnahme gibt. Die Ausnahme ist das Photon. Würde es diese Ausnahme nicht geben, könnten wir kein expandierendes Universum beobachten.

Das Photon hat keine Ruhemasse und kann damit explizit keine QM-Abbildung als Schwarzes Loch haben. Ein Photon ist eine extrinsische Ausprägung einer 2D Raumzeit in 3D. In 2D selbst ist keine Ausprägung vorhanden. Wenn wir im Wellenbild des Photons bleiben, dann ist die Wellenlänge in 3D gegeben und nicht in 2D. Damit ergibt sich die höhere Raumzeitdichte in 3D und kann über die QM nicht festgehalten werden.

Daher ist die Rotverschiebung, als Vergrößerung der Wellenlänge, direkt die Raumzeitexpansion. Diese Rotverschiebung ist kein Effekt von sich auseinander bewegenden Objekten. Das ist 1 zu 1 die Expansion. Macht auch Sinn, da ein Photon, welches vor 13 Milliarden Jahren bereits erzeugt wurde, noch keine Ahnung von der Existenz der Erde oder eines Teleskopes haben konnte. Dies kann kein reiner relativistischer auf Grund von Beobachtern sein.

6.7 Kosmologische Konstante

Wir müssen hier dringend auf die Mathematik der ART eingehen. Bis jetzt hatten wir die Feldgleichung in dieser Form benutzt:

$$G_{\mu\nu} = k * T_{\mu\nu}$$

Der Einstein-Tensor zeigt die Raumkrümmung an und der Energie-Impuls-Tensor die Quelle. Der Energie-Impuls-Tensor ist die Sammlung aller verschiedenen Masse-Energie-Äquivalente. Bei der Sammlung der Masse-Energie-Äquivalente fehlt aber ein Teil. Genauer, der größte Teil der Energie im Universum. Die Raumzeit selbst, das Vakuum. Bei einem Vakuum ist der Energie-Impuls-Tensor null. Das entspricht aber nicht unserer Vorstellung. Jeder Raumzeitpunkt ist eine Energie größer Null. Damit müssen wir für das Vakuum eine gleichverteilte Größe in die Gleichung einbauen. Das mathematisch einfachste ist eine Konstante zur Metrik. Tatsächlich ist dies eine der wenigen Veränderungen in der Feldgleichung, welche die Struktur hinter der Feldgleichung nicht zerstört.

Wir müssen zwingend die Feldgleichung mit der Kosmologischen Konstante nehmen. Die Formel sieht dann so aus:

$$G_{\mu\nu} = k * T_{\mu\nu} - \Lambda g_{\mu\nu}$$

Ich schreibe die Kosmologische Konstante auf die Seite des Energie-Impuls-Tensors, da dies ein Energiebeitrag ist. Die Kosmologische Konstante ist einfach ein Skalenfaktor auf die Raumzeitmetrik. Das passt zu unserer Erklärung. Die Raumzeit erfährt eine Längen- und Zeitrelaxation im gleichen Maße. Das ist einfach eine konstante Zahl. Nur ist die Zahl Λ keine Konstante. Diese muss dem Verlauf aus dem obigen Diagramm folgen. Das Vorzeichen muss zum Energie-Impuls-Tensor unterschiedlich sein. Dieser Teil der Energie erzeugt einen „negativen“ Energiebeitrag. Ein größere Raumzeitdichte ist ein Plus und eine kleinere ist dann ein Minus. Daher brauchen wir eine positive Konstante. Ein Λ kleiner null würde unserer Logik entgegenwirken. In der QM-Abbildung in 2D brauchen wir daher eine Anti-de-Sitter Raumzeit. Diese muss der Kosmologischen Konstanten ja entgegenwirken. Tatsächlich ist ein Schwarzes Loch in 2D laut der ART nur in einer statischen Anti-de-Sitter Raumzeit möglich.

6.8 Vergleich zur Lehrbuchphysik

Zur Kosmologie gehören noch sehr viel mehr Aspekte als in diesem Kapitel aufgezählt. Irgendwo müssen wir uns aber begrenzen. Als letzten Teil zur Kosmologie und auch dem Teil 2 wollen wir die Sichtweise von DP und Lehrbuchphysik vergleichen.

Hier gehen wir nur auf einen Vergleich der Ansicht aus den Friedmanngleichungen zur DP ein. Alles andere würde einen sehr langen Text bedeuten. Wir werden sehen, dass es eigentlich nur sehr geringe Unterschiede sind. Wir müssen die Fragestellung und Annahme hinter der Friedmanngleichung auf den Grund gehen. Dann erhalten wir etwas ähnliches, wie bei der SRT. Obwohl die Raumzeitdichte nicht kompatibel zur SRT erscheint, bekommen wir die gleichen Ergebnisse.

6.8.1 Homogen und Isotrop = Raumzeitdichte

Der erste Schritt zu den Friedmanngleichungen ist die Annahme, dass das Universum homogen und isotrop ist. Die Beobachtung unserer näheren Umgebung, z.B. der Heimatgalaxie, besagt das Gegenteil. Daher die Annahme, dass dies für große Skalen im Universum gültig ist. Diese Annahme geht so nicht ein. Dort gibt es keine Verklumpung im Universum. Die Masseverteilung in der Friedmanngleichung ist laut Energie-Impuls-Tensor vollständig homogen, ohne jede Körnung. Damit erreichen wir zwei Punkte.

- Das Universum entspricht einer Raumzeitdichte. Diese ist bei uns immer homogen und isotrop. Die Startbedingung des Urknalls in der DP und der Lehrbuchphysik sind identisch.
- Der Energie-Impuls-Tensor kommt auf die Signatur $(-c^2\rho, p, p, p)$. Alle anderen Werte sind null.

Diese zwei Punkte haben gleich mehrere Auswirkungen.

Homogen und isotrop geht in die Signatur als 100% homogen und isotrop ein. Das bedeutet, es gibt in diesem Ansatz keine unterscheidbare Masse-Energie-Äquivalente. Das Universum wird als ein einziges großes Masse-Energie-Äquivalent angesehen. Eine „Körnigkeit“ egal wie fein oder grob ist nicht vorgesehen. Damit ist die Massendichte $c^2\rho$ im 00 Element des Energie-Impuls-Tensors ein echtes Kontinuum. Das ist eine sehr gute Beschreibung einer Energiedichte. Volle Übereinstimmung.

Da die Energiedichte im 00-Element keine Schwankung aufweisen kann, kann es aus Sicht der DP keine Gravitation geben. In der Lehrbuchphysik wird die Reaktion auf die Energiedichte auch als Gravitation angesehen. Dann aber eine abstoßende. Wir stufen dies nicht als Gravitation, sondern als Expansion ein. Die Verformungen der Raumzeitkomponenten sind unterschiedlich. Bis auf die Namensgebung herrscht aber auch Einigkeit.

6.8.2 Woher kommt der Druck?

Der große Knack-Punkt ist der Druck p auf den 11, 22 und 33 Elementen. Mal eine einfache Frage dazu. Woher soll dieser Druck kommen? Das Lehrbuch hat da eine einfache Antwort: Die Thermodynamik. Es sind im Universum Teilchen da, die interagieren und das erzeugt einen Druck. Im Prinzip geht man davon aus, dass die Energiedichte einer Massenverteilung wie von Staub entspricht. Die einzelnen Teilchen nehmen dann an der Thermodynamik teil. Die Masseverteilung verhält sich wie eine Flüssigkeit. Darin gibt es immer einen Druck. Die gesamte Annahme für den Druck beruht darauf, dass Masse in punktförmigen Teilchen vorhanden ist. Anders kennt man es nicht. Diese Teilchen haben einen Impuls und damit erzeugen diese einen Druck. Einen Druck auf was? Masse mit Impuls erzeugt einen Druck auf die Raumzeit? Dann haben wir die Diskussion mit der Kopplung an die Raumzeit wieder am Hals. Wenn wir einzelne Teilchen annehmen, dann müsste dies auch in die Energiedichte so mit aufgenommen werden. Das ist aber ein reines Kontinuum. Der Druck passt nicht zur Energieverteilung.

Das Ganze bedeutet, es werden zwei Annahmen in den Energie-Impuls-Tensor aufgenommen. Eine homogene und isotrope Verteilung der Energiedichte und ein Druck der Teilchen auf sich selbst. Die Körnigkeit für den Druck ist in der Energiedichte nicht enthalten. Der Druck liegt auf den 11, 22 und 33 Elementen. Das ist kein Druck wie ein Impuls in eine bestimmte Richtung. Ich würde dies als eine sich selbst erfüllende Prophezeiung ansehen. Wir stecken einen „skalaren“ Druck rein und erhalten eine „skalare“ Reaktion der Raumzeit darauf.

In der DP ergibt sich dieser Druck auf Grund der Längen- und Zeitrelaxation. Das ist zur Energieverteilung eine „negative“ Energie. Die Vorzeichen von Energiedichte und Druck müssen unterschiedlich sein. Diese sind laut den Verformungen der Raumzeitkomponenten jeweils das Gegenstück zueinander. Die Kosmologische Konstante ist das Verhalten der Metrik. Der Druck ist die passende Energieangabe dazu.

Damit können wir festhalten, dass die DP die Annahmen zu den Friedmanngleichungen besser und einfacher ermöglicht, als es die Lehrbuchphysik kann.

6.8.3 Skalenfaktor für Raum oder Raumzeit

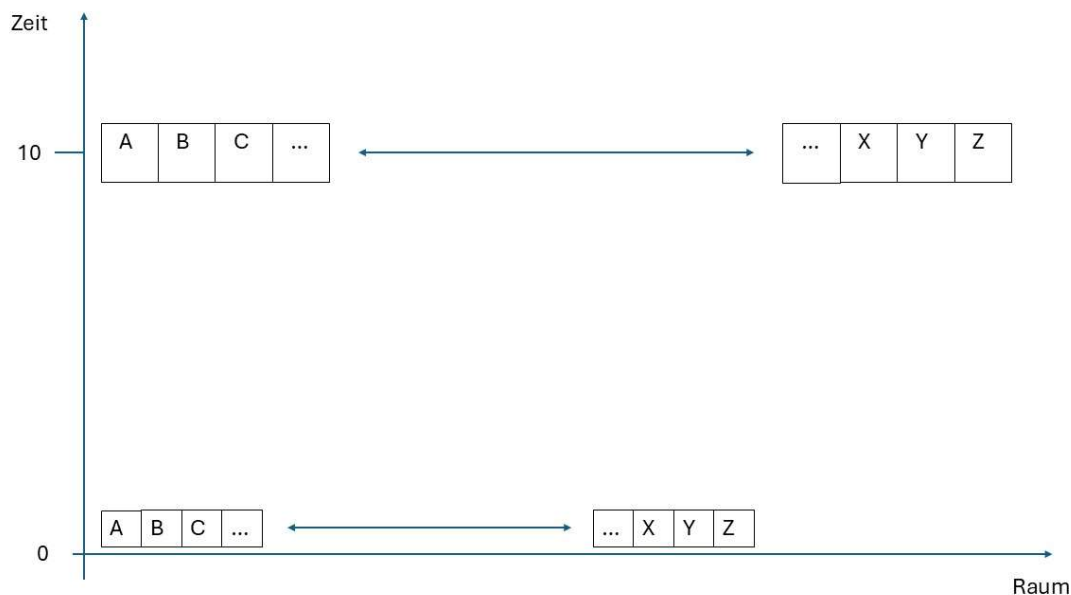
Es gibt hier noch einen großen Unterschied zu besprechen. Aus den Friedmanngleichungen erhält man einen Skalenfaktor für den Raum und nicht für die Raumzeit. In der DP gehen wir aber immer von einer Veränderung der Raumzeit aus. Raum als eigenständiges Objekt gibt es dort gar nicht mehr. Wo liegt hier der Unterschied? Einfache Antwort: Es gibt keinen Unterschied.

Bei der Friedmanngleichung verändert sich auch die Zeitkomponente. Da sieht man am besten, wenn der Energie-Impuls-Tensor mit der Signatur in die Gleichung eingesetzt wird. Wir erhalten für die 00 oder besser tt Komponente des Energie-Impuls-Tensors einen Term im Einstein-Tensor. Der sieht so aus:

$$\frac{\dot{R}^2}{R^2} + \frac{k}{R^2} = \frac{8\pi G}{3} \rho$$

Die Zeitkomponente hat eine aktive Wirkung. Das Problem daran ist, wir können die Wirkung auf die Zeit bei der gegebenen Fragenstellung und Annahme eines homogenen und isotropen Universums gar nicht erkennen. Folgendes Bild:

Abbildung 0-4: Zeigt die zeitliche Entwicklung der Längen- und Zeitrelaxation



Wir stehen an Punkt A und machen eine Abstandsmessung zu Punkt Z. Der Rest vom Alphabet liegt als Punkte in der Strecke. Zum Zeitpunkt $t = 0$ haben wir eine festgelegte Strecke R zwischen A und Z. Wir machen eine erneute Messung bei $t = 10$. Als Funktion $R(10)$, da die Strecke von der Zeit abhängen muss.

Jeder Buchstabe auf der Strecke ist nun um x größer geworden. Das trifft jeden Buchstaben gleich, da wir von einem Kontinuum ausgehen. Wenn wir nun die Strecke ermitteln wollen, dann addiert sich die Veränderung über die Strecke auf. Je weiter weg der Buchstabe ist, desto größer wurde die Strecke. Das sehen wir bei der Expansion im Universum.

Auf Grund des Kontinuums wird auch die Zeit bei jedem Buchstaben auf der Strecke schneller. Zeitrelaxation ist ein schnellerer Zeitverlauf. Damit ist der Zeitverlauf in jedem Buchstaben identisch. Es gibt im Zeitverlauf von einem Buchstaben zum nächsten Buchstaben keinen Unterschied. Das entscheidende ist aber, dass wir die neue Strecke bei $R(10)$ im Punkt A abfragen wollen. In dem Zeitparameter 10 ist die Veränderung bereits eingeflossen. Das sind nicht mehr die identischen 10 Sekunden wie bei $t = 0$. Nur feststellen können wir das nicht. Die Zeitdefinition hat sich verändert. 10 Zeiteinheiten sind 10 Zeiteinheiten, für jeden Buchstaben auf der Strecke.

Die Streckenänderung addiert sich in der Zeit auf. Die Zeitveränderung ist in der Fragestellung schon enthalten und addiert sich nicht mit auf. Selbstverständlich wird auch in der Friedmann-Gleichung immer die Raumzeit angepasst. Nur feststellen können wir es nicht. Die Annahmen und die Fragestellung legen fest, dass es keine Zeitrelaxation aus dieser Gleichung geben darf. Wir würden die Zeitrelaxation sonst doppelt zählen. Das witzige ist, dass wir eine Grundannahme der SRT, es gibt keine Gleichzeitigkeit, hier sonst widerlegen würden.

6.8.4 Timescape-Modell

Für die DP stellt das Timescape-Modell eine sehr gute Prüfung der Kosmologie dar. In diesem Modell geht man nicht von einem homogenen Universum aus. Da es Bereiche mit hoher Gravitation, z.B. einen Galaxienhaufen gibt und Bereiche mit einer schwächeren Gravitation, wie z.B. Voids, erzeugt man für die Fluchtgeschwindigkeit von Objekten unterschiedliche Sichtweisen. Damit braucht man hier keine Dunkle Energie. Der Unterschied kommt hier nur aus der Differenz der Gravitation und damit der Zeitdilatation. Der Effekt ist damit aber evtl. zu schwach, um die immer weiter anwachsende Expansion zu erklären.

Laut der DP muss dieser Effekt größer ausfallen. Der Grund ist, dass sich bei uns die Raumzeit ausdehnt. Damit wird der Unterschied in der Zeitdilatation nochmals verstärkt. Was aus meiner Sicht zu wenige beachtet wird, ist, dass wir die Messungen über Supernovae machen, wir immer von unserem hohen Gravitationspotential (aus einer Galaxie heraus) zu einem weiteren massiven Objekt (einen großen Stern, vermutlich auch in einer Galaxie) machen. Das entspricht auf einer langen Strecke (Milliarden von Lichtjahren) überhaupt nicht den Tatsachen.

Wir stimmen dem Timescape-Modell zu und behaupten, dass die Effekte stärker ausfallen müssen.

6.9 Abschluss Teil 2

Das war eine Menge Arbeit bis hier her. Die Grundidee hinter der DP und wie diese in der Physik anzuwenden ist, sollte nun bereits klar sein. Es sind mit Sicherheit nicht alle Fragen zur DP oder dem Zusammenspiel mit SRT und ART beantwortet worden. Wer hier noch Bedarf hat, benutzt bitte das Kontaktformular auf der Seite [Dimensionale Physik](#).

Es fehlt uns aber noch ein großes Stück, Teil 3 die QM. Dieser Teil steht zurzeit 2026 in einer ersten Version zur Verfügung. Ich arbeite weiter daran. Da die QM ein ganzes Stück komplizierter ist als die ART wird das auch noch etwas dauern. Die QM aus einer alten Version will ich nicht bereitstellen, da sich einiges geändert hat, was in der alten Version so nicht mehr stimmt. Gebt im Kontaktformular den Text „Abo“ ein. Dann erhaltet Ihr eine Mail, wenn ich einen neuen Teil fertig habe. Das wird vermutlich in weiteren 3 Updates erfolgen.

7 Aufbau und Inhalt von Teil 3 QM

Wir haben im Teil 2 schon einiges über die DP erfahren. Leider reicht dies noch nicht für die gesamte Physik aus. Teil 1 war eine kleine Einführung und Teil 2 deckt eigentlich nur die SRT und ART ab. Wir haben trotzdem schon einiges über die QM mit dem dimensionalen Übergang gehört. Das ist hier unvermeidbar. In der Lehrbuchphysik stehen sich die ART und die QM eher feindlich gesinnt gegenüber. Ein Grundproblem, warum die DP entwickelt wurde. In der DP sind die Grenzen fließend. Eine 100% scharfe Abgrenzung ist gar nicht möglich. In Kapitel 6 für die Kosmologie wurde hoffentlich klar, dass wir z.B. eine Evolution des Universums ohne eine QM nicht verstehen können. In der DP ist die QM über die Struktur der Raumzeit aufgebaut.

Der Tiefgang für die QM hat noch gefehlt. Das wollen wir jetzt nachholen. Wir versuchen weiterhin das Niveau der Mathematik auf einen niedrigen Level zu halten. Das wird an einigen Stellen schwieriger als für die ART. Versuchen werden wir es trotzdem. Wir werden bei den Erklärungen sehr oft nicht die Quantenfeldtheorie (QFT), sondern die gute alte Quantenmechanik (QM) verwenden. Die niederdimensionalen Raumzeitkonfigurationen entsprechen den Feldern der QFT. Daher ist diese mathematische Modellierung für den Ansatz aus der DP fast exakt. Die Mathematik für die QFT ist für ein breites Publikum zu schwierig. Viele Dinge sind in der QM einfacher zu erklären und die Mathematik weniger komplex.

Wir starten in diesem Kapitel mit einer kleinen Wiederholung von Themen aus Teil 2, welche für die QM wichtig sind und wir immer im Hinterkopf haben sollte, wenn man hier weiterliest. Der letzte Abschnitt von diesem Kapitel ist der Aufbau und Inhalt von Teil 3.

7.1 Kleine Wiederholung

Hier wollen wir die für die QM wichtige Punkte in Erinnerung bringen, welche schon in Teil 2 besprochen wurden. Diese Punkte hängen alle an dem niederdimensionalen Übergang von 3D auf 2D. Wie in der QM-Theorie üblich sind dies fast nur Verbote:

- Es geht keine Zeit über die dimensionale Grenze hinweg. Jede Raumzeitkonfiguration hat seine eigene Zeitdimension. Das ist der Grund, warum die Zeit im Formalismus der QM wie das fünfte Rad am Wagen behandelt wird.
- Es geht keine direkte geometrische Information, wie Länge, Größe, Abstand usw. über die dimensionale Grenze. Dadurch wird der Ort, wie schon bereits bei der Zeit, in der QFT zu einem einfachen Parameter „degradiert“.
- Jedes n -dimensionale Raumzeitvolumen beinhaltet unendlich viele $(n-1)$ -dimensionale Raumzeiten. Wir haben eine direkte Abbildung zu $n-1$ und nicht tiefer. Daraus folgt, dass z.B. ein Neutrino (die haben wir bei 1D verortet) nicht ohne ein zusätzliches anderes Fermion oder Boson erzeugt werden kann.
- Jede n -dimensionale Raumzeitdichte muss in allen möglichen $(n-1)$ -dimensionalen Raumzeitdichten abgebildet werden. Diese Eigenschaft wird zu den berühmten Interferenzmustern beim Doppelspalt-Experiment führen. Mathematischer ausgedrückt: Dies erzeugt die interferierenden Wahrscheinlichkeiten.
- Was wir uns immer wieder ins Gedächtnis holen müssen: Raumzeitdichte ist die Energie, die Definition der Raumzeitgeometrie und ein Bewegungszustand. Mit der dimensionalen Grenze wird die Energie zur Ruhemasse, die Geometrie zu Ladungen und Wechselwirkungen und der Bewegungszustand zu Spin und Chiralität.

So kompliziert die QM in der Mathematik auch sein mag, diese 5 Punkte reichen aus, um alles herzuleiten. 4 Punkte komme aus der dimensionalen Grenze und der letzte Punkt bestimmt, dass es diese Grenze geben muss.

7.2 Wichtige neue Ideen für den Text

Wir nehmen aus der Wiederholung 3 Punkte raus und schauen uns an was diese explizit für eine Auswirkung in der QM haben.

- Keine Zeit beim Übergang. Damit kann keine Energie oder Raumzeitdichte direkt übertragen werden.
- Keine Geometrie beim Übergang. Damit können wir aus 3D Sicht z.B. keine Entfernung in 2D angeben.
- Unendliche viele niederdimensionale Raumzeit. Damit haben wir unendlich viele Möglichkeiten und deren Kombinationen für eine niederdimensionale Ausprägung.

Wenn wir die Essenz aus diesen Punkten als Schlagwörter aufschreiben, kommt heraus:

- Instantane Reaktion (keine Zeit)
- Nicht-lokale Eigenschaften (keine Entfernung)
- Nur Wahrscheinlichkeiten (unendliche Möglichkeiten) und Superposition (Kombinationen der Möglichkeiten)

Wir haben in diesen 3 Punkten fast schon die gesamten „seltsamen“ oder mindestens nicht intuitiven Eigenschaften der QM beschrieben. Der dimensionale Übergang ist für fast alle Eigenschaften der QM verantwortlich. Aber nur fast, z.B. die Heisenbergsche Unschärferelation ist bereits in der Definition der Raumzeitdichte enthalten.

Dann werden wir neue Raumzeitkonfigurationen kennen lernen. Wir haben bisher, wenn wir von einer 3D Raumzeit heraus gesprochen haben, nur die möglichen Abbildungen auf 1D und 2D. Das ist für den gesamten Teilchen-Zoo des Standardmodells etwas wenig. Wir werden 1D und 2D Raumzeiten zu neuen Raumzeitkonfigurationen verbinden. Daraus ergeben sich dann die Felder für alle Elementarteilchen, Fermionen und Bosonen. Insbesondere werden solche komischen Dinge passieren wie $3D \neq 3D$. Wenn wir aus 3 orthogonal stehenden 2D Raumzeiten über mindestens ein Schwarzes Loch eine neue Raumzeitkonfiguration bauen, beinhaltet diese alle 3 Raumdimensionen, diese hat aber kein 3D Raumzeitvolumen. Das entspricht explizit nicht unserer Raumzeit. Das Volumen ist dann immer noch null. Daraus werden sich die 3 Familien oder Generationen der Fermionen zwingend ergeben.

Ein weiterer Punkt, den wir hier eine andere Bedeutung geben ist die Information. In der DP wird die Information immer an einer Raumzeitkonfiguration gebunden sein. Das hat enorme Auswirkungen auf den Vorgang einer Messung. Wir werden erkennen, dass der „Kollaps der Wellenfunktion“ nicht an der Messung, sondern an der Erzeugung der Information in 3D gebunden ist. Wir werden, wie es üblich ist, den Doppelspalt besprechen. Um das Ergebnis des Experiments verstehen zu können, muss der Begriff der Information besser definiert sein. Dann ist es kein Problem mehr, dass sich ein Interferenzmuster nur dann ergibt, wenn die Weg-Information am Doppelspalt nicht vorhanden ist. Auch wenn, die Information nachträglich gelöscht wird. Es gibt in der DP keine Kausalität rückwärts in der Zeit. Die Information ist da oder nicht. Ein Zeitpunkt oder ein Zeitverlauf spielt über die dimensionale Grenze hinweg keine Rolle.

Wir wollen mit der Aufzählung hier aufhören. Was wir aber erkennen können ist, dass wir gerade so weitermachen, wie wir aufgehört haben. Altbekannte Begriffe, wie zum Beispiel die Information, müssen wieder von Grund auf hinterfragt werden. Die gut bekannte Mathematik zur QFT (hier aber fast immer QM), wird eine physikalische Bedeutung erhalten. Dies aber auf den neuen Grundelementen aus der DP. Damit muss auch dieser Teil 3 in der gegebenen Reihenfolge durchgelesen werden. Wir verwenden sonst einen altbekannten Begriff, wie die Information und Ihr habt die „neue Bedeutung“ nicht mitbekommen.

7.3 Aufbau und Inhalt

Damit wir die QM innerhalb der DP verstehen, werden wir erstmal einige Grundkonzepte der QM klären. Dies sind die ersten fünf Kapitel Superposition, Unschärfe, Verschränkung, Wahrscheinlichkeit und Quantisierung. Das ist von mir eine sehr subjektive Auswahl. Manche behaupten, dass aus einem einzigen Punkt, wie zum Beispiel der Superposition bereits alles hergeleitet werden kann. Ich glaube, dass wir nach den fünf Kapiteln einen einfachen und verständlichen Aufbau der QM haben. Es gibt solche Aussprüche in der Form von: „Wer glaubt die QM verstanden zu haben, hat Sie nicht verstanden“. Wir wollen den Beweis antreten, dass die QM auch logisch verstanden werden kann. Wir können diese Punkte nicht als eine Art von Axiomen für die QM verwenden. Wir haben nur die ART mit der Raumzeitdichte und den dimensionalen Übergang. Hier kommt kein einziges neues Element dazu. Daher ist es für uns wichtig, dass wir das Grundkonzept zur QM aus diesen Punkten heraus bereits verstehen. Der Rest ist dann nur eine Vertiefung der Ideen oder die passende mathematische Beschreibung.

Danach werden wir uns die Mathematik anschauen müssen. Keine Panik, das wird verständlich bleiben. Wir werden Fragen klären wie:

- Warum muss man zwingend mit komplexen Zahlen rechnen? Im Ergebnis der Berechnung sind niemals komplexe Zahlen vorhanden.
- Wieso können wir mit Pfadintegralen rechnen?
- Wieso dreht sich bei der Schrödingergleichung alles um Energiezustände?
- Warum heißt, die Schrödingergleichung „Wellengleichung“. Die Gleichung hat gar nicht die Struktur dafür.

Dann schauen wir uns mit dem Doppelspaltexperiment die Messung genauer an. Wir werden sehen, da gibt es nichts Unerklärliches wie einen Kollaps der Wellenfunktion oder ähnliches. Die vorher besprochenen Konzepte können hier gut gezeigt werden. Insbesondere kann der Ausgang des Experimentes logisch nur verstanden werden, wenn die Sichtweise der DP auf den Begriff Information bekannt ist.

Bevor wir uns den Teilchen-Zoo anschauen können, müssen wir das Thema Felder anschauen. Das sind bei uns die Raumzeitkonfigurationen. Erst wenn wir dafür eine Beschreibung haben können wir den Aufbau der Elementarteilchen verstehen. Daher kommt nach den Felder gleich das Standardmodell. Die Wechselwirkungen zwischen den Teilchen werden im letzten Kapitel beschrieben. Das Standardmodell mit den Wechselwirkungen werden nochmal zwei größere Kapitel ergeben, aber dann ist es geschafft. Ich wünsche euch weiterhin viel Spaß und neue Erkenntnis beim Lesen der DP.

8 Superposition

Wir starten mit der Superposition. Die machen wir als erstes, da in vielen Vorlesungen die Superposition als die grundlegendste Eigenschaft der QM bezeichnet wird. Der Lösungssatz zur Superposition wird bei der Verschränkung und den Wahrscheinlichkeiten fast exakt gleich verwendet. Selbst der große Streitpunkt: lokal und nicht lokal, kann damit einfach erklärt werden. Daher werden wir die Idee zur Abbildung der Superposition etwas genauer beschreiben.

Bevor wir die Superposition über die DP erklären, sollte wir aber erst einmal besprechen, was unter einer Superposition verstanden wird.

8.1 Erklärung Superposition

Für eine Erklärung der Superposition ist die Mathematik hilfreich. Hier ist die Mathematik leichter zu verstehen als die logische Erklärung. Wir haben eine lineare Differenzialgleichung $f(x)$, egal was es sein soll. Diese Abbildung besitzt eine Lösung L . Nun kann es sein, dass auch R eine Lösung von $f(x)$ ist. Es können mehrere Lösungen vorhanden sein. Dann ist laut eines mathematischen Theorems auch $L+R$ eine Lösung der Abbildung. Das funktioniert bei den linearen Differenzialgleichungen für die QM immer. Wichtig! Die zusätzliche Lösung ist nicht L oder R , sondern $L+R$. Die Kombination der Lösungen ist gleichzeitig auch eine neue Lösung. Dass funktioniert nicht nur mit zwei verschiedenen Lösungen. In der QM brauchen wir oft unendlich viele Lösungen. Das klingt mathematisch sehr einfach und ist es auch.

Die gesamte QM wird durch lineare Differenzialgleichungen abgebildet. Das ist auch gut so. Die QM ist sehr kompliziert. Nur weil diese eine lineare Abbildung ist, können wir überhaupt etwas berechnen. Dies bedeutet aber auch, ist die QM die korrekte mathematische Abbildung und davon gehen wir aus, da diese zu gut bestätigt ist, dann muss dieses Verhalten auch physikalisch so eintreten. Bei einer etwas abstrakten Beschreibung, wie zum Beispiel einem Spin eines Teilchens, haben wir mit so einer Aussage kein Problem. Dann hat ein Elektron eben eine Kombination von Spin up und Spin down gleichzeitig. Das bringt uns nicht um den Schlaf. Anders wird dies bei uns bekannten Zuständen. Hier setzt auch Schrödinger mit seiner Katze an. Laut der QM ist eine Katze bei Schrödinger bis zur Messung gleichzeitig tot und lebendig. Das klingt für uns schon nicht mehr so verständlich.

Aus meiner Sicht ist aber der Ort eines Teilchens die beste Erklärung für die Superposition. Für uns kann ein Teilchen an genau einer Stelle in der Raumzeit vorhanden sein. Laut der QM ist dies so nicht richtig. Der eindeutig bestimmte Ort tritt nur bei einer Messung auf. Davor kann ein Teilchen an vielen Orten gleichzeitig sein. Jeder Ort ist möglich. Eventuell mit einer sehr kleinen Wahrscheinlichkeit, aber die Möglichkeit ist vorhanden. Dies bedeuten senden wir ein Teilchen aus, z.B. ein Elektron direkt gerade von uns weg. Dann ist es nur mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auf einer geraden Strecke von uns weg unterwegs. Es kann aber auch links oder rechts von der Geraden sein. Dann eben mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit. Dies bedeutet nicht, dass das Teilchen einen eindeutigen Ort besitzt und wir diesen bis zur Messung nur nicht kennen. Das Teilchen ist gleichzeitig an allen möglichen Orten vorhanden. Das kennen wir aus unserem Alltag nicht. Ok, wir sind manchmal der Meinung z.B. einen Schlüssel an genau dieser Stelle abgelegt zu haben und er ist nicht da. Das hat aber nichts mit Quantenmechanik zu tun. In unserer Alltagswelt und auch in der ART ist ein Objekt an genau einer Position vorhanden. Bei der QM hat das Teilchen die Position Links L , Mitte M , Rechts R und zusätzlich zusammen ($L + M + R$). Gerade beim Ort haben wir den schlechtesten Fall. Wenn wir nicht einen speziellen Aufbau für ein Experiment wählen, dann hat ein Teilchen als möglichen Aufenthaltsort die gesamte Raumzeit zur Verfügung. Das Elektron ist gleichzeitig im gesamten Universum vorhanden. Aus diesem mathematischen Ansatz heraus ist die Superposition rein logisch nur schwer zu verstehen.

8.2 Probleme mit der Superposition

Mit der SRT ist man sich evtl. beim Zeitpunkt, Abstand und der Energie nicht einig, da dies von Bewegungszustand abhängig ist. Aber in der SRT und der ART ist ein Objekt eindeutig an einem Ort. Ohne diese Eigenschaft können wir in der ART keine Aussage zu einem Objekt treffen. Wo soll die Gravitation/Raumzeitkrümmung sich hin ausrichten, wenn die Energie/Raumzeitdichte keinen eindeutigen Ort besitzt? Das ist das Grundproblem bei der Vereinigung von ART und QFT. In der QM ist die Superposition aller Eigenschaften eines Objektes der grundlegende Aufbau der Beschreibung. Damit ist ein Objekt oder eine Wechselwirkung nicht lokal. Dies bedeutet, dass die Eigenschaften und Wechselwirkungen keine eindeutige Position haben. In der ART sind alle Objekte lokal. Diese müssen eine eindeutige Position besitzen. Die Gravitation könnte sich sonst nicht ausrichten oder der Impuls hat keine klare Richtung.

Das nächste Problem ist, dass die QFT oder die QM die Superposition nicht erklärt. Die mathematischen Beschreibungen wurden so gewählt, dass diese dem experimentellen Befund entsprechen. Dies ist das übliche Vorgehen. Auch bei der Gravitation ist dies so passiert. Einstein hatte die Idee mit der geometrischen Abbildung in der Raumzeit. Die Feldgleichungen wurden so aufgebaut, dass diese der damals bekannten Physik entsprechen. Es wurde z.B. für die Energieerhaltung eine größere Veränderung vorgenommen. Aus der mathematischen Beschreibung sind dann Vorhersagen wie Schwarze Löcher, Gravitationswellen usw. entstanden, die alle ohne Einschränkungen bestätigt wurden. In der QM war es nicht anders. Um den Doppelspalt und das Wasserstoffatom erklären zu können, musste die QM als eine lineare Beschreibung mit Superposition und Wahrscheinlichkeit aufgebaut werden. Alle weiteren Aussagen der QM, wie z. B. die Unschärferelation sind rein über die mathematische Beschreibung gefunden worden und haben sich im Anschluss alle als richtig herausgestellt. Egal wir verrückt die Aussagen für unsere Alltagswelt auch klingen mögen.

8.3 Philosophische Auslegungen zur QM

Bei ART und bei QM kann nicht angegeben werden, warum wir diese Abbildung wählen müssen. Bei der ART ist der Gedanke von Einstein mit einer geometrischen Abbildung in der Raumzeit noch halbwegs „alltagstauglich“. Daher gibt hier weniger philosophische Streitpunkte zu besprechen. Das Hauptthema ist fast immer, wie die Raumzeit selbst zu verstehen ist. Im Jahre 2026 ist gerade die Diskussion, ist die Raumzeit fundamental oder emergent, ein aktuelles Thema.

Bei der QM ist das viel schwieriger, da die Anzahl der Themen viel größer ist. Das kommt daher, da die QM eine fast rein mathematische Entwicklung durchlaufen hat. Ein verständliches allgemeines Grundkonzept, wie eine geometrische Abbildung in der Raumzeit, gibt es hier nicht. Damit ist aus philosophischer Sicht alles in der QM „fragwürdig“. Es ist keine eindeutige logische Grundlage vorhanden. Dies führt dazu, dass es eine fast unüberschaubare Menge an „Auslegungen“ zur QM existieren. Als Beispiel nehmen wir hier die Kopenhagener Deutung der QM. Das ist bereits eine Sammlung von verschiedenen Auslegungen. Hier geht man so weit, dass ein Teilchen zwischen zwei Punkten keine Strecke/Pfad zugewiesen werden kann. Selbst die Existenz des Teilchens wird bis zu einer Messung nicht anerkannt.

Wir wollen dieses Dilemma auflösen. Wir werden zu allem in der QM eine Begründung abgeben. Gleich vorab: Die Kopenhagener Deutung müssen wir ablehnen. Tatsächlich ist die Beschreibung der QFT mit Pfadintegralen eine geeignete mathematische Abbildung auf Grundlage der DP. Die verschiedenen Pfade existieren und werden auch durchlaufen. Nur nicht in unserer Raumzeit.

8.4 Superposition mit der DP

Dann suchen wir mal nach einer möglichen Abbildung der Superposition in der DP. Wie immer haben wir nicht viele Möglichkeiten. Es wird bei fast allen Themen in der QM, auf einer Abbildung in einer niederdimensionalen Raumzeit hinauslaufen. Der Knackpunkt ist die Schnittstelle zwischen 3D und 2D. Wir erhalten für eine Raumzeitdichte immer zwei grundsätzlich verschiedene Darstellungen. Eine in 3D, nach ART und gleichzeitig unendlich viele Darstellungen in 2D, nach QM. Das bedeutet wir lösen die zwei unvereinbaren Darstellungen von ART und QM nicht in einer einzigen Darstellung auf. Diese „einzige“ Darstellung ist der eigentliche Wunsch bei einer Vereinigung von ART und QFT. Wir müssen diese zwei Darstellungen beibehalten und verbinden diese über die niederdimensionale Grenze. So wird es funktionieren.

8.4.1 Raumzeitdichte in 3D und in 2D

Zum Start haben wir erstmal das identische Problem wie ART zu QM. Eine Raumzeitdichte in unserer Raumzeit hat eine eindeutige Position. Das muss so sein, sonst funktioniert die ART nicht mehr. Dies bedeutet, das Elektron vor unserer Nase, welches wir in einer geraden Linie von uns weg beschleunigen wollen, macht auch genau das, was wir klassisch nach Newton von einem Teilchen erwarten würden. Es ist nicht links oder rechts, sondern in der Mitte mit einem geraden Impuls Richtung Ziel. Das hat im ersten Ansatz nichts mit einer QM zu tun. Das ist auch nur eine Seite der Medaille. Der Teil aus der Sicht unserer 3D Raumzeit.

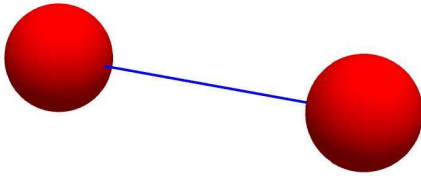
Auf die QM kommen wir, denn jedes 3D Raumzeitvolumen und eine Raumzeitdichte ist nichts anderes, hat immer unendlich viele 2D Raumzeiten zur Abbildung zur Verfügung. Eine Raumzeitdichte hat damit immer zwei gleichzeitig gültige Beschreibungen:

- Die Definition der Geometrie der n -dimensionalen Raumzeit. Das ist in unserer 3D Raumzeit die ART.
- Die Definitionen der Geometrie in unendlich vielen $(n-1)$ -dimensionalen Raumzeiten, die mit dem Volumen der n -dimensionalen Raumzeit verbunden sind, die QM.
- **Ausnahme:** Ist die Raumzeitdichte für die n -dimensionale Raumzeit zu groß, so geht diese in ein Schwarzes Loch über und damit in eine $(n+1)$ -dimensionale Raumzeit. Dann kann diese Raumzeitdichte keine Abbildung in einer $(n-1)$ -dimensionalen Raumzeit haben. Eine Raumzeitdichte kann nicht gleichzeitig in der höher- und in der niederdimensionalen Schnittstelle liegen. Die Raumzeitdichte ist bereits für unsere Raumzeit zu hoch, damit kann diese keine Abbildung in einer niederdimensionalen Raumzeit haben.

Mit den unendlich vielen niederdimensionalen Raumzeiten können wir von jedem beliebigen Punkt unserer Raumzeit mindestens eine Gerade in die Raumzeitdichte des Elektrons legen. Einfach aus diesem Gedanken heraus ist es möglich, jeden beliebigen Raumzeitpunkt in 3D über 2D zu erreichen. Eine Raumzeitdichte aus 3D kann damit einen Raumzeitpunkt auch abseits von seiner 3D Wegstrecke erreichen. Diese aber ausschließlich über 2D.

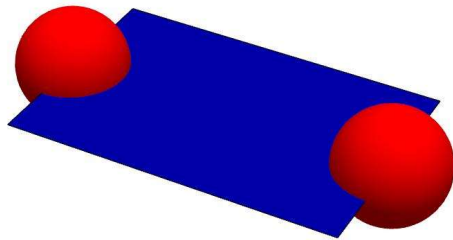
Wichtig: Wir haben über 2D unendlich viele Pfade, von einer Raumzeitdichte mit ihrem lokalen Volumen in 3D, zu jedem möglichen Raumzeitpunkt der 3D Raumzeit. Diese Pfade sind alle gleichzeitig in 3D vorhanden. Damit müssen sich diese in 3D gegenseitig beeinflussen. Wie dies genau passiert, kommt in den späteren Kapiteln zur Mathematik und stellt dann die Interferenz der Möglichkeiten dar. Die 3D Raumzeitdichte hat schon noch ein Wort mitzureden.

Abbildung 0-1: Elektronen mit einer Linie verbunden



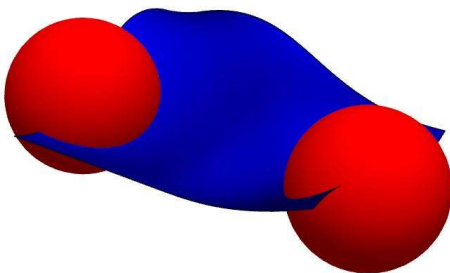
Die gerade Linie als Verbindung passt noch nicht. Unsere Raumzeit ist 3D, damit muss die Verbindung eine Fläche 2D sein. Wir kommen immer nur eine Raumdimension tiefer.

Abbildung 0-2: Elektronen mit einer Ebene verbunden



Das ist genau eine Möglichkeit der Verbindung. Wenn wir die Fläche zwischen den zwei Volumen um die Verbindungsline rotieren lassen, können wir unendlich viele 2D Raumzeiten zwischen dieser Strecke legen. Allein damit können wir bereits alle Raumzeitpunkte in unserer Raumzeit erreichen. Das ist aber noch zu wenig. Wer sagt denn, dass die 2D Raumzeit zwischen den Volumen gerade sein muss. Es gibt viel mehr Möglichkeiten die Punkte über eine extrinsisch gekrümmte 2D Raumzeit zu erreichen.

Abbildung 0-3: Elektronen mit einer gewellten Ebene verbunden



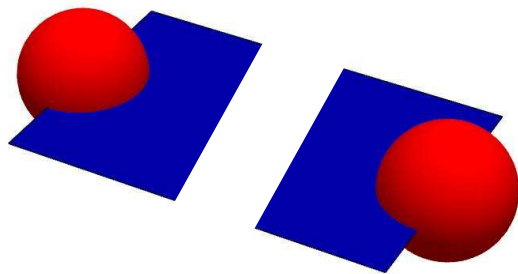
8.4.2 Verbindung über Raumzeiten

Allerdings gibt es dann doch eine wichtige Einschränkung. Für eine Verbindung haben wir nur eine „Sorte“ an Objekten zur Verfügung, Raumzeiten. Alle Felder der QFT und damit auch die möglichen Pfade, werden bei uns durch Raumzeiten aufgebaut. In der DP steht uns kein anderes Objekt zur Verfügung. Damit eine Raumzeit über die ART beschrieben werden kann, benötigt die Raumzeit bestimmte Eigenschaften. Die zwei grundlegenden Eigenschaften sind: Kontinuität und Differenzierbarkeit. Für die ART brauchen wir dann noch eine bestimmte „Sorte“ an Differenzierbarkeit, dies ist hier aber nicht relevant. Diese beiden Bedingungen werden in jeder beliebigen n-dimensionalen Raumzeit zwingend benötigt.

8.4.2.1 Kontinuität

Wir benötigen die Kontinuität, weil wir sonst andere Raumzeitgrenzen erhalten würden. Eine Raumzeit darf keine „Lücke“ haben. Weder in 3D noch in 2D, sonst gibt es evtl. auch keine Verbindung.

Abbildung 0-4: Elektronen mit einer Ebene mit Lücke ohne eine Verbindung



So darf es **nicht** aussehen.

In jeder Raumzeit hat die Abbildung einer Raumzeitdichte immer eine Verbindung zu jedem anderen Punkt in der Raumzeit. Nochmal zur Wiederholung:

- Die Raumzeit selbst ist eine Raumzeitdichte.
- Die Raumzeit ist kontinuierlich

Damit hat das Elektron bereits in 3D eine Verbindung zu jedem möglichen Raumzeitvolumen. Es gibt innerhalb einer Raumzeit keine Grenzen. Nur die Überbrückung der vom Impuls abweichenden Strecke geht nicht direkt in 3D. Für den geraden Weg brauchen wir keine Beschreibung über die QM.

Durch die 2D Raumzeiten hat das Elektron zusätzlich unendlich viele Pfade zu jedem beliebigen Raumzeitpunkt erhalten. Es dürfen aber nur diese Pfade gezählt werden, die durchgängig und damit kontinuierlich sind. Tatsächlich werden wir später beim Doppelspaltexperiment sehen, dass wir dieses Experiment nicht erklären können, wenn wir annehmen, dass ein Elektron von der Quelle zum Ziel (Detektorschirm) direkt ohne einen Pfad „springen“ kann. Dann würde es keine Rolle spielen, ob es ein Doppelspalt ist oder nicht. Ein echtes „beamen“, wie in Star Trek von Quelle zu Ziel geht hier auch nicht. Es müssen Pfade vorhanden sein. Die Regel ist aber, habe ich mindestens einen Pfad in 3D, so sind immer unendlich viele in 2D vorhanden.

8.4.2.2 Differenzierbarkeit

Die Differenzierbarkeit ist ein einfacher mathematischer Begriff. Am besten lässt sich dieser mit einer „runden und zusammenhängende Geometrie ohne Ecken und Kanten“ übersetzen. Hier sagt ein Bild tatsächlich mehr als 1000 Worte.

Abbildung 0-6: Ist eindeutig differenzierbar

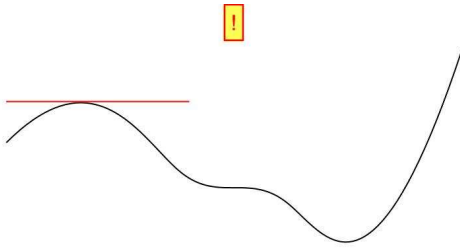


Abbildung 0-5: Eine Kante ist nicht eindeutig differenzierbar

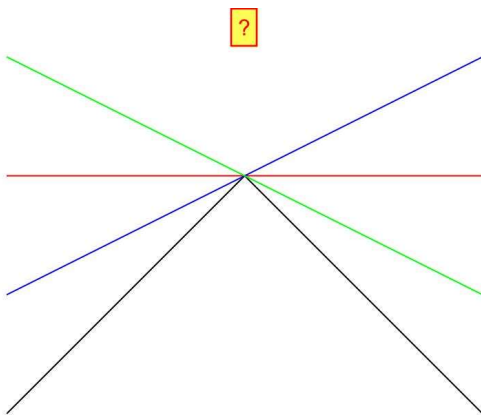
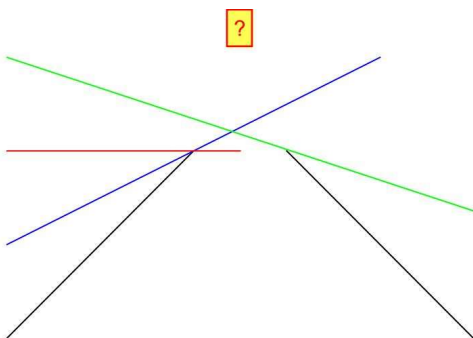


Abbildung 0-7: Eine Lücke ist nicht eindeutig differenzierbar



Wenn man von links und von rechts auf einen bestimmten Punkt einer Funktion zuläuft, dann muss man dort eine eindeutige Tangente anlegen können. Bei einer „runden“ Abbildung einer Funktion ist dies immer möglich. Bei der Funktion mit der Ecke oder Kante, geht dies nicht. Dort könnte man unendlich viele Tangenten anlegen. Genau dieser Punkt ist nicht differenzierbar. Unser Argument der Kontinuität spielt hier auch mit. Wenn es einen Sprung gibt, so könne wir an dem Sprung keine eindeutige Tangente anlegen. Soweit die einfache Mathematik.

Warum ist diese Differenzierbarkeit für uns so wichtig? Zur Erinnerung: Raumzeitdichte ist Energie, Geometrie und Bewegungszustand. Die Raumzeitdichte wird direkt in der Geometrie der Raumzeit abgebildet. Damit auch der Bewegungszustand. Die geometrische Abbildung eines Bewegungszustandes ist die Differenzierbarkeit.

Keine Differenzierbarkeit => kein Bewegungszustand => keine Raumzeitdichte => keine Raumzeit. Raumzeitdichte ist Raumzeit selbst. Mit einer nicht differenzierbaren Raumzeit könnten wir bei unserem Ansatz nichts anfangen.

Für die mathematische Abbildung wird diese Eigenschaft dann nochmal wichtig. Das hat Einfluss auf den Aufbau der Schrödingergleichung. In 3D gibt es in der Raumzeit Veränderungen, damit müssen wir zweifach Ableiten können. In 2D ist alles statisch. Dort reicht eine einfache Ableitung. Da wir nur „runde“ Abbildungen zulassen können, wird sich explizit eine Wellenbeschreibung anbieten. Die flache Raumzeit ist der Sonderfall. Dazu aber mehr im Kapitel zur Mathematik.

8.4.3 Überbrückung der Verbindung in unterschiedlichen Raumzeiten

Eine entscheidende Frage ist: Wie überbrücken wir den die Distanz in 2D? Die Antwort ist etwas anders, als wir es im ersten Schritt vermuten würden. In 3D, also der Raumzeit mit der Raumzeitdichte, ist der Impuls (gerichtete Raumzeitdichte) die Antwort. Selbst wenn für eine Strecke, in einer 2D oder 1D Raumzeit, eine bestimmte Zeit für die Überbrückung der Strecke benötigt wird, es geht keine Zeit über die Schnittstelle. Daher kann der Vorgang so lange dauern, wie er will. In unserer 3D Raumzeit wird jeder niederdimensionale Vorgang immer instantan passieren. Wir kennen nur die Zeit in unserer Raumzeit. Wir müssen für die QM aber speziell eine 2D Raumzeit benutzen. Dort sind alle Abbildung statisch. Das hatten wir schon bei der Kosmologie. Wie soll eine Abbildung, z.B. als Schwarzes Loch, in 2D die Strecke Überbrücken, wenn es keine Veränderung in der Raumzeit geben darf?

Wer hier mal 2 – 3 Minuten investieren will und selbst auf die Lösung kommt, hat die Grundidee zur DP verstanden.

Das Schwarze Loch oder die extrinsische Raumzeitkrümmung in 2D muss die Strecke gar nicht überbrücken. Nochmal, jede n-dimensionale Raumzeitdichte ist die n-dimensionale Raumzeit selbst. Wenn die 2D Raumzeit Ziel und Quelle in 3D verbindet, dann ist bereits alles zur Überbrückung mit einer Raumzeitdichte vorhanden. Eine Raumzeit und damit eine Raumzeitdichte in 2D verbindet in 3D die Orte, einfach nur durch ihre Existenz. Das die 2D Raumzeit selbst eine extrinsische Verformung besitzt oder eine intrinsische Verformung als Schwarzes Loch hat, spielt für die Verbindung keine Rolle. Die Verbindung/Raumzeit bildet mit diesen Verformungen nur die Eigenschaften der Teilchen ab. Die Existenz der Teilchen ist aber die Raumzeit selbst. Wo diese Eigenschaften auf der „Strecke“ liegen ist egal. Wir können aus dem niederdimensionalen keine geometrische Größe wie Strecke/Länge usw. erkennen.

Wichtig sind nur zwei Eigenschaften.

- Die Strecke in 3D wird über die Existenz einer kontinuierlichen und differenzierbaren 2D Raumzeit überbrückt
- Die 2D Raumzeit hat eine extrinsische Verformung oder ein Schwarzes Loch, sonst können wird diese in 3D nicht wahrnehmen

Das bedeutet, dass gerade in den ersten Bildern eingezeichnete flache 2D Raumzeit ohne eine Schwarzes Loch von 3D nicht erkannt werden kann. Dazu später beim Standardmodell mehr.

Aus dieser Überbrückung einer Strecke in 2D können wir aber eine Forderung an die QM stellen. Alle erkennbaren Wechselwirkungen aus 2D in 3D müssen immer und ohne Ausnahme instantan erfolgen. Wenn eine Wechselwirkung eine Verzögerung hat, so stammt dieser Teil immer aus unserer Raumzeit. Wir werden dies bei der Verschränkung nochmals aufgreifen.

8.5 Energie über die dimensionale Grenze

Wenn wir von einer einzigen Raumzeitdichte in 3D unendlich viele Abbildung als Raumzeitdichte in 2D erhalten, haben wir dann nicht die wundersame Energievermehrung? Nein, zum Glück nicht. In der DP bleibt die Energieerhaltung weiterhin gültig. Allerdings nur separat je Raumzeit.

Tatsächlich ist dieses Thema nicht so leicht zu beantworten, es hat viele unterschiedliche Facetten. Das ist die Beschreibung der Schnittstelle zwischen 3D und 2D. Genau dies ist der gesamte Teil 3. Daher teilen wir das in zwei Bereiche auf. Für den ersten Bereich, die Angabe der Energie, gibt es in diesen Abschnitt die Antwort. Für alle andern offenen Fragen dazu und dies sind einige, werden wir dies in den jeweiligen Abschnitten in Teil 3 erklären.

Die Energie kann über die dimensionale Grenze hinweg nicht übertrage werden, da keine Zeit übertragen werden kann. Energie ist nur in Zusammenhang mit einer Angabe von Zeit erklärbar. Daher kommt:

- $E = mc^2$
- $[E] = [\frac{kg \cdot m^2}{s^2}]$ als Maßeinheiten

Raumzeitdichte = Energie = Raumzeitgeometrie = Bewegungszustand. Eine Angabe ohne Zeit ist keine vollständige Abbildung in der Raumzeitgeometrie oder des Bewegungszustandes. Ohne Zeit keine Energie. Damit wird von 3D auf 2D, aus der Sicht von 3D, keine Energie übertragen. In 3D bleibt die Raumzeitdichte genau das, was diese ist. Die Raumzeitdichte in 3D gibt keine Energie in eine 2D Raumzeit ab.

Wie sieht es in 2D aus? Da wird doch eine Raumzeitdichte abgebildet und damit auch Energie. Ja, das ist so. Aber die Energie existiert nur begrenzt in dieser Raumzeit, als zusätzliche Abbildung zur 3D Raumzeitdichte. Die Abbildung in 3D und in 2D gehen auf die identische Energie zurück, ohne das 3D an 2D Energie abgeben muss. Damit kann dieses Prinzip unendlich oft angewendet werden. Allein schon die Existenz einer 2D Raumzeit ist eine Raumzeitdichte und damit eine Energie. Nur zählt diese gar nicht in 3D als Energie. Dazu muss die 2D Abbildung die Grenze zu 3D überbrücken und geht damit über die Quantisierung als Wirkung in 3D ein und nicht direkt als Energie. Das beschreiben wir genauer in der Quantisierung. Wie die einzelnen Abbildungen in 2D aussehen, schauen wir uns dann beim Standardmodell genauer an.

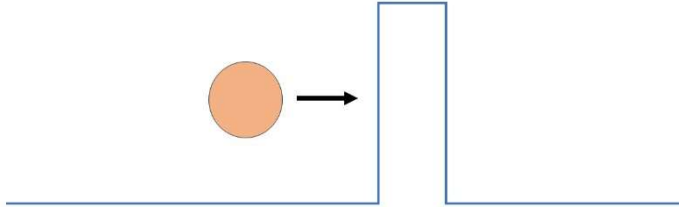
Damit könnten wir bei der Superposition doch schon fertig sein? Die Superposition ergibt sich, da wir unendlich viele 2D Abbildungen gleichzeitig haben. Wobei das Wort „gleichzeitig“ hier mit Vorsicht zu genießen ist. In der QM gibt es genauso wie in der Relativitätstheorie keine Gleichzeitigkeit mehr. In der Relativitätstheorie wegen der maximalen Lichtgeschwindigkeit. Bei der QM gibt es zwischen den verschiedenen Raumzeiten noch nicht einmal einen zeitlichen Bezug. Das wird dann später wichtig, wenn wir das Doppelspaltexperiment besprechen. Gleich vorab, da wird niemals etwas rückwärts in der Zeit verändert. Es gibt kein vorwärts oder rückwärts zwischen den Raumzeiten.

Es gibt aber noch einen zweiten Aspekt zur Superposition der hier wichtig ist. Die Superposition gibt es auch bei Eigenschaften, die nicht den Ort betreffen. Wenn wir überall und in allen Eigenschaften eine Superposition haben wollen, dann muss auch die einzelne 2D Abbildung eine spezielle Geometrie haben. Um dem Beispiel mit dem Ort treu zu bleiben, beschreiben wir dies an einen Effekt, denn es nur in der QM gibt, den Tunneleffekt.

8.6 Tunneleffekt

Die Besonderheit in der geometrischen Abbildung in einer einzelnen 2D Raumzeit wird sehr schön durch den Tunneleffekt beschrieben. Wir nehmen wieder unser Elektron, dass wir in gerader Linie von uns wegschießen. Diesem Elektron stellen wir ein Hindernis in den Weg. Dabei braucht das Hindernis keine Struktur aus Ruhemasse zu sein, wie z.B. eine dünne Wand. Es reicht auch ein starkes elektrisches Feld, durch das ein geladenes Teilchen nicht kommen darf.

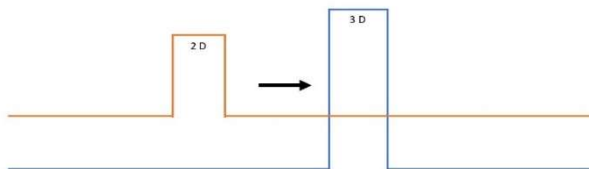
Abbildung 0-8: Ein Elektron vor der Barriere



Unsere Erwartung ist, dass das Elektron es nicht durch die Wand schafft. So auch die Beschreibung der klassischen Physik. In der QM darf das Elektron, wenn auch nur mit geringer Wahrscheinlichkeit, durch das Hindernis hindurch auf die andere Seite kommen. Der Grund sollte uns nun klar sein.

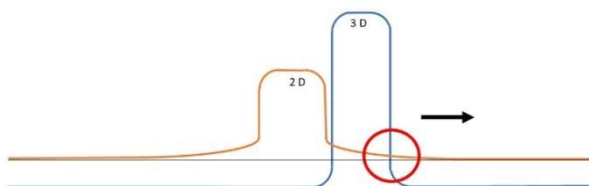
Wir bilden einfach alles als Geometrie in kontinuierlichen und differenzierbaren Raumzeiten ab. Daraus folgt, dass eine „digitale“ Abbildung, obwohl wir von einer Quantenmechanik sprechen, nicht möglich ist. Die Raumzeitdichte des Elektrons wie auch des Hindernisses dürfen **nicht** wie folgt aussehen.

Abbildung 0-9: Digitale Beschreibung als Raumzeiten



Beide Objekte sehen in 3D wie auch in 2D immer so aus.

Abbildung 0-10: Differenzierbare Abbildungen in Raumzeiten



Damit hat diese Wellenabbildung immer die zwei, für das Tunneln, wichtigsten Eigenschaften.

- Es gibt keine Ecke und damit keinen Abbruch der geometrischen Abbildung.
- Die geometrische Abbildung ist in der Raumzeit selbst und damit immer so groß wie die Raumzeit. Das ist für uns unendlich.

Wenn man so will, ist die Bezeichnung Quantenmechanik aus dem Blickwinkel der geometrischen Abbildungen vollkommen falsch gewählt. Die Abbildung darf nicht quantisiert sein. Wir erzeugen immer eine mögliche Überschneidung der geometrischen Abbildungen. Das ist der rote Kreis und dieser liegt hinter dem Hindernis. Wie wir das Elektron dort messen, machen wir später. Wechselwirkung und Messung besprechen wir in einem separaten Kapitel.

Die Überbrückung der Strecke kann aber nur in 2D erfolgen. In 3D blockt das Hindernis die Raumzeitdichte ab. So ist der Versuchsaufbau. Damit können wir fordern, dass der Tunneleffekt immer instantan passieren muss. Zusätzlich müssen der Tunneleffekt und die Superposition für alle Eigenschaften eines Teilchens vorhanden sein. Wir bilden alles über die Geometrie der Raumzeit ab. Damit treten die Superposition und der Tunneleffekt nicht nur bei Impuls oder Ort auf. Hier können wir es aber sehr anschaulich darstellbar. Wie wir später im Kapitel zur Mathematik der QM sehen werden, ist die kontinuierliche und differenzierbare Raumzeit der Grund für die Wellenbeschreibungen.

8.7 Zusammenfassung und Lokalität

Die Superposition kommt daher, dass wir unendlich vielen niederdimensionalen Abbildungen haben, welche sich gegenseitig in 3D bedingen. Jede einzelne Abbildung steht für sich in 2D. In 3D liegen aber alle Abbildungen zusammen. Daher ergibt sich nicht die Lösung L, M und R einzeln, sondern auch $L+M+R$ zusammen in 3D. Unsere Messung passiert immer in 3D. Daher darf bis zur Messung das Verhalten einer Superposition vorhanden sein. Danach nicht mehr.

Das große Problem der Lokalität gibt es in der DP gar nicht. In jeder n-dimensionalen Raumzeit ist die Raumzeitdichte immer lokal. In 2D sind unendlich viele Abbildung gleichzeitig in 3D vorhanden. Damit darf in der QM kein lokales Verhalten vorhanden sein. Lokal und nicht lokal sind nur die verschiedenen „dimensionalen Ausprägungen“ einer einzelnen Raumzeitdichte. Zum Problem wird dies nur, wenn wir beide Seiten der Medaille in einer einzigen Raumzeit abbilden wollen. Das ist aber laut DP nicht möglich. In der DP ist die Fragestellung zur Lokalität in einer Raumzeit bereits als Frage falsch.

Tatsächlich gibt es ein Objekt, dass bereits in 3D ohne 2D ein eindeutiges lokales Verhalten aufweist, das Schwarze Loch. Da die Raumzeitdichte im Zentrum des Schwarzen Loches keine niederdimensionale Abbildung haben kann, gibt es hier keine Superposition und damit kein nicht lokales Verhalten. Dies kann man auch an der Hawking-Strahlung erkennen. Würde das Schwarze Loch und damit der Ereignishorizont keine eindeutige Position in unserer Raumzeit haben, so könnte sich keine Hawking-Strahlung bilden. Da sich die einfallenden wie auch entkommenden Teilchen, bei einer schwankenden Grenze, statistisch ausgleichen würden. Hawking-Strahlung funktioniert nur, wenn der ART-Teil der Gleichung lokal bleibt und die Quantenfluktuationen es nicht sind. Dieses Verhalten lässt sich nur erklären, wenn das Schwarze Loch mit seinem Ereignishorizont keine quantenmechanische Abbildung hat.

9 Unschärfe

Nach der Superposition sollten doch eigentlich die Verschränkung und die Wahrscheinlichkeit kommen, da beide nur über das Konzept der Superposition zu verstehen sind. Das ist erstmal richtig. Wir werden aber zuerst die Grundelemente der QM besprechen. Damit das Konzept für die gesamte QM früh erkennbar ist. Die jeweiligen weiteren Ableitungen aus diesen Grundelementen kommen dann später. Es ist ein beliebter Streitpunkt in der QM, ob die Superposition oder die Unschärfe das entscheidende „Grundelement“ der QM ist. Oft wird argumentiert, dass durch die Superposition (nicht lokal) eine Unschärfe gegeben ist oder umgekehrt. Wir verfolgen hier einen anderen Aufbau. Aus der Sicht der DP hat die QM 4 Kernelemente:

1. Quantisierung: Diese wurde schon im Kapitel 3 (Grenzen der Raumzeit) erklärt. Wir müssen diese, für ein voll umfängliches Verständnis um einige Punkte der QM erweitern. Dazu müssen wir aber erst die neuen Punkte besprochen haben. Damit ist die Quantisierung von unserer 5 Themen der letzte Punkt.
2. Superposition: Der Ansatz zur Superposition ist in der DP eine neue Idee und für einen sehr großen Teil weiterer Phänomene in der QM verantwortlich. Daher ist dieser Punkt als erstes gekommen. Alles weitere sind nur Verfeinerungen oder Ableitungen aus diesem Ansatz.
3. Unschärfe: Die Unschärfe können wir separat vorab besprechen, da diese ein für sich geschlossenes Thema ohne weitere Ableitung ist, obwohl dies ein Grundelement der QM ist. Die Unschärfe hat, in unserem Ansatz, nichts und wirklich gar nichts mit der Superposition oder einer Ableitung daraus zu tun. Diese kommt direkt aus der Idee der Raumzeitdichte.
4. Aufbau der Elementarteilchen: Wenn alle diese Themen bekannt und am Doppelspaltexperiment verprobt sind können wir uns um den Aufbau der Elementarteilchen und den Wechselwirkungen zuwenden. Dort dreht sich dann alles um die Feinheiten der möglichen niederdimensionalen Geometrien.

Daher werden wir die Unschärfe einmal durchexerzieren. Dann haben wir bereits hier schon alle Grundelemente der QM besprochen. Der Aufbau der Elementarteilchen und die Wechselwirkungen können dann mit einer kleinen zusätzlichen Idee hergeleitet werden. Da wird uns wie immer die Geometrie führen.

9.1 Erklärung Unschärfe

Wir starten erstmal mit einer Erklärung zur Unschärfe. Die Unschärfe ist nicht in der Grundlage der verwendeten Mathematik eingebaut wie bei der Superposition. Diese ergibt sich tatsächlich erst durch den Lösungsansatz, z.B. über die Schrödingergleichung. Die Unschärfe wurde rein mathematisch gefunden. Daher hat sich die Interpretation der Unschärfe mit der Zeit geändert. Aber jetzt ein Schritt nach dem anderen.

Der offizielle Name ist die Heisenbergsche Unschärferelation. Gefunden hat diese Werner Heisenberg im Jahre 1927. Diese konnte erst nach der Schrödingergleichung (1926) kommen und musste auch gefunden werden. Die Unschärferelation wurde nicht wie die Superposition in der grundsätzlichen mathematischen Beschreibung eingebaut. Diese hat sich nachträglich gezeigt.

Heisenberg hat nicht die heute übliche exakte Formulierung gefunden. Seine Beschreibung war noch:

$$\Delta p * \Delta x \approx h$$

Um die Formel zu erklären, erklären wir den offiziellen Namen.

Der Teil „Heisenbergsche“ kommt klar von Heisenberg. Die heutige Formulierung, die wir im Folgenden auch benutzen werden, ist bereits wenige Monate später von Earle Hesse Kennard gefunden worden. Dies ist aber das gleiche Prinzip, wie bei den Maxwell-Gleichungen der Elektrodynamik. Er hat die Grundidee entwickelt und diese tragen seinen Namen, auch wenn er die heutige Formulierung mit 4 sehr kurzen Gleichungen zu seinen Lebzeiten nie gesehen hat. Daher passt der Teil „Heisenbergsche“ für mich.

Der Teil „Relation“ kommt von dem mathematischen Zeichen \approx . Heisenberg hat keine Gleichung aufgestellt, sondern nur eine Relation. Die Beziehung zwischen x und p ist klar und auch die Größenordnung. Es ist aber keine exakte Gleichung. Daher eine Relation. Später ist es eine Ungleichung geworden. Der etwas ungenauere Begriff Relation ist hier gut genug, der passt.

Der Teil „Unschärfe“ ist etwas schwieriger. Da brauchen wir mehrere neue Abschnitte.

9.1.1 Unschärfe zum Ersten

Klären wir was unter einer Unschärfe zu verstehen ist. Das Zeichen Δ beim p oder beim x ist nicht der gemessene Wert für den Impuls oder den Ort. Mit Δp ist die Abweichung von Mittelwert des Impulses aus vielen Messungen gemeint. Diese Standardabweichung hat in der Mathematik das Zeichen σ . Tatsächlich hat Kennard für die exakte Formulierung dies auch so gewählt:

$$\sigma_p * \sigma_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

Warum auch immer, hat sich die aus meiner Sicht irreführende Schreibweise mit dem Δ durchgesetzt. Damit ist nun die Bezeichnung „Unschärfe“ geklärt. Es geht in dieser Ungleichung immer um die Abweichung vom Mittelwert und nicht um den Messwert selbst. Die Ungleichung macht eine Aussage wie nahe dran oder weit weg ist man vom Mittelwert, damit eine Unschärfe.

9.1.2 Unschärfe zum Zweiten

Bei der physikalischen Interpretation hat man am Anfang auf das falsche Pferd gesetzt. Woher soll den die Unschärfe kommen? In der klassischen Mechanik gab es dieses Konzept nicht. Dort konnte man rein theoretisch, eine Messung bis zur absoluten Exaktheit durchführen. In der QM ist bei ungefähr h das Ende der Genauigkeit erreicht. Das ist die Aussage der Ungleichung. Daher ist man auf die Idee gekommen, dass diese Unschärfe etwas mit der Wechselwirkung beim Messprozess zu tun hat. Das Zeichen h steht für eine Wirkung. Bei der Relation geht es um eine gleichzeitige Messung von Ort und Impuls. Um etwas messen zu können brauchen wir eine Wechselwirkung. Wenn wir nun den Ort eines Teilchens messen wollen, dann durch eine Wechselwirkung mit z.B. einem Photon. Das Photon hat aber einen Impuls, der auf das Teilchen übertragen wird. Damit ist der Wert vom Impuls bei dieser Messung verändert.

Diese Idee hat sich lange gehalten. Zum Glück hört man davon nur noch im historischen Kontext. In der heutigen Interpretation geht man davon aus, dass wir für die Unschärfe keine Wechselwirkung benötigen. Diese ist grundsätzlich vorhanden. Es kommt nur auf die mögliche Kombination der Messgrößen an.

9.1.3 Unschärfe zum Dritten

Die Unschärfe ist eine Abweichung von einem Mittelwert bei einer Messung. Um einen Mittelwert bilden zu können, benötigen wir mindestens zwei Messwerte. Was für eine Aussage trifft dann die Unschärfe für ein einzelnes Teilchen oder eine einzelne Messung? Klare Ansage, keine Aussage möglich. Die Unschärfe ist in dieser Herleitung eine rein statistische Aussage. Bei einer einzelnen Messung ist die Abweichung genau null und die Relation ist verletzt.

Ab hier wird es komisch. Sobald ich viele Messungen mache, muss sich jeder einzelne Messwert an die Unschärfe halten. Wenn ich eine einzelne Messung mache, ist dies nicht relevant. Viele Messungen bestehen aber aus einzelnen Messungen. Also was den jetzt?

Tatsächlich ist dies eine offene Interpretationsfrage in der QM. Da gibt es zwei Auslegungen:

- Statistische Aussage: Hier bleibt man stur bei der mathematischen Interpretation. Was innerhalb der QM oft eine gute Idee ist. Zu einer einzelnen Messung gibt es keine Aussage. Die Unschärferelation gilt nur für viele Messungen und ist damit an einer Messreihe gebunden.
- Grundlegendes Element der QM: Die Unschärferelation ist bei jedem einzelnen Teilchen als grundsätzliches Verhalten gegeben, selbst wenn man keine Messung durchführt

Wir werden später eine Mischung aus beiden bekommen. Wenn man Anhänger der Kopenhagener Deutung ist, dann sind beide Positionen nicht so weit auseinander. Ein Teilchen existiert dort nur bei einer Messung. Es bleibt nur das Problem mit einer oder vielen Messungen.

9.1.4 Unschärfe zum Vierten

Bei der Unschärfe gibt es leider auch einiges an „Folklore“ zu dem Thema. Das sind dann Sprüche, die jedem bekannt sind. Beispiel: „Wenn ich den Ort immer genauer bestimmen, dann wird der Impuls immer ungenauer und umgekehrt. Ist der Ort exakt bestimmt, dann ist der Impuls vollständig unbestimmt.“ Sprüche dieser Art geistern einige durch die Köpfe. Leider ist die Aussage beim Beispiel falsch. Hier hat man den Sachverhalt so weit vereinfacht, dass die Aussage falsch wird. Ein Fehler, der mir leider selbst mehr als einmal passiert ist. Mathematik hat eindeutig Vorteile.

Selbstverständlich können wir laut der QM den Impuls und den Ort von einem Teilchen gleichzeitig zu 100% exakt messen. Dazu müssen wir nur den Impuls in eine Richtung messen und den Ort in einer anderen Richtung. Die Unschärferelation gilt bei Impuls und Ort nur, wenn wir beides in der identischen Richtung gemessen wird. Hier ist die Unschärferelation abhängig von der Richtung der Messung.

Damit nicht genug, es gibt Messgrößen, wo die Unschärfe gar nicht relevant ist. Das passiert nur bei bestimmten Kombinationen. Dazu verwendet man in der QM den mathematischen Ausdruck des Kommutators. Das ist ausgeschrieben:

$$[\hat{A}, \hat{E}] = \hat{A}\hat{E} - \hat{E}\hat{A}$$

Bei normalen Zahlen kommt da immer null raus und die Unschärfe gibt es nicht. In der QM sind aber Observablen gemeint. Das sind beobachtbare Größen. Das sind dann keine Zahlen, sondern „selbst adjungierte lineare Operatoren“. Da kommt evtl. keine null raus. Das passiert, wenn wir $\hat{A} = p$ und $\hat{E} = x$ setzen. Tatsächlich ist es noch etwas komplizierter, da die Wellenfunktion auch noch mit reinspielt. So genau brauchen wir dies hier aber nicht.

Hier hören wir mit der Erklärung der Unschärferelation besser auf. Wir sehen, dass es verschiedene Kombinationen von den Messgrößen mit unterschiedlichen Verhalten gibt:

- Keine Unschärferelation
- Unschärferelation uneingeschränkt gültig
- Unschärferelation mit Einschränkung, wie in unserem Beispiel die Richtung

Wie immer in der QM gibt es dazu keine physikalische/logische Erklärung. Das steckt in der Mathematik mit den Kommutatoren. Tatsächlich kommt die Unschärferelation bei verschiedenen mathematischen Betrachtungen zustande. Daher können wir dies als mathematisch sehr gut abgesichert ansehen. Das ist uns zu wenig. Schauen wir mal, ob wir da eine logische Erklärung finden.

9.2 Heisenberg und die niederdimensionale Grenze

Versuchen wir das, was wir haben auf die DP anzuwenden. Wir bleiben beim Beispiel mit Impuls und Ort. Wir wiederholen die Formel von Heisenberg:

$$\Delta p * \Delta x \approx h$$

In dieser Form sieht man den Zusammenhang noch nicht gut. Daher schreiben wir mal nur die Maßeinheiten auf der linken Seite dazu:

$$\Delta p[m * v] * \Delta x[l] \approx h$$

Da steht $[Masse * Geschwindigkeit] * [Länge] \approx h$. Das Zauberwort, um das Rätsel zu lösen heißt Planck. Es geht bei der Unschärfe immer noch um eine Messung in unserer Raumzeit. Dann setzen wir doch mal die charakteristischen Planck-Werte für unsere Raumzeit in die Relation ein:

$$(m_p * c) * l_p \approx h$$

Dann dürften wir aus dem \approx sogar ein $=$ machen. Das ist unsere Definition von h über die niederdimensionale Grenze.

Wir erzeugen damit folgende Forderung: **In der Gravitation darf es keine Unschärfe geben.** Die Unschärfe bedingt eine Wechselwirkung. Damit hängt diese an einer Wechselwirkung über die niederdimensionale Grenze. Die Wechselwirkung bedingt eine Unschärfe und nicht der Zustand. Damit haben wir mit unserem Modell eine 3D Raumzeitdichte mit unendlich vielen 2D Ausprägungen kein Problem mehr mit der Unschärfe. Gravitation und Unschärfe bedingen sich gegenseitig nicht, da es in einem Zustand in 3D keine Unschärfe gibt.

Damit gehen wir auf die Interpretation, dass die Unschärfe nur im Messprozess auftaucht. Der Zustand spielt keine Rolle.

Jetzt dürfen wir uns von der Formel für die Definition von h nicht ablenken lassen. Wir haben auf der linken Seite zwei getrennte Abweichungen von zwei Messwerten und nicht eine Abweichung von h . Wir prüfen, ob die Planck-Werte hier überhaupt einen Sinn ergeben.

Die kleinste Wirkung in unserer Raumzeit ist h . Damit sollte eine Abweichung, die zusammengenommen eine Wirkung ergibt die Formel eher so aussehen:

$$(m_p * c) * l_p \geq h$$

Wir kommen nicht unter ein h . In der exakten Formel ist beim h aber ein 4π im Nenner. Damit kommen wir unter ein h in der Wirkung. Das sieht nach einem Fehler aus. Wenn wir der reinen statistischen Interpretation folgen, haben wir kein Problem. Rein mathematisch kann es für eine Abweichung von einem Mittelwert Werte geben, die es bei der einzelnen Messung nicht gibt. Beispiel: Die mittlere Anzahl der Augen auf einem Würfel ist 3,5. Den Wert finden wir auf dem Würfel nicht. Hier ist bereits der Mittelwert bei einer einzelnen Messung nicht möglich. Mit der Abweichung das Gleiche. Wir wollen aber auch eine Logik je einzelne Messung haben. Dann kommen wir mit dem rein mathematischen Argument nicht weiter.

Wir brauchen zur Abbildung einer Raumzeitdichte immer eine Länge. Eine Wirkung verändert die Raumzeitdichte. Damit muss immer eine Länge beteiligt sein. Eine Länge ist in einer Wechselwirkung nicht auf l_p genau messbar. Wenn wir bei einem Messprozess und damit auch bei der Abweichung auf eine Planck-Länge kommen wollen, erzeugen wir ein Schwarzes Loch in 3D, das wiederum keine 2D Abbildung besitzt und damit nichts mit der QM zu tun hat.

Tatsächlich müssen wir daher bei der Planck-Länge eine 2 multiplizieren. Wir kommen damit auf die kleinste mögliche Abweichung. Diese nehmen wir auf die andere Seite und haben dann:

$$(m_p * c) * l_p \geq \frac{1}{2} h$$

Das sieht schon besser aus. Diese $\frac{1}{2}$ müssen damit immer auftreten. Fehlen uns noch 2π . Das Problem kennen wir schon. Bei der Proportionalitätskonstante k in der Feldgleichung von Einstein waren es noch 8π . Da war es $4 * 2\pi$. Je Raumzeitrichtung 2π . Hier haben wir nur eine Richtung und es fehlen 2π .

Es fehlt aber noch ein echter Grund für die Unschärfe. Besonders der Grund, warum es diese nur bedingt existiert und nicht immer gültig ist. Bei der bisherigen Argumentation müsste diese immer gültig sein.

9.3 Unschärfe in der Raumzeitdichte

Die Unschärfe lässt sich logisch sehr einfach erklären. Wir müssen auf unseren ersten Ansatz zurück. Alle Energieformen sind eine Abbildung als Raumzeitdichte in der Geometrie der Raumzeit. Die Unschärfe selbst ist bereits in der Raumzeitdichte mit definiert.

Das Grundproblem bei einer Messung ist, dass wir Messgrößen kombinieren, welche in der Raumzeitdichte die identische Größe messen. Belieben wir beim Beispiel mit Ort und Impuls.

Wollen wir den Ort in x-Richtung exakt messen, dann schränken wir damit die mögliche Länge in dieser Richtung ein. Nichts anderes ist eine Ortsmessung. Wenn wir nun aber noch den Impuls messen wollen, dann brauchen wir viel Länge. Der Impuls ist eine Raumzeitdichte zu seiner Umgebung. Wenn ich die Länge der Raumzeitdichte messe, dann hat diese in der Raumzeitdichte für sich keinen Impuls. Diesen bekommen wir nur, wenn wir diese Definition der Raumzeitdichte mit der umgebenden Raumzeitdichte vergleichen können. Wenn wir den Ort exakt messen, dann haben wir für den Impuls keine „umgebende“ Raumzeit mehr um den Impuls bestimmen zu können. Wollen wir den Impuls exakt bestimmen, dann brauchen wir für den exaktesten Wert die gesamte Länge der x-Richtung. Dann ist die Ortsangabe unbestimmt. Da wir das identische Objekt messen, schließt eine bestimmte Messung die Grundlage für die andere Messung aus. Daher haben wir kein Problem bei einer Orts- und Impulsmessung in unterschiedlichen Richtungen oder von unterschiedlichen Objekten.

Die Unschärfe funktioniert auch, wenn wir das identische Objekt mit unterschiedlichen Methoden messen. Als Beispiel hier nehmen wir die Unschärfe von Zeit und Energie. Dann bekommt diese Unschärfe allerdings einen etwas anderen Charakter. Das kommt daher, dass die eine Messung (Zeit) nicht die andere Messung (Energie) beeinträchtigt, sondern dass eine längere Zeitmessung identisch ist mit einer genaueren Energiemessung ist. Energie ist die Raumzeitgeometrie. Diese gibt aber bereits über die Längenkontraktion die „Entfernung“ zur Raumzeitgrenze an. Die Zeit ist exakt die gleiche Messung. Messe wir die Zeit, so messen wir die Energie.

Dass die Unschärfe nicht ein nur an der Quantenmechanik hängen kann, kommt auch aus der Mathematik. Wir können zwischen der Impuls- und der Ortsdarstellung der Beschreibung wechseln. Das wird über eine Fourier-Transformation gemacht. Diese Transformation beinhaltet bereits eine Form der Unschärfe zwischen den Darstellungen. Daher muss die Unschärfe aus der gemeinsamen Betrachtung eines identischen Objektes stammen.

Damit ist die Unschärfe für unsere Zwecke exakt genug beschrieben. Wichtig für uns ist, dass die Unschärfe bereits in der Definition der Raumzeitdichte steckt und nur über die Raumzeitgrenze, mit der Wirkung h , mit der QM verbunden ist. Die Unschärfe selbst ergibt sich aber nicht aus der QM.

10 Verschränkung

Machen wir mit der Verschränkung weiter. Diese Eigenschaft ist die am schlechtesten verstandene Zutat der gesamten QM. Über die Superposition oder die Unschärfe wird nicht so viel und nicht so kontrovers diskutiert wie über die Verschränkung. In der DP werden wir die Verschränkung sehr leicht erklären können. Ohne den Ansatz aus der DP heraus, lässt sich dazu logisch keine vernünftige Erklärung finden. Starten wir wieder mit einer Erklärung zur Verschränkung.

10.1 Erklärung Verschränkung

Die Verschränkung ist wie die Unschärfe aus mathematischen Untersuchungen der QM entstanden. Zur Erklärung des Wasserstoffatoms oder des Doppelspalt hätte es im ersten Schritt keine Verschränkung benötigt. Diese musste nicht wie die Superposition bereits in das mathematische Modell mit eingebaut werden. Das hat sich erst im Nachgang gezeigt.

Bei der Verschränkung kommt eine zusätzliche wichtige Eigenschaft. Diese gilt erst für mehr als ein Teilchen. Superposition und auch die Unschärfe sind für uns schon bei einem einzelnen Teilchen gegeben. Die Verschränkung macht tatsächlich erst ab zwei Teilchen Sinn. Sie koppelt aus Sicht der QM mindestens zwei Teilchen vollständig zusammen. Vollständig, da die getrennten Teilchen mit einer einzigen Wellenfunktion beschrieben werden. Wenn man so will, sind diese Teilchen in der QM gar nicht getrennt. Damit fangen die Probleme beim Verständnis an.

Als Beispiel nehmen wir wieder mal ein Elektron. Jetzt aber zwei Elektronen, die verschränkt sind. Machen wir bei einem Elektron die Messung Spin up, dann muss das andere Elektron zwingend den Spin down haben. Das Ganze passiert instantan und unabhängig von der Entfernung der beiden Elektronen. Wichtig ist, dass nicht ein Elektron von Beginn ab Spin up hatte und das andere Spin down hatte. Auch für verschränkte Elektronen gilt das Superpositionsprinzip. Jedes Elektron trägt beide Spins bis zur Messung. Das Elektron welches als erstes gemessen wird, erzeugt damit den exakten Spin für beide Elektronen. Wie gesagt, instantan über eine beliebige Entfernung hinweg. Müssen dann die Elektronen nicht eine Information über die Messung austauschen? Ich bin als Spin up gemessen worden, dann musst du ein Spin down sein. Genau dieser „Informationsaustausch“ ist das Problem im Verständnis der Verschränkung. Der müsste dann mit Überlichtgeschwindigkeit erfolgen. Laut der QM mit einer unendlich schnellen Informationsübertragung.

Die verschiedenen Diskussionspunkte dazu wie Bell, ERP, versteckte Variablen usw. rollen wir hier nicht auf. Hier ist auch ein Punkt, wo ART und QM nicht wirklich zusammenpassen. Obwohl Einstein die QM mit aus der Taufe gehoben hat, konnte er an diesem Punkt der Theorie nicht mehr folgen. Eine Wirkung zwischen zwei Teilchen mit Überlichtgeschwindigkeit ist nun mal gegen jede Grundlage von SRT und ART. Das war als spukhafte Fernwirkung bezeichnet.

10.2 Die Rettung, welche alles verschlimmert

Damit zeigt die Verschränkung, dass die Annahme der SRT und ART falsch ist, oder etwas nicht? Klares Ja und Nein! Es hat sich sehr schnell gezeigt, dass bei ausschließlicher Verwendung der Verschränkung ohne einen zusätzlichen Informationskanal keine verwertbare Information übertragbar ist. Die Wirkung auf die Elektronen mit Spin up und Spin down wird instantan entgegen der Annahme der ART übertragen. In der ART (wie diese ohne die DP verstanden wird) ist aber definiert, dass keine Information schneller als das Licht übertragen werden kann. Da wir bei einer für uns verwertbaren Information einen zweiten Kanal benötigen, der sich an die Lichtgeschwindigkeit hält, ist laut ART wieder alles in Butter. So die gängige Lehrmeinung.

Meiner Meinung nach hat diese Auslegung die eigentliche Lösungssuche eher verhindert. Das Problem ist nicht gelöst worden. Die Lösung war, es mit dieser Auslegung allen recht zu machen, ohne einen Konflikt zwischen den Theorien zu erzeugen. Im späteren Kapitel zum Doppelspaltexperiment trifft uns diese Lösung dann noch einmal mit voll Wucht. Dort gibt es eine Variante mit „Verspäteter Entscheidung“. Dann wird sogar behauptet, dass die QM rückwärts in der Zeit etwas bestimmen kann. Ein philosophisch fürchterlicher Gedanke und zu 100% entgegen der Annahme der DP.

10.3 Verschränkung nach DP

Versuchen wir eine bessere Lösung zu finden. Unser erster Ansatz ist, wir schauen uns an auf welchen Wegen wir Teilchen verschränken können. Dies wird meist über zwei Verfahren erreicht:

- Photonen: Aus einem einzigen Photon werden zwei Photonen mit geringerer Energie gemacht.
- Teilchen mit Ruhemasse, z.B. ein Elektron: Die Teilchen werden sehr dicht zusammengebracht und dann fast auf das absolute Minimum heruntergekühlt.

In beiden Fällen wird versucht entweder aus einer Raumzeitdichte zu starten oder getrennte Raumzeitdichten sehr eng ohne Störung zusammen zu bringen. Wir müssen für eine Verschränkung Raumzeitdichten überlagern. Das bringt uns die Lösung.

Für jedes beliebige Teilchen haben wir eine Raumzeitdichte in 3D und zusätzlich die 2D Abbildungen. Kommen sich nun die 3D Abbildungen sehr nahe oder stammen aus der identischen Raumzeitdichte, dann können sich diese Raumzeitdichten überlagern. Das passiert in 3D. Wie wir beim Tunneleffekt gesehen haben, kann wegen der „Wellendarstellung“ die Überlagerung schon anfangen, wenn wir diese noch nicht als vollständig überlagert ansehen würden. Dann kann es in 2D gemeinsame Abbildungen für zwei getrennte 3D Raumzeitdichten geben. Es kann nicht nur, es müssen sogar gemeinsame Abbildungen sein. Jede separate Raumzeitdichte in 3D hat in ihrem Volumen eine Schnittmenge des Gesamtvolumens belegt. Die 2D Abbildungen aus der 3D Raumzeitdichte müssen daher identisch sein. Wir erhalten für getrennte 3D Raumzeitdichten genau eine Superposition.

Warum bleibt die Verschränkung erhalten, wenn wir die Teilchen in 3D räumlich trennen? Das erledigt wie immer die dimensionale Schnittstelle für uns. Wir bekommen über diese Schnittstelle keine Zeit und keine geometrischen Informationen wie eine Länge oder Strecke. Wie will eine 2D Abbildung für sich erkennen, dass sich diese in 3D getrennte Darstellungen sind? Klare Antwort: Gar nicht. In 2D gibt es weder die Entfernung noch die Zeit aus 3D. Mit dieser Lösung können wir wieder Forderungen an die Verschränkung stellen:

- Die Verschränkung muss immer und ohne Ausnahme in 3D instantan erfolgen. Jeglicher Zeitverzug darf nur aus dem Messprozess in 3D kommen. Instant über jede beliebige Strecke in unserer Raumzeit. Ist identisch zur Superposition, da es für die getrennten Teilchen die identische Superposition ist. Es liegt für die getrennten Teilchen bis zur Messung eine einzige Superposition vor.
- Wenn wir durch Abkühlung Atome verschränken, so sollte es für die Größe dieser Atomwolke keine Beschränkung geben. Wir können die Überlagerung der Raumzeitdichten immer weiter vergrößern. Nur die experimentellen Einschränkungen für Störungsfreiheit und Kühlung sollten hier ausschlaggebend sein.
- Bei einer Überlagerung ist die Verschränkung der Normalfall. Keine verschränkten Teilchen zu bekommen ist der Sonderfall, z.B. die Geometrie der 2D Abbildungen passt nicht zusammen oder durch eine Störung/Messung wird der Zustand zerstört.
- Das für die getrennten Teilchen nur eine Superposition vorliegt, darf es keine versteckten oder zusätzlichen Eigenschaften für die Verschränkung geben.

- Da die Superposition in 2D liegt, kann keine 3D Information über diesen Kanal ausgetauscht werden.
- Da bei einer Messung/Interaktion der Teilchen eine 3D Verbindung vorhanden ist (Information wird beim Doppelspaltexperiment genauer besprochen), wird damit die Verschränkung zerstört. Dann sind die Raumzeitdichten in 3D getrennt und jedes Teilchen erhält seine eigene 2D Darstellung.

Damit erhalten wir alle experimentell bestätigten Eigenschaften der Verschränkung. Wiederum ist die Diskussion über lokal oder nicht lokal bei der Verschränkung unsinnig. Verschränkung spielt sich in unterschiedlichen Raumzeitkonfigurationen ab, in denen man den Begriff lokal nicht übertragen kann.

Wenn wir den historischen Streit von Einstein und Bohr zu QM und ART ansehen, dann können wir bereits jetzt schon feststellen, dass wie so oft im Leben Beide recht hatten. In der QM erfolgen bestimmte Dinge instantan. In unserer Raumzeit ist es nicht möglich Informationen schneller als das Licht zu übertragen. Beides funktioniert gemeinsam aber in getrennten und dimensional unterschiedlichen Raumzeiten.

Dass soll es schon gewesen sein? Ja, genau, mehr wird es nicht. Die bis jetzt nur schlecht verstandene Verschränkung ergibt sich zwingend aus unserem Ansatz für die Superposition. Wenn sich getrennte Raumzeitdichten zu nahekomen oder aus einem einzigen Raumzeitdichte heraus erzeugt werden erhalten wir fast immer eine Verschränkung. Die Eigenschaften der Verschränkung sind nicht mysteriös, sondern müssen exakt so vorhanden sein.

11 Wahrscheinlichkeit

Es sollte inzwischen allgemein bekannt sein, dass die QM für die Voraussage zu einer Messung, nur eine Aussage zur Wahrscheinlichkeit des Messergebnisses erzeugen kann. Das ist wie bei Unschärfe und Verschränkung nicht als Grundkonzept eingebaut. Das hat sich erst später herausgestellt. Tatsächlich wurde die Schrödingergleichung an Anfang anders interpretiert. Erst die sogenannte Bornsche Wahrscheinlichkeitsinterpretation (Regel) hat die Lösung gebracht. Damit war klar, obwohl man alle Information zur Schrödingergleichung hat, kommt da nichts Genaueres als eine Wahrscheinlichkeit heraus. Es ist nicht so, als ob da weitere Informationen gesammelt werden müssen, um eine exakte Aussage treffen zu können. Es ist bereits im Grundsatz nicht möglich eine andere Information als eine Wahrscheinlichkeit aus der QM zu erhalten.

Wir haben schon festgestellt, dass Einstein mit der Verschränkung seine Probleme hatte. Die Wahrscheinlichkeitsinterpretation war der zweite Punkt. Einstein schrieb an Max Born 1926: „Die Quantenmechanik ist sehr achtungsgebietend. Aber eine innere Stimme sagt mir, dass das doch nicht der wahre Jacob ist. Die Theorie liefert viel, aber dem Geheimnis des Alten bringt sie uns kaum näher. Ich bin überzeugt, dass der nicht würfelt.“ Bei der Verschränkung kommen wir auf eine gemeinsame Lösung zwischen der QM und Einstein. Bei der Wahrscheinlichkeit müssen wir uns aber komplett auf die Seite der QM schlagen. Wir werden sehen, dass wir auf Grund unseres Ansatzes, nur eine Wahrscheinlichkeit erhalten können.

Nur bei einem speziellen Aufbau eines Experimentes erhalten wir eine eindeutige Aussage zu einem Messergebnis. Wenn wir bei einer Messung einen Wert festgestellt haben und direkt anschließend diese Messung wiederholen, so erhalten wir mit 100% Wahrscheinlichkeit das identische Messergebnis wieder. Warum dies so ist, klären wir beim Doppelspaltexperiment. Der „Wellenkollaps“ bei der Messung ist hier noch kein Thema. Hier geht es darum, warum es nur Wahrscheinlichkeiten gibt und warum diese eine Gewichtung haben.

11.1 Grundelemente für die Wahrscheinlichkeit

Für die QM brauchen wir, rein für die Wahrscheinlichkeit, nur zwei Grundelemente:

- Möglichkeiten: Wir brauchen zwingend verschiedene Möglichkeiten. Diese erhalten wir durch die unendlich vielen Abbildungen in 2D.
- Gewichtung der Möglichkeiten: Je nach zu messendem Wert, sind bestimmte Messergebnisse wahrscheinlicher als andere oder gleich wahrscheinlich. Dafür muss es einen Grund geben.

Ob die Schrödingergleichung und damit die Wahrscheinlichkeit nur eine Berechnung oder auch eine physikalische Abbildung ist, ist ein beliebtes Thema in den Interpretationen der QM. Wir weichen von der Kopenhagener Interpretation ab und behaupten, dass die Wahrscheinlichkeit eindeutig eine physikalische Abbildung hat und nicht nur eine Rechengröße ist. Damit müssen die zwei Grundelemente eine direkte Abbildung in der Raumzeit haben. Allerdings ist dies bei den Möglichkeiten und der Gewichtung anders ausgeprägt.

11.2 Möglichkeiten

Für die Möglichkeiten benutzen wir die identische Grundlage wie bei der Superposition. In jedem n -dimensionalen Raumzeitvolumen einer Raumzeitdichte gibt es unendlich viele $(n-1)$ -dimensionale Raumzeiten und damit Raumzeitvolumen und Raumzeitdichten.

Dabei kann eine einzelne Möglichkeit sich selbst nicht verändern. In der Kosmologie haben wir erkannt, dass wir bei nur zwei Raumdimensionen ausschließlich statische Abbildung erzeugen können. In der QM werden wir diese statischen Abbildungen später „stationäre Zustände“ oder

„Pfade“ nennen. Die Erzeugung der Abbildung war in der Kosmologie ein Urknall, in der QM wird dies Erzeugung oder Vernichtung genannt. Dann hat sich aber in der Abbildung in 3D durch eine Wechselwirkung etwas verändert. In 2D bleibt alles erstmal statisch. Wenn es um Teilchen geht, so werden diese 2D Abbildungen „virtuelle Teilchen“ genannt. Vorhanden, aber in 3D nicht feststellbar, da die Abbildung in 2D liegt.

Wichtig: Es sind immer unendlich viele Möglichkeiten. Beim Beispiel mit dem Ort in der Superposition ist dies klar. Aber wie ist es beim Spin? Da messen wir doch nur Spin up und Spin down. Das sind nur zwei Möglichkeiten. Hier müssen wir aufpassen. Auch beim Spin ist die Richtung immer vollständig beliebig. Wenn wir den Spin messen wollen, so suchen wir uns eine vollkommen frei wählbare Achse zu dieser Messung aus. Bezogen zu dieser Achse hat der Spin die Eigenschaft up oder down. Die Messung kann sich aber auf alle beliebigen Richtungen (Achsen) beziehen. Durch die Frage/Messung, die wir an das System stellen, teilen wir alle Möglichkeiten in up und down auf. Es bleiben aber unendlich viele Möglichkeiten.

Bei der Messung werden wir dann sehen, dass sich die Möglichkeiten gegenseitig bedingen können. Das wird beim Doppelspalt für die Teilchen das Interferenzmuster ergeben. Auf dem Schirm werden aber immer nur ganz konkrete Orte für die einzelne Wechselwirkung angezeigt. Das heißt, bei der Wechselwirkung wird immer nur eine Möglichkeit „gezogen“. Daher kommt die Idee mit dem Wellen-Teilchen-Dualismus. Wir werden zeigen, dass es diesen Dualismus nicht gibt. Ein Teilchen ist eine Raumzeitdicke mit einem Volumen und kein Punkt. Ein Teilchen ist aber auch keine Welle. Das Verteilen und gegenseitige Beeinflussen sind viele verschiedene einzelne Abbildungen. Diesen niederdimensionalen Abbildungen kann man keinen eindeutigen Ort in 3D zuweisen. Wir müssen den Wellen-Teilchen-Dualismus nicht erklären, dieser existiert so nicht. In der DP haben wir einen Dualismus, der eine gleichzeitige Abbildung in 3D und in 2D ist. Wir haben keinen Punkt und keine Welle. Wir werden aber bei der Gewichtung sehen, dass die mathematische Wellenbeschreibung eine sehr gute Analogie für dieses Verhalten ist.

11.3 Gewichtung

Bei der Gewichtung gibt es zwei verschiedene Arten von Gewichtungen. Bei der einen Gewichtung ist diese von Eigenschaften des Teilchens abhängig und bei der anderen nicht.

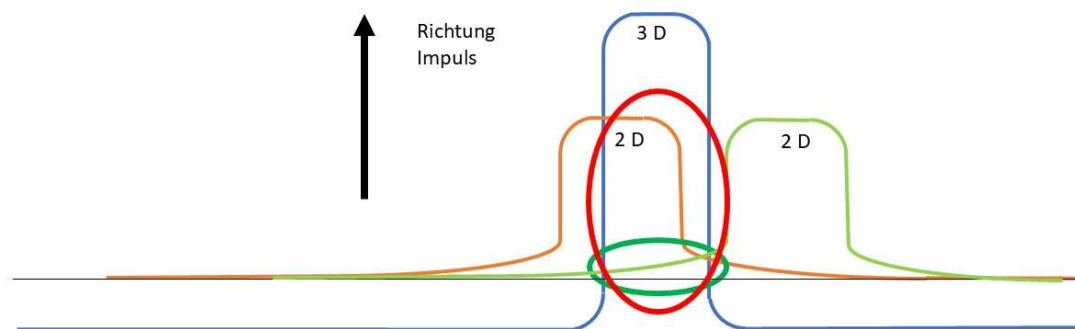
Machen wir erst das Beispiel mit dem Spin, das ist einfacher. Beim Spin gibt es eigentlich keine Gewichtung. Das wir immer ein 50:50 Wahrscheinlichkeit von Spin up und Spin down erhalten, liegt an der Fragestellung. Es sind alle Richtungen mit einer identischen Gewichtung vorhanden. Durch die Fragestellung von Spin up und Spin down zu einer bestimmten Achse, teilen wir diese Menge in zwei gleiche Portionen auf. Das Ergebnis sollte uns nicht überraschen. Dies bedeutet aber auch, dass der Spin ein Merkmal sein muss, der zu den geometrischen Ausprägungen in 2D gehört. Diese können wir aus 3D heraus nicht unterscheiden und sind für uns immer gleich. Damit ist eigentlich keine Gewichtung vorhanden. Nur die Gewichtung, welche wir durch die Fragestellung einbringen.

Jetzt nehmen wir wieder unser Elektron, welches wir von uns weg beschleunigen. Da sieht die Sache anders aus. Das Elektron wird mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit den geraden Weg beschreiten. Es hat aber eine geringe Wahrscheinlichkeit, die nicht null ist, dass es vom geraden Weg abweicht. Je größer die Abweichung, desto geringer die Wahrscheinlichkeit. Hier gibt es Unterschiede. Wenn ich mich als Mensch in gerader Richtung in Bewegung setze, dann darf ich die Wahrscheinlichkeit für eine Abweichung getrost auf null setzen. Das liegt an meiner Masse. Eine spezielle Eigenschaft des Objektes. An diesem Punkte bestche ich darauf, dass dies nur am sehr großen Verhältnis der Masse von mir zum Elektron liegt, wie bei jedem andern Menschen auch. Selbst wenn meine Frau, zu meiner Eigenschaft der Masse, wahrscheinlich etwas anderes behaupten würde.

Hier ist die Gewichtung der Wahrscheinlichkeit an einer Eigenschaft gebunden, der Masse. Masse ist aber nur eine Form der Raumzeitdichte. Aus der Superposition wissen wir, dass alle möglichen 2D Ausprägungen jeweils separate 2D Raumzeiten sind. Diese müssen sich mit der 3D Raumzeitdichte räumlich überlagern. Da alle n-dimensionale Raumzeiten immer kontinuierliche sind, gibt es an jedem Raumzeitpunkt unserer Raumzeit eine Überlagerung. Damit wäre jeder Raumzeitpunkt mit der identischen Gewichtung versehen. Die Raumzeitdichte spielt jetzt den entscheidenden Faktor. Wir werden das Elektron eher dort finden, wo in 3D die 2D Raumzeitdichte dem Elektron am besten entspricht.

Damit ist im Mittel das Elektron am ehesten dort zu finden, wo auch die 3D Raumzeitdichte liegt. Die Abbildungen der Raumzeitdichten von 3D und 2D überlagern sich dort an stärksten. Hier kommt die Wellenabbildung ins Spiel. Wir haben nur kontinuierliche Raumzeiten. Wenn wir in 3D von 2D etwas erkennen wollen, dann fast nur über die extrinsischen geometrischen Ausprägungen in 2D. Damit ist die Wellenabbildung einfach passend. Die verschiedenen geometrische Abbildungen in 2D können sich nun an bestimmten Orten in 3D damit verstärken oder abschwächen. Das Elektron wird man wohl am meisten an den Orten feststellen können, wo die Verstärkung am größten ist. Das klären wir aber am Doppelspalt genauer. Die Wahrscheinlichkeit für das Elektron ist im Mittel genau dort am größten, wo auch die 3D Raumzeitdichte liegt. Bei den Abweichungen spielen die Interferenzen aus den „Wellen“ eine Rolle.

Abbildung 0-1: Schnittmenge der Darstellungen eines Impulses



Die Amplitude soll die Richtung des Impulses darstellen. Die Welle von links in Orange hat die größte Schnittmenge mit der 3D Raumzeitdichte und daher mit größerer Wahrscheinlichkeit gemessen zu werden, als die Welle von rechts in Grün. Die Schnittmengen in den Kreisen ist die Wahrscheinlichkeit.

In dem Bild erkennen wir, wo die Überschneidung in der 3D Raumzeitdichte am größten ist. Dort wird das Teilchen im Mittel, über eine Wechselwirkung aus 2D heraus, am häufigsten anzutreffen sein. Je größer der Unterschied der Wellenamplitude, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit. Da bei einem Objekt, wie einem Menschen, die Amplitude der Raumzeitdichte in 3D ca. um den Faktor 10^{32} größer ausfällt als bei einem Elektron, ist eine Abweichung mit null gleichzusetzen. Daher erkennen wir im Alltagsleben nur eine Klassische Mechanik und keine Quantenmechanik.

11.4 Analogie für die Wahrscheinlichkeit

Als gute Analogie für die Wahrscheinlichkeiten nehmen wir eine Urne mit Kugeln. Eine verdammt große Urne mit unendlich vielen Kugeln. Naja, es muss einen Vorteil haben Physik theoretische betreiben zu können.

Beim Spin sind in der Urne identisch Kugeln mit der Unterscheidung der Farbe. Sagen wir Weiß und Schwarz. Dann ist es klar, dass wir nach sehr vielen Entnahmen aus der Urne eine nahezu identische Menge an weißen und schwarzen Kugeln gezogen haben.

Beim Ort des Elektrons, hat jeder Raumzeitpunkt in 3D eine Kugel. Der Raumzeitpunkt mit der größten Übereinstimmung der Raumzeitdichte von 3D zu 2D hat die größte Kugel. Damit wird diese wahrscheinlicher gezogen als eine andere. Die Wahrscheinlichkeit für die anderen sind aber niemals null. Diese sind in der Urne vorhanden. Wenn sich die 2D Raumzeitdichten sich gegenseitig beeinflussen, so wird eine Kugel größer und im umgekehrten Fall kleiner.

Das Wellenbild ist etwas einfacher. Wenn wir von oben in die Urne reingreifen, dann werden wird am ehesten die Raumzeitdichte ziehen, welche die größte Amplitude hat und damit am meisten noch oben reicht.

11.5 Wahrscheinlichkeit für ein Ensemble

Die Argumentation über die Raumzeitdichte hilft bei einem weiteren Fall zur Wahrscheinlichkeit. Wir werden später das Doppelspaltexperiment besprechen. Das hat man bereits mit größeren Objekten durchgeführt. Sehr bekannt ist dies mit C60 Buggy-Balls. Ein Molekül aus 60 Kohlenstoffatomen. Warum erhalten wir am Doppelspalt keine Interferenzen für 60 separate Kohlenstoffatome, sondern für ein C60-Molekül. Die Wahrscheinlichkeit für den Ort muss auf das gesamte Gebilde übergehen und nicht auf die Bestandteile. Wir müssen in unserem Beispiel von Elektron bis zum Menschen kommen.

Der Grund dafür ist wie immer Raumzeitdichte in einer kontinuierlichen Raumzeit. Damit überlagert sich die Raumzeitdichte bereits in 3D und wir erhalten eine Wahrscheinlichkeit für die gesamte überlagerte Raumzeitdichte in 3D.

Wir werden sehen, dass dies auch der Grund ist, warum es sowas wie eine „Quasi-Teilchen“ in der QM geben kann. Ihr seht, für eine funktionierende QM kommen wir an einer kontinuierlichen Raumzeit einfach nicht vorbei.

Hier das Gleiche wie bei der Verschränkung. Das wir eine Wahrscheinlichkeit erhalten ist bereits beim Ansatz für die Superposition mit drin. Wir haben unendlich viele Möglichkeiten in den niederdimensionalen Raumzeitkonfigurationen. Die Überraschung ist wohl eher, warum wir immer nur eine davon in 3D erhalten können. Da kommt unser \hbar mit der Schnittstelle ins Spiel. Wir haben nur die Energie aus 3D Raumzeitdichte zur Verfügung. Eine Möglichkeit wird bei der Messung mit 3D interagieren. Welche es wird, ist vorab nicht bestimmbar. Damit ist zur Wahrscheinlichkeit schon fast alles gesagt. Wie die gegenseitige Beeinflussung der Wahrscheinlichkeiten läuft (die Interferenz der Wellen), machen wir im späteren Kapitel zur Mathematik der QM.

Durch unseren Ansatz ist das oft „merkwürdige“ Verhalten der QM sehr leicht erklärbar.

12 Quantisierung

Das Thema Quantisierung hatten wir schon einmal in Kapitel 3 bei den Grenzen der Raumzeit. Im Abschnitt 3.7.3 wurde über die niederdimensionale Grenze das Wirkungsquantum h hergeleitet. Dort haben wir nur den Bereich besprochen, der für die niederdimensionale Grenze interessant war. Hier kommen die weiteren Eigenschaften zur QM dazu. Daher kommt dieses Grundelement, aus meiner subjektiven Auswahl, zum Schluss.

Das Wirkungsquantum h , ist für die Quantisierung in der QM leider nicht ausreichend. Da fehlt noch ein wichtiger Aspekt. Wir müssen zum einem besprechen, dass in unserer Raumzeit die Gravitation niemals per Austauschteilchen abgebildet werden kann. Zum anderen, warum es in der QM nur per Austauschteilchen funktioniert. Bei der Verschränkung dann aber wieder nicht.

Wir starten wie immer mit den einfachen Dingen und machen eine Zusammenfassung aus Kapitel 3, für die Schnittstelle.

12.1 Die niederdimensionale Grenze

Das Erstaunliche an unserem Vorgehen ist doch, dass wir zwingend mit kontinuierlichen und differenzierbaren Raumzeiten ins Rennen gehen und in einer einzelnen Raumzeit es keine Unendlichkeit, keine Null, keine Singularität und keine Quantisierung gibt. Im Zusammenspiel über die dimensionale Grenze hinweg uns aber die bekannte QM erzeugt wird. Hier nochmal die entscheidenden Merkmale der Grenze:

- Da wir die 3D Raumzeit verlassen, kann die Zeit nicht über die Schnittstelle übertragen werden. Zeit existiert separat je Raumzeit.
- Da keine Zeit übertragen wird, ist die Überlagerung zwischen Raumzeiten immer nur Raum.
- Da keine Zeit übertragen wird, kann keine Energie = Raumzeitdichte ausgetauscht werden. Es gehen nur extrinsische Verformungen oder eine Abbildung als Schwarzes Loch in 2D. Die Abbildung als Schwarzes Loch ist bei uns eine Ruhemasse. Energie ohne die zeitliche Komponente.
- Da wir die Messung in unserer Raumzeit ausführen, müssen alle Wechselwirkungen aus 2D mit den für unserer Raumzeit charakteristischen Planck-Werte durchgeführt werden und es entsteht das Wirkungsquantum.
- Wir können aus 2D heraus keine geometrischen Ausprägungen direkt als solche erkennen und geben diesen Eigenschaften neue Namen wie Spin, Ladung usw.

Die für uns wichtigste Formel ist hier: $l_p * m_p * c = h$ als das Wirkungsquantum und ohne den dimensional Übergang (die Lichtgeschwindigkeit) als Compton-Wellenlänge (Zustand) dann $l_p * m_p$. Für die Compton Wellenlänge, kann im niederdimensionalen nur die Aufteilung auf Masse und Veränderung der Wellenlänge anders aufgeteilt werden. Der Zustand nach dem Prozess (Stoß) in unserer Raumzeit muss aber immer Planck-Masse * Planck-Länge sein. Der Prozess selbst kann in der Größe von h oder einem Vielfachen davon verlaufen. Etwas anderes lässt die Schnittstelle nicht zu. Dabei spielt die geometrische Ausprägung in 2D fast keine Rolle. Wir können nur Raumzeitdichte feststellen und diese Raumzeitdichte muss sich bei einer Veränderung aus dem Niederdimensionalen immer an h halten.

Wir wollen hier nicht noch weiter aufwärmen und gehen zu den neuen und damit spannenden Themen über.

12.2 Wechselwirkung bei Gravitation ohne Austauschteilchen

In unserer Raumzeit kann es für die Gravitation kein Austauschteilchen geben. Das von vielen gewünschte Graviton ist in der DP nicht möglich. Teilchen, egal welche Form auch immer, ergeben sich nur über die niederdimensionale Schnittstelle. Die Gravitation ist eine Verformung der Raumzeit selbst, ohne dass sich die Raumzeitdichte verändert. Die Gravitation und auch die Auflösung durch die gegensätzliche Verformung haben damit keinen Einfluss auf die Raumzeitdichte. Daher auch keinen Einfluss auf eine niederdimensionale Abbildung. Das Austauschteilchen für die Gravitation müsste ein echtes 3D-Teilchen sein. Damit haben wir zwei Probleme:

- Die Wechselwirkung eines Austauschteilchens mit der Raumzeit selbst
- Die Übertragung einer Veränderung an der Raumzeit benötigt Energie

In der DP ist die Gravitation weiterhin eine Verformung der Raumzeit. Dann müsste das Graviton mit der Raumzeit selbst wechselwirken. Wie bekommt dann die Gravitation eine unendliche Reichweite? Das Graviton kann doch sofort nach der Raumzeitdichte mit der Raumzeit wechselwirken. Woher sollen die Gravitonen wissen, dass viele nahe der Raumzeitdichte und wenige weiter entfernt mit der Raumzeit wechselwirken müssen.

Bei einem elektrischen Feld müssen die Photonen auf ein anderes elektrisches Feld reagieren. Ist keines da, dann ergibt sich eine unendliche Reichweite. Beim Graviton ist aber die Raumzeit als Wechselwirkungspartner immer vorhanden. Hier kann man sich drehen und wenden, wie man will. Die Idee eines Austauschteilchens für die Gravitation und eine geometrische Abbildung in der Raumzeit selbst schließen sich gegenseitig aus.

Das nächste Problem ist die Energie. Masse, Ladung usw. sind je Austauschteilchen unterschiedlich. Aber alle Austauschteilchen übertragen Energie. Beim Graviton ist nicht klar, woher diese Energie kommen soll. Beim Photon kommt die Energie von der Zustandsänderung der Raumzeitdichte. Das Elektron kann sein Orbital oder seinen Spin verändern. Es kann auch aus einem Impuls stammen, der sich bei einer Streuung verändert. Bei der Gravitation ist die Veränderung der Energie der Raumzeitdichte von einer Raumzeitkrümmung zu einer anderen null. Wo soll die Energie des Austauschteilchens herkommen und hingehen? Ein Austauschteilchen ohne Energie macht aber auch keinen Sinn.

Es könnten hier mehr als zwei Punkte angeführt werden. Die obige Diskussion sollte aber klarstellen: In der DP ist ein Austauschteilchen für die Gravitation nicht möglich.

12.3 Wechselwirkung im Niederdimensionalen mit Austauschteilchen

Dann müssen wir hier mit dem Gegenteil weitermachen. Warum können im Niederdimensionalen alle Statusveränderungen nur und ausschließlich durch Austauschteilchen erfolgen? Das liegt wie immer an den Grenzen der Raumzeit. Wir haben im Niederdimensionalen immer getrennte Raumzeiten.

Erzeugt eine Raumzeit durch eine spezielle Raumzeitgeometrie eine Wirkung, dann können die anderen Raumzeiten von sich aus nicht darauf reagieren. Zwei separate 2D Raumzeiten können sich maximal über eine 1D Raumzeit überschneiden. Die Überlagerung der Raumzeiten liegt immer bei $(n-1)$ Raumdimensionen. In 1D können wir aber keine Raumzeitdichte abbilden. Die zwei Raumzeiten selbst können direkt nicht miteinander kommunizieren. Hier muss ein Austauschteilchen diese Wechselwirkung übernehmen. Dabei ist ein Austauschteilchen aber selbst nichts anderes als eine 2D Abbildung.

Das Ganze kann nur funktionieren, wenn diese 2D Raumzeiten über eine 3D Raumzeit verbunden sind. Ohne diese höherdimensionale Raumzeit keine Austauschteilchen. Zusätzlich muss es dazu eine Veränderung des Zustandes in der 2D Abbildung geben. Das bedeutet, wenn

zum Beispiel ein Elektron auf ein Photon reagiert, dann wird aus diesen zwei separaten Abbildungen wieder nur eine neue Abbildung in einer 2D Raumzeit. Das Photon mit seiner Energie in 3D ist verbraucht. Dazu später bei den Wechselwirkungen mehr. Hier reicht uns die Aussage, dass es eine Wirkung zwischen den separaten niederdimensionalen Raumzeiten selbst nur per separatem Austauschteilchen funktioniert.

12.4 Nochmal die Verschränkung

Bei der Gravitation darf es keine Austauschteilchen geben, da dies eine Veränderung innerhalb einer Raumzeit ist. Bei der QM sind alle Wirkungen ein Austausch von getrennten Raumzeiten, die eine Wirkung wiederum nur durch eine 2D Abbildung austauschen können. Die Abbildungen in 2D sind fix. Innerhalb von 2D passiert gar nichts. Die Abbildung in 2D muss sich bei jeder Wechselwirkung neu erzeugen.

Jetzt kommt nochmals die Idee hinter der Verschränkung zum Tragen. Bei der Verschränkung sind die Abbildungen in 2D identisch. Ändert sich diese Abbildung, dann verändern sich diese Überlagerung ohne den Austausch eines Teilchens. Daher sind die Reaktionen ohne ein Austauschteilchen und damit ohne eine Information.

12.5 Gravitationswellen

Hey, wir haben doch noch die Gravitationswellen. Die haben Energie und verändern die Gravitation. Nach sowas haben wir doch gesucht? Klares Ja und Nein!

12.5.1 Beschreibung Gravitationswellen

Schauen wir uns erstmal an wie eine Gravitationswelle erzeugt wird und was das ist. Die Gravitationswelle wird durch die Beschleunigung einer Masse ausgelöst. Durch eine beliebige Beschleunigung einer beliebigen Masse. Auch wenn ich gerade nur auf der Tastatur tippe, beschleunige ich eine geringe Masse meines Körpers. Damit löse ich Gravitationswellen aus. Diese sind extrem schwach. Hier müsst Ihr euch wieder an ganz am Anfang an die Motivation zur DP erinnern. Das sind die 10^{42} an Unterschied von Gravitationskraft zur nächststärkeren Kraft der Elektrischen Kraft.

Wenn wir mit einer Beschleunigung auf einem Objekt wirken, dann verändern wir die Raumzeitdefinition dieses Objektes in eine bestimmte Richtung. Das bedeutet, wir verändern die Aufteilung von Raumzeitdichte auf die Raumdimensionen. Das ist eine Verschiebung der Raumzeitdichte für das Objekt und die Gravitation reagiert darauf. Energie oder Raumzeitdichte geht nicht verloren und kann sich nur verschieben. Bei einer Raumdimension etwas weg und bei einer anderen etwas drauf.

Bei diesem Vorgang verändert das Objekt seinen Bewegungszustand. Damit ist das Objekt nicht mehr da, wo die Veränderung stattgefunden hat. Ein Teil der Veränderung bleibt an einem Raumzeitpunkt, wo die Raumzeitdichte nicht mehr vorhanden ist. Damit bleibt ein Teil der Energie der Veränderung in dem Raumzeitpunkt erhalten. Dort ist aber der Grund für die Veränderung nicht mehr gegeben. Die Veränderung propagiert als Kugeloberfläche durch die Raumzeit mit Lichtgeschwindigkeit. Dabei verdünnt sich die Energie sehr stark. Wir messen nicht die Energie, sondern die daraus folgende Gravitationswelle. In der Gravitationswelle sehen wir die Verschiebung der Energie auf die Raumdimensionen.

12.5.2 Gravitationswellen als Austauschteilchen: Ja

Es wird eine Information per Energie ausgetauscht. Das klingt doch nach Austauschteilchen und im Prinzip könnten wir dies so auch sehen. Die Austauschteilchen der QM werden aber immer zwischen separaten Raumzeitkonfigurationen ausgetauscht und nicht innerhalb einer Raumzeit. Unserer Raumzeit ist damit ein sehr geschwätziges Objekt. Jegliche Verschiebung der

Raumzeitdichte zwischen den Raumdimensionen werden über Gravitationswellen der gesamten Raumzeit zur Verfügung gestellt. Mehr Austausch an Information geht wohl nicht.

12.5.3 Gravitationswellen als Austauschteilchen: Nein

Da passiert schon was, aber nicht das, was wir für ein Austauschteilchen erwarten würden. Wie gerade erwähnt, ist dies kein Austausch zwischen Raumzeiten. Die Gravitationswelle hat zwar einen eindeutigen Sender, aber keinen eindeutigen Empfänger. Beim Austauschteilchen in der QM wird das Austauschteilchen von einem Empfänger komplett absorbiert. Hier ist der Empfänger die gesamte Raumzeit, ohne dass die Gravitationswelle absorbiert wird. Diese verdünnt sich nur.

12.6 Higgs-Boson

Was ist mit dem Higgs-Boson? Das soll den Elementarteilchen doch die Masse verleihen. Darauf reagiert die Gravitation. Ist dann das Higgs-Boson sowas wie das Graviton? Ja, aber nicht zur Gravitation. Wir werden das Higgs-Boson bei den Austauschteilchen nochmals genauer besprechen. Für eine Einordnung hier reicht es, dass wir das Higgs-Boson als Austauschteilchen zwischen 3D Raumzeiten ansehen müssen. Wir haben Schwarze Löcher und damit sind wir in einer 4D Raumzeit eingebettet. Damit gibt es unendlich viele separate 3D Raumzeiten. Diese müssen, wie auch die 2D Raumzeiten, mit Austauschteilchen reagieren. Das wird unser Higgs-Boson machen. Die Reaktion ist aber nicht auf Gravitation, sondern auf Raumzeitdichte zwischen den 3D Raumzeiten. Daher sieht es so aus, dass das Higgs-Boson die Eigenschaft Masse vergibt. Es ist das einzige echte 3D-Boson, welches wir kennen. Damit aber kein Austauschteilchen für Gravitation innerhalb einer Raumzeit.

12.7 Es geht auch ohne Quantisierung

Wir hören oft einen Spruch wie: „In der QM ist alles quantisiert.“ Leider ist der Satz falsch. Auch in der QM kann die Darstellung einer Eigenschaft kontinuierlich sein. In schlimmsten Fall gemischt: kontinuierlich und quantisiert, z.B. bei verschiedenen Energieniveaus der Darstellung eines Impulses. Tatsächlich ist dies einer der Gründe, warum die Mathematik in der QM so schwierig ist. Wenn immer alles quantisiert wäre, dann wäre es einfacher.

Als Beispiel nehmen wir die Bindungsenergie von einem Elektron zu seinem Atomkern. Solange das Elektron vom Atomkern nicht „eingefangen“ wird, ist das Energiespektrum des Elektrons kontinuierlich. Da gibt es keine Quantisierung. Klar, der Impuls des Elektrons liegt in 3D und unterliegt keiner Quantisierung. Wie viel Energie in dem Impuls liegt, ist nicht quantisiert. Die Sache sieht komplett anders aus, wenn das Elektron „eingefangen“ wird und mit dem Atomkern einen gemeinsamen Zustand bilden muss. Dann müssen sich der Atomkern und das Elektron auf Ebene von 2D einer Anpassung unterziehen. Ihr wisst bestimmt noch, dass die überschüssige Energie aus der Überlagerung der Raumzeitdichten, abgegeben werden muss. Diese Abgabe erfolgt über eine weitere 2D Abbildung. Damit müssen sich alle beteiligten über die dimensionale Grenze hinweg neu aufteilen. Dies geht nur per Quantisierung.

Als einfache Merkregel können wir für uns festhalten:

- Muss der Zustand der beteiligten Raumzeitdichten auf Ebene von 2D neu aufgeteilt werden, dann geht dies immer per Quantisierung
- Bleiben die beteiligten Raumzeitdichten erhalten, wie diese sind, so erfolgt keine Quantisierung.

Auch hier bleibt das Grundkonzept der QM durch unseren Ansatz wieder sehr einfach.