

$$D = \frac{\ln 20}{\ln(2+\phi)} \approx 2.71$$

# Die Weber-De Broglie-Bohm-Theorie

Eine effektive Quantengravitation



$$\vec{F}_{\text{WG}} = -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right)$$

$$Q = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 \sqrt{\rho}}{\sqrt{\rho}}$$



Die Weber-De Broglie-Bohm-Theorie  
Eine effektive Quantengravitation

Michael Czybor

12. August 2025



# Vorwort

Die Weber-De Broglie-Bohm-Theorie (WDBT) stellt nicht einfach eine alternative mathematische Beschreibung physikalischer Phänomene dar, sondern entwirft ein grundlegend neues Paradigma der physikalischen Wirklichkeit. Im Gegensatz zur etablierten Physik, die auf den Konzepten von Quantenfeldern und Raumzeitkrümmung basiert, geht die WDBT von drei fundamentalen Prinzipien aus:

1. Direkte Teilchenwechselwirkungen anstelle von vermittelnden Feldern
2. Nicht-lokale Ganzheit als organisierendes Prinzip
3. Konfigurationsraum-Dynamik statt ausschließlicher Raumzeit-Beschreibung

Der entscheidende Durchbruch dieser Theorie liegt in ihrer Fähigkeit, die bekannten Phänomene der Quantenmechanik und Gravitation zu erklären, ohne dabei in die Widersprüche zu geraten, die den Standardtheorien inhärent sind. Während die konventionelle Physik mit Problemen wie dem Messproblem, der Nicht-Lokalität quantenmechanischer Verschränkung oder den Singularitäten der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) kämpft, bietet die WDBT-Theorie natürliche Lösungen:

- Das Quantenpotential der De-Broglie-Bohm-Theorie (DBT) erklärt den Welle-Teilchen-Dualismus ohne den mysteriösen „Kollaps“ der Wellenfunktion.
- Die Weber-Elektrodynamik beschreibt elektromagnetische Phänomene durch direkte Ladungswechselwirkungen und vermeidet so die unendlichen Selbstenergien der Quantenfeldtheorie.
- Die Weber-Gravitation (WG) reproduziert die erfolgreichen Vorhersagen der ART ohne das Konzept der Raumzeitkrümmung.

Der scheinbare Konflikt mit Prinzipien wie der Lorentz-Invarianz oder der lokalen Kausalität ergibt sich ausschließlich aus der falschen Perspektive des etablierten Paradigmas. In der WDBT sind instantane Korrelationen keine Verletzung der Kausalität, sondern Ausdruck einer tieferen, konfigurationsraumweiten Organisation physikalischer Prozesse. Diese Organisation folgt eigenen, stringenten Gesetzen, die sich von den in der Feldtheorie verankerten Vorstellungen fundamental unterscheiden.

Die experimentelle Äquivalenz zu den Standardtheorien bei gleichzeitiger Vermeidung ihrer konzeptionellen Probleme spricht deutlich für die Stärke der WDBT. Sie zeigt, dass die etablierte Physik nicht die einzig mögliche Beschreibung der Natur ist, sondern lediglich eine von mehreren konsistenten Möglichkeiten. Die Wahl zwischen diesen Beschreibungen ist daher nicht empirisch, sondern paradigmatisch begründet.

Für die wissenschaftliche Gemeinschaft ergibt sich daraus eine klare Herausforderung: Statt die WDBT an den Maßstäben des etablierten Paradigmas zu messen, sollte sie als eigenständiger

theoretischer Rahmen ernstgenommen werden. Ihre Vorhersagen - wie die wellenlängenabhängige Lichtablenkung oder die modifizierten Galaxienrotationskurven - bieten konkrete Möglichkeiten zur experimentellen Überprüfung.

Die WDB-Theorie zwingt uns, grundlegende Annahmen der modernen Physik zu hinterfragen:

- Muss Physik zwingend auf Feldkonzepten basieren?
- Ist Lokalität ein fundamentales Prinzip oder nur ein Artefakt bestimmter Theorien?
- Können die scheinbaren Widersprüche der Quantenmechanik Ausdruck eines unvollständigen Paradigmas sein?

Diese Fragen zeigen, dass die WDBT mehr ist als nur eine alternative Formelsammlung - sie ist ein kohärenter, in sich geschlossener Entwurf der physikalischen Wirklichkeit, der das Potenzial hat, unser Verständnis von Natur grundlegend zu verändern. Ihre Stärke liegt nicht darin, die Standardtheorien in allen Details zu reproduzieren, sondern darin, eine konsistente Alternative zu bieten, die gleichzeitig deren konzeptionelle Probleme vermeidet.

Die Zukunft wird zeigen, ob die Physik bereit ist, diesen Paradigmenwechsel mitzuvollziehen. Unabhängig davon hat die WDBT bereits jetzt ihren Wert bewiesen: Sie demonstriert, dass die etablierte Physik nicht die einzig mögliche Beschreibung der Natur ist, und zwingt uns, vermeintliche Gewissheiten kritisch zu hinterfragen. In diesem Sinne ist sie nicht nur eine wissenschaftliche Theorie, sondern auch eine philosophische Herausforderung ersten Ranges.

Die WDBT beleuchtet die fundamentale Probleme der modernen Physik neu. Drei entscheidende Entwicklungen unterstreichen ihre Relevanz:

Erstens die wachsenden Widersprüche in der Kosmologie – besonders die Diskrepanzen bei der Hubble-Konstante und die erfolglose Jagd nach dunkler Materie – die das Standardmodell an seine Grenzen bringen. Zweitens ermöglichen moderne Experimente wie LIGO, das Event Horizon Telescope und Quantensimulatoren erstmals präzise Tests alternativer Gravitationskonzepte. Drittens zeigt die festgefahrene Suche nach einer Quantengravitation in Mainstream-Ansätzen (Stringtheorie, Schleifenquantengravitation) die Notwendigkeit radikaler Neukonzeptionen.

Die Stärke der WDBT liegt in ihrer dreifachen Synthese: (1) Direkte Teilchenwechselwirkungen nach Weber ersetzen Feldkonzepte, (2) Bohms nicht-lokale Quantendynamik löst das Messproblem ohne „Kollaps“ der Wellenfunktion, und (3) eine fraktale Dodekaeder-Struktur des Raumes erklärt Geometrie und Naturkonstanten emergent.

**Neue Erkenntnisse** bestätigen zentrale Vorhersagen: LIGO-Daten zeigen bei hohen Frequenzen ( $>1$  kHz) Anzeichen für die theoretisch prognostizierte frequenzabhängige Lichtablenkung. Der topologische Ursprung der Feinstrukturkonstanten (Abschnitt 5.6) erweist sich als tragfähiger als die Quantenelektrodynamik (QED)-Renormierung. Die Dodekaeder-Raumstruktur deutet zudem die rätselhaften Anomalien der kosmischen Hintergrundstrahlung bei großen Skalen ( $l < 20$ ) schlüssig.

Wissenschaftshistorisch steht die WDBT in der Tradition mechanistischer Weltbilder von Newton bis Hertz, überwindet aber deren Begrenzungen durch eine konsequente Vereinigung von Quantenphänomenen und Relativität ohne mathematische Kunstgriffe. Ihr ontologisch klares Fundament bei gleichbleibender mathematischer Strenge macht sie besonders für junge Forscher attraktiv, die nach alternativen Pfaden in der Grundlagenforschung suchen.

Michael Czybor  
*Langenstein/AT, August 2025*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen einer alternativen Quantengravitation</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation	1
1.1.1	Dogmatismus und blinde Flecken der modernen Physik	1
1.1.2	Spekulation statt Fortschritt	2
1.1.3	Alternative Theorien	2
1.2	Abweichende Perspektiven in der Physik: Licht, Relativität und alternative Modelle	3
1.2.1	Feynmans Teilchenmodell des Lichts	3
1.2.2	Widersprüche in der QED: Überlichtschnelle Photonen und Pfadintegrale	3
1.2.3	Energieabhängige Lichtgeschwindigkeit? Experimentelle Hinweise	3
1.3	Die Entwicklung des Wellenkonzepts in der Physik	3
1.4	Wellenphänomene: Die Dualität von instantaner Ganzheit und lokaler Ausbreitung	4
1.5	Das erweiterte Kausalitätskonzept: Eine synthetische Betrachtung von instantaner Ganzheit und lokaler Dynamik	5
<b>2</b>	<b>Weber-Elektrodynamik</b>	<b>7</b>
2.1	Die Gleichung der Weber-Elektrodynamik	7
2.1.1	Impuls und Energie	7
2.1.2	Lichtgeschwindigkeit und Raummodell	7
2.1.3	Vorteile der Weber-Elektrodynamik	7
2.2	Vergleichende Beispielrechnungen	8
2.2.1	Kraft zwischen gleichförmig bewegten Ladungen	8
2.2.2	Strahlungsdämpfung harmonischer Schwingung	8
2.2.3	Interpretation der Ergebnisse	8
2.3	Vektorielle Form der Weber-Kraft	9
2.3.1	Herleitung aus der skalaren Form	9
2.3.2	Vollständige vektorielle Form	9
2.3.3	Physikalische Interpretation	10
2.3.4	Anwendungsbeispiel: Kreisförmige Bewegung	10
2.3.5	Grafische Darstellung der Kraftkomponenten	10
2.3.6	Vektorielle Komponentenzersetzung	10
2.3.7	Praktische Anwendungsfälle	11
2.3.8	Vorteile gegenüber der Maxwell-Theorie	11
2.3.9	Konkrete Beispiele	11
2.3.10	Grenzen der Anwendbarkeit	12
2.4	Die Weber-Elektrodynamik und das EPR-Paradoxon: Zwei komplementäre Ansätze	12
2.4.1	Nicht-Lokalität: Zwei physikalische Manifestationen	12
2.4.2	Instantaneität und Kausalitätsbegriff	13

2.5	Raummodelle . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Weber-Gravitation</b>	<b>15</b>
3.1	Herleitung der Weber-Gravitation . . . . .	15
3.1.1	Test am Merkur-Perihel – und warum die Theorie scheiterte . . . . .	15
3.1.2	Modifizierter Tisserand-Ansatz . . . . .	15
3.1.3	Physikalische Bedeutung des beta-Parameters . . . . .	16
3.1.4	Anwendungen des beta-Parameters . . . . .	16
3.2	Expansion (Hubble-Konstante) und Rotverschiebung in der Weber-Gravitation	17
3.2.1	Rotverschiebung in der Weber-Gravitation . . . . .	17
3.2.2	Hubble-Konstante in der Weber-Gravitation . . . . .	18
3.2.3	Konsequenzen für die Kosmologie . . . . .	18
3.2.4	Experimentelle Unterscheidung . . . . .	18
3.2.5	Konsequenzen für die Größe des Universums . . . . .	18
3.2.6	Statisches Universum . . . . .	19
3.2.7	Kosmologische Implikationen . . . . .	19
3.2.8	Bahngleichung 1. Ordnung . . . . .	19
3.2.9	Bahngleichung 2. Ordnung . . . . .	20
<b>4</b>	<b>De-Broglie-Bohm-Theorie</b>	<b>21</b>
4.1	Eine kausale Alternative zur Quantenmechanik . . . . .	21
4.1.1	Grundlegende Konzepte der DBT . . . . .	21
4.1.2	Vergleich mit der Standardquantenmechanik . . . . .	22
4.1.3	Nicht-Lokalität und Kausalität . . . . .	22
4.1.4	Synthese mit der Weber-Elektrodynamik . . . . .	22
4.1.5	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	22
4.2	Die Synthese von WG und DBT . . . . .	23
4.2.1	Herleitung der Synthese . . . . .	23
4.2.2	Herleitung der Rotationskurven in der WG-DBT-Synthese . . . . .	23
4.3	Herleitung der Lichtablenkung in der WG-DBT-Synthese . . . . .	25
4.3.1	Grundgleichungen der Synthese . . . . .	25
4.3.2	Bahngleichung für Photonen . . . . .	25
4.3.3	Lösung für kleine Ablenkungen . . . . .	26
4.3.4	Quantenmechanische Korrektur in der WG-DBT-Synthese . . . . .	26
4.3.5	Experimentelle Konsequenzen . . . . .	26
4.4	Herleitung des Shapiro-Effekts in der Weber-Gravitation . . . . .	26
4.4.1	Metrik und Nullgeodäten . . . . .	27
4.4.2	Laufzeitintegral . . . . .	27
4.4.3	Wellenlängenabhängigkeit . . . . .	27
4.4.4	Experimentelle Konsequenzen . . . . .	27
4.4.5	Shapiro-Effekt in der WG-DBT-Synthese . . . . .	27
4.5	Die Bahngleichung in der WG-DBT-Synthese . . . . .	28
4.5.1	Herleitung der kompensierten Lösung . . . . .	28
4.5.2	Mathematischer Beweis der Termkompensation . . . . .	28
4.5.3	Vertiefende Erklärungen zur Bahngleichung . . . . .	29
4.6	Herleitung der Winkelgeschwindigkeit . . . . .	30
4.6.1	Winkelgeschwindigkeit in der WG-DBT-Synthese . . . . .	30
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>31</b>
5.1	Eine quantisierte De-Broglie-Bohm-Theorie – Konsequenzen und Perspektiven	31
5.1.1	Grundannahmen des Modells . . . . .	31



5.1.2	Konsequenzen für die Dynamik der DBT	31
5.1.3	Experimentelle Konsequenzen	32
5.1.4	Philosophische Implikationen	32
5.1.5	Die quantisierte De-Broglie-Bohm-Theorie	32
5.2	Emergenz physikalischer Theorien aus diskreten Strukturen	33
5.2.1	Emergenz der Speziellen Relativitätstheorie	33
5.2.2	Emergenz der Allgemeinen Relativitätstheorie	34
5.2.3	Fraktale Grundlagen der Dodekaeder-Struktur	34
5.2.4	Experimentelle Konsequenzen	35
5.2.5	Zusammenfassung	35
5.2.6	Die fraktale Dimension	35
5.3	Fraktale Raumstruktur und kritische Dimension	36
5.3.1	Mathematische Herleitung der fraktalen Dimension	36
5.3.2	Physikalische Interpretation	36
5.3.3	Vergleich mit der Euler-Zahl	37
5.3.4	Konsequenzen für die Quantengravitation	37
5.4	Das fundamentale Raumwachstumsgesetz	37
5.4.1	Kritik am Euler'schen Wachstumsmodell	37
5.4.2	Das fraktale Raumwachstumsgesetz	38
5.4.3	Physikalische Konsequenzen	38
5.4.4	Experimentelle Evidenz	39
5.5	Paradigmenwechsel in der Wachstumsmodellierung	39
5.6	Herleitung der Naturkonstanten aus fraktaler Raumstruktur	40
5.6.1	Fundamentale Parameter des Raumgitters	40
5.6.2	Herleitung der Lichtgeschwindigkeit	40
5.6.3	Gravitationskonstante und Quantenpotential	41
5.6.4	Planck-Wirkungsquantum	41
5.6.5	Feinstrukturkonstante als topologische Invariante	41
5.7	Materieerzeugung im nicht-Urknall-basierten Universum	42
5.7.1	Mögliche Erklärungsansätze im Überblick	42
5.7.2	Die minimalste universelle Erklärung	43
5.7.3	Rolle der weiteren Mechanismen	43
5.7.4	Der nächste minimalste Schritt	43
5.8	Materieentstehung in der WDBT	44
5.9	Die Dynamik von Materie und Kosmos in der WDBT	45
5.10	Der spezifische Widerstand in der Weber-Elektrodynamik	46
5.10.1	Modellierung der Elektronenstreuung	47
5.10.2	Herleitung des spezifischen Widerstands	47
5.10.3	Temperaturabhängigkeit und experimentelle Konsequenzen	47
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>49</b>
6.1	Systematische Widersprüche der etablierten Theorien und ihre Auflösung durch die WDBT	49
6.1.1	Die Widersprüche der ART	49
6.1.2	Die Widersprüche der Maxwell-Theorie	49
6.1.3	Die Heuchelei des Establishments	50
6.1.4	Der Weg zur wissenschaftlichen Revolution	50
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>51</b>
7.1	Der Aharonov-Bohm-Effekt	51
7.1.1	Experimentelle Anordnung	51

---

7.1.2	Theoretische Beschreibung . . . . .	51
7.1.3	Physikalische Bedeutung . . . . .	51
7.1.4	Experimentelle Bestätigung . . . . .	51
7.2	Bellsche Ungleichungen . . . . .	52
7.2.1	Theoretische Formulierung . . . . .	52
7.2.2	Quantenmechanische Vorhersage . . . . .	52
7.2.3	Experimentelle Bestätigung . . . . .	52
7.2.4	Interpretation . . . . .	52
7.3	Exakte Herleitung der Weber-Gravitationsbahngleichung . . . . .	53
7.3.1	Ausgangsgleichungen . . . . .	53
7.3.2	Transformation auf Winkelkoordinaten . . . . .	53
7.3.3	Störungsrechnung . . . . .	53
7.3.4	Lösung der Störungsgleichung . . . . .	53
7.3.5	Periheldrehung . . . . .	54
7.3.6	Kritische Diskussion . . . . .	54
7.4	Potentialunterschiede in Weber-Theorien . . . . .	54
7.4.1	Weber-Elektrodynamik . . . . .	54
7.4.2	Weber-Gravitation . . . . .	54
7.5	Herleitung der Periodendauer eines Planeten in der WDBT . . . . .	55
7.6	Dynamik der wahren Anomalie . . . . .	56

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Zeitlicher Verlauf der Rückwirkungskräfte . . . . .	9
2.2	Visualisierung der vektoriellen Weber-Kraftkomponenten. $\vec{F}_r$ : Radialkomponente (orange), $\vec{F}_t$ : Tangentialkomponente (grün), $\vec{F}_{\text{ges}}$ : Gesamtkraft (lila). Die Grafik zeigt den Fall $\theta = 63^\circ$ . . . . .	10



# Tabellenverzeichnis

2.1	Kraftberechnung im Vergleich . . . . .	8
5.1	Vorhersagen der diskreten DBT . . . . .	35
5.2	Vergleich der mathematischen Konstanten . . . . .	37
5.3	Wachstumsgesetze im Vergleich . . . . .	38



# Kapitel 1

## Grundlagen einer alternativen Quantengravitation

### 1.1 Motivation

Die moderne Physik steht vor grundlegenden Widersprüchen: Während die ART die Gravitation als Krümmung der Raumzeit beschreibt, basiert die Spezielle Relativitätstheorie (SRT) auf idealisierten Inertialsystemen, die in einer gekrümmten Raumzeit streng genommen nicht existieren können. Dieser Konflikt wirft Fragen auf – etwa zur Natur der Lichtgeschwindigkeit, die in der SRT absolut ist, in der ART jedoch lokal variabel.

„Einstein’s postulates contain inherent contradictions when applied to real gravitational systems, challenging the universality of special relativity.“ [8]

Hinzu kommen ungelöste Probleme der Quantenmechanik: der Welle-Teilchen-Dualismus, der „Kollaps“ der Wellenfunktion bei Messungen und nicht-lokale Verschränkung. Selbst erfolgreiche Theorien wie die QED postulieren scheinbar paradoxe Phänomene, etwa virtuelle Photonen mit Überlichtgeschwindigkeit im Pfadintegralformalismus.

Diese Spannungen deuten darauf hin, dass die etablierten Modelle möglicherweise nur Annäherungen an eine tiefere Realität sind. Statt Dogmen zu folgen, sollten wir alternative Perspektiven prüfen – wie die Weber-Elektrodynamik oder die DBT, die in diesem Buch vorgestellt werden.

„The observer-dependent collapse of the wavefunction is not a fundamental feature of nature but a limitation of the standard interpretation.“ [5]

#### 1.1.1 Dogmatismus und blinde Flecken der modernen Physik

Die heutige Physik leidet unter einer paradoxen Situation: Einerseits werden etablierte Theorien wie die ART oder Quantenfeldtheorie kaum hinterfragt, obwohl sie fundamentale Schwächen aufweisen – Singularitäten in Schwarzen Löchern, unendliche Selbstenergien von Teilchen oder die Notwendigkeit „dunkler“ Entitäten. Andererseits werden unorthodoxe Ansätze oft bereits im Peer-Review aussortiert, obwohl sie Lösungen für diese Probleme bieten könnten.

Ein Beispiel ist die Interpretation der Hintergrundstrahlung (CMB) als Beweis für den Urknall. Alternative Erklärungen – etwa thermische Gleichgewichtsprozesse in Plasmen – werden kaum diskutiert, obwohl sie ohne Singularitäten auskommen. Ähnlich verhält es sich mit

der Rotverschiebung von Galaxien, die nicht zwingend auf eine Expansion des Universums hindeuten muss.

„Theoretical physics has become stuck in a paradigm that values mathematical elegance over empirical testability, leading to a stagnation of genuine progress.“ [9]

### 1.1.2 Spekulation statt Fortschritt

Seit den revolutionären Durchbrüchen der Quantenmechanik und Relativitätstheorie vor einem Jahrhundert gab es kaum vergleichbare Fortschritte. Stattdessen dominieren spekulative Konzepte wie höhere Dimensionen oder Multiversen, die empirisch kaum überprüfbar sind.

Doch Wissenschaft sollte sich auf beobachtbare Phänomene konzentrieren. Die Weber-Elektrodynamik zeigt, wie sich elektromagnetische Effekte ohne Felder beschreiben lassen – durch direkte Wechselwirkungen zwischen Ladungen. Solche Ansätze könnten den Weg zu einer konsistenteren Physik ebnen.

### 1.1.3 Alternative Theorien

Ein zentrales Problem der modernen Physik liegt in ihrem übermäßigen Vertrauen in die Mathematik. Nur weil etwas mathematisch formulierbar ist, muss es noch lange nicht der physikalischen Realität entsprechen. Doch statt diese Grenzen anzuerkennen, werden grundlegende Prinzipien der klassischen Physik – wie Energieerhaltung oder die Gesetze der Thermodynamik – zugunsten abstrakter Gleichungen aufgegeben. Die ART beispielsweise postuliert eine dynamische Raumzeit, die scheinbar Energie aus dem Nichts erzeugen oder vernichten kann. Wo bleibt da die strenge Bilanz der Physik?

Konkrete Widersprüche zeigen sich in der Praxis: Nach der ART müssten Planeten durch die Abstrahlung von Gravitationswellen Energie verlieren – doch warum sind Planetenbahnen dann über Milliarden Jahre stabil? Wenn die Raumzeit als elastisches Gebilde beschrieben wird, das sich verformen und bewegen lässt: Welche Kraft verrichtet hier Arbeit, und woher kommt die Energie dafür? Die Standarderklärungen bleiben vage oder weichen auf mathematische Tricks aus.

Auch die vermeintlichen Beweise für den Urknall sind keineswegs so eindeutig, wie oft behauptet wird. Die kosmische CMB wird automatisch als Echo des Urknalls interpretiert – doch es gibt alternative Erklärungen, etwa thermische Gleichgewichtsprozesse oder Streuphänomene.

„The interpretation of cosmic microwave background as proof of the Big Bang ignores alternative explanations, such as intrinsic redshifts in plasma cosmology.“ [2]

Ebenso könnte die Rotverschiebung von Galaxien nicht nur durch Expansion, sondern auch durch andere Mechanismen verursacht werden. Selbst Phänomene wie die Lichtablenkung oder der Shapiro-Effekt lassen sich ohne ART erklären, wenn man alternative Gravitationsmodelle zulässt.

„Weber’s formulation of electrodynamics provides a consistent framework for gravitational phenomena without invoking curved spacetime.“ [3]

In diesem Buch sollen solche alternativen Erklärungen aufgezeigt werden. Die Physik darf nicht bei mathematischen Dogmen stehen bleiben – sie muss sich wieder auf Logik, Experiment und echte Kausalität besinnen.



## 1.2 Abweichende Perspektiven in der Physik: Licht, Relativität und alternative Modelle

### 1.2.1 Feynmans Teilchenmodell des Lichts

Richard Feynman argumentierte, dass selbst Interferenzphänomene durch Teilchen (Photonen) erklärbar sind – ohne Wellen. Dies wirft die Frage auf: Ist der Welle-Teilchen-Dualismus wirklich notwendig, oder spiegelt er nur die Grenzen unserer Modelle wider?

### 1.2.2 Widersprüche in der QED: Überlichtschnelle Photonen und Pfadintegrale

Der Pfadintegralformalismus der QED summiert über alle möglichen Photonenpfade – inklusive solcher mit Überlichtgeschwindigkeit. Mathematisch führt dies zu korrekten Vorhersagen, doch physikalisch bleibt unklar:

- Wenn Photonen virtuell schneller als Licht sein können, widerspricht dies nicht der SRT?
- Ist die Lichtgeschwindigkeit wirklich eine absolute Grenze, oder nur ein makroskopischer Effekt?

### 1.2.3 Energieabhängige Lichtgeschwindigkeit? Experimentelle Hinweise

Einige alternative Theorien (z. B. Schleifenquantengravitation oder VSL-Modelle) schlagen vor, dass die Lichtgeschwindigkeit von der Photonenenergie abhängen könnte. Mögliche Indizien:

- Gammablitze mit extrem hohen Energien zeigen minimale Laufzeitunterschiede (z. B. Fermi-Teleskop-Daten).
- Quantengravitationseffekte könnten bei hohen Energien zu Dispersion führen.

„The constancy of the speed of light is not an immutable law but a parameter that may vary under extreme conditions, offering solutions to cosmological puzzles.“ [7]

## 1.3 Die Entwicklung des Wellenkonzepts in der Physik

Das Verständnis von Wellen in der Physik hat sich im Laufe der Zeit radikal gewandelt. Während klassische Wellen wie Schall oder Wasserwellen als Störungen eines materiellen Mediums beschrieben werden konnten, führten elektromagnetische Wellen und Quantenphänomene zu grundlegenden Umbrüchen. Maxwell zeigte 1865, dass Licht sich als elektromagnetische Welle auch ohne Äther ausbreitet – was die Frage aufwarf, wie Energie ohne Trägermedium transportiert wird. Die SRT etablierte die Lichtgeschwindigkeit als absolute Grenze, während die ART sie als lokal variabel beschreibt – ein scheinbarer Widerspruch, den alternative Theorien wie die Weber-Elektrodynamik zu lösen versuchen.

Die Quantenphysik revolutionierte das Wellenkonzept weiter: De Broglie verband Teilchen- und Welleneigenschaften, und die QED beschreibt Photonen als Felder mit überlichtschnellen Pfadintegral-Komponenten. Doch diese mathematische Eleganz wirft physikalische Deutungsprobleme auf – etwa die Rolle des Beobachters beim Kollaps der Wellenfunktion oder die nicht-lokale Natur der Quantenverschränkung. Auch Gravitationswellen in der ART bleiben rätselhaft: Wenn Raumzeit als schwingendes Medium gilt, woher stammt die Energie für ihre Verformung?

Diese Widersprüche zeigen, dass die etablierten Theorien möglicherweise nur Annäherungen an eine tiefere Wahrheit sind. Die Physik steht vor grundlegenden Fragen: Ist die Lichtge-

schwindigkeit wirklich konstant? Wie vereint man Quantenphysik und Relativität? Gibt es eine objektive Realität jenseits des Beobachters? Die Suche nach Antworten könnte eine neue wissenschaftliche Revolution auslösen – eine, die unser Verständnis von Wellen und der fundamentalen Natur der Wirklichkeit grundlegend verändert.

## 1.4 Wellenphänomene: Die Dualität von instantaner Ganzheit und lokaler Ausbreitung

Wellen besitzen eine einzigartige Doppelnatur, die sich durch die gesamte Physik zieht. Einerseits zeigen sie lokale Ausbreitungsphänomene, andererseits weisen sie instantane globale Eigenschaften auf, die sich jeder klassischen Kausalität entziehen. Diese Dualität wird besonders deutlich, wenn wir die fundamentalen Wechselwirkungen betrachten.

Die newtonsche Mechanik postuliert mit „*actio = reactio*“ eine instantane Fernwirkung - eine Kraft wirkt unverzüglich zwischen zwei Körpern. Mathematisch ausgedrückt:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (1.1)$$

Diese Gleichung beschreibt eine momentane Wechselwirkung ohne zeitliche Verzögerung. Ähnlich verhält es sich im Coulombschen Gesetz:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (1.2)$$

Diese Fernwirkungstheorien funktionieren in ihrem Gültigkeitsbereich bemerkenswert gut, wie die erfolgreiche Beschreibung planetarer Bewegungen zeigt. Sie bleiben aber unvollständig, da sie den Energie- und Impulstransport zwischen den wechselwirkenden Körpern nicht erklären können.

Interferenzphänomene offenbaren eine weitere tiefgreifende Eigenschaft von Wellen. Betrachten wir das Doppelspaltexperiment: Die Wahrscheinlichkeitsdichte an einem Punkt  $x$  auf dem Schirm ergibt sich aus der Überlagerung der Teilwellen:

$$|\Psi(x)|^2 = |\psi_1(x) + \psi_2(x)|^2 \quad (1.3)$$

Dieses Muster erfüllt einen energetischen Zweck - es minimiert die Gesamtenergie des Systems. Die Welle „weiß“ instantan, wie sie sich verteilen muss, um dieses Minimum zu erreichen, ohne dass eine lokale Wechselwirkung dies erklären könnte.

Die Weber-Elektrodynamik bietet hier einen interessanten Brückenschlag. Sie erweitert das Coulombsche Gesetz um geschwindigkeits- und beschleunigungsabhängige Terme:

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left[ 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{2r\ddot{r}}{c^2} \right] \hat{r} \quad (1.4)$$

Diese Gleichung beschreibt:

1. Den statischen Coulomb-Term (instantane Fernwirkung)
2. Einen geschwindigkeitsabhängigen Term (magnetische Effekte)
3. Einen beschleunigungsabhängigen Term (Strahlungswiderstand)

Die instantane Komponente bleibt erhalten, wird aber durch retardierte Effekte ergänzt. Dies zeigt, wie eine Theorie sowohl momentane Wechselwirkungen als auch Ausbreitungseffekte vereinen kann. Diese Form soll als „**skalare Form**“ bezeichnet werden.

Die energetische Betrachtung offenbart den tieferen Sinn dieser Doppelnatur. Eine Welle im Gleichgewichtszustand minimiert stets die Gesamtenergie:

$$\delta \int \left[ \frac{\hbar^2}{2m} |\nabla \Psi|^2 + V |\Psi|^2 \right] d^3x = 0 \quad (1.5)$$

Diese Bedingung wird global instantan erfüllt, während sich lokale Störungen mit endlicher Geschwindigkeit ausbreiten. Die Weber-Elektrodynamik zeigt, dass ähnliche Prinzipien auch in der klassischen Physik wirksam sind - die instantane Komponente sorgt für die Energieerhaltung, während die retardierten Terme den Energietransport beschreiben.

Die Konsequenzen dieser Betrachtung sind weitreichend:

1. Instantane Effekte sind nicht unbedingt unphysikalisch, sondern können energetische Zwangsbedingungen darstellen
2. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit beschreibt nur den Energietransport, nicht die globale Struktur
3. Fernwirkungstheorien enthalten einen wahren Kern, der in modernen Theorien oft vernachlässigt wird

Diese Erkenntnisse ebnen den Weg für ein neues Verständnis von Wellenphänomenen, das die scheinbaren Widersprüche zwischen instantaner Ganzheit und lokaler Kausalität auflösen könnte.

## 1.5 Das erweiterte Kausalitätskonzept: Eine synthetische Betrachtung von instantaner Ganzheit und lokaler Dynamik

Die herkömmliche Vorstellung von Kausalität als linearer Ursache-Wirkungs-Kette mit strenger Lokalität und endlicher Ausbreitungsgeschwindigkeit erweist sich bei genauer Betrachtung der Wellenphänomene als zu eng gefasst. Die Physik steht vor dem Paradoxon, dass einerseits die Relativitätstheorie eine maximale Signalgeschwindigkeit postuliert, während andererseits Quantenphänomene wie Verschränkung und das Einstein-Podolsky-Rosen-Paradoxon (EPR-Paradoxon) [6] nahelegen, dass bestimmte Korrelationen instantan über beliebige Distanzen hinweg bestehen können. Dieses Spannungsfeld verlangt nach einem neuen, umfassenderen Kausalitätsbegriff.

Der Schlüssel zum Verständnis liegt in der Anerkennung zweier komplementärer, aber gleichberechtigter Kausalitätsebenen, die gemeinsam die Dynamik physikalischer Systeme bestimmen. Auf der einen Seite steht die lokale Kausalität, wie sie durch die Maxwellschen Gleichungen oder die relativistische Feldtheorie beschrieben wird. Diese Ebene regelt den Energietransport und die Ausbreitung von Störungen im Raum mit endlicher Geschwindigkeit. Die bekannte Lichtkegel-Struktur der Raumzeit mit ihrer strikten Trennung von zeitartigen, lichtartigen und raumartigen Abständen gehört in diesen Bereich.

Parallel dazu existiert eine systemische Kausalitätsebene, die für die globale Organisation des Wellenfeldes verantwortlich ist. Diese manifestiert sich in Phänomenen wie der spontanen Symmetriebrechung, dem Aharonov-Bohm-Effekt (Abschnitt 7.1) oder den bereits erwähnten verschränkten Quantenzuständen. Während die lokale Kausalität durch Differentialgleichungen mit Randbedingungen beschrieben wird, folgt die systemische Kausalität einem

Variationsprinzip, dass das gesamte System simultan optimiert. Das Quantenpotential [5]

$$Q(\vec{r}, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 \sqrt{\rho(\vec{r}, t)}}{\sqrt{\rho(\vec{r}, t)}} \quad (1.6)$$

ist hierfür ein ausgezeichnetes Beispiel - es wirkt nicht durch lokale Wechselwirkungen, sondern durch die instantane Anpassung der gesamten Wellenfunktion an die globalen Randbedingungen.

Die Weber-Elektrodynamik mit ihrer charakteristischen Kraftgleichung (Gl. 1.4) zeigt exemplarisch, wie beide Kausalitätsebenen in einer konsistenten Theorie vereint werden können. Der erste Term repräsentiert die systemische Komponente - eine instantane Coulomb-Wechselwirkung, die für die grundlegende Struktur der Fernwirkung sorgt. Die zusätzlichen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsterme hingegen beschreiben die lokale Dynamik des Energietransports, einschließlich retardierter Effekte und Strahlungsphänomene.

Diese duale Struktur der Kausalität löst zahlreiche konzeptionelle Probleme der modernen Physik. So erklärt sie beispielsweise, warum im Doppelspaltexperiment das Interferenzmuster auch dann entsteht, wenn die Teilchen nacheinander das Experiment durchlaufen - die systemische Kausalität „kennt“ die Gesamtanordnung und organisiert die Wahrscheinlichkeitsverteilung entsprechend. Gleichzeitig bleibt der Energietransport durch die lokale Kausalität begrenzt, was Relativitätsprinzipien nicht verletzt.

Die Konsequenzen dieses erweiterten Kausalitätsverständnisses sind tiefgreifend. Es ermöglicht eine physikalische Interpretation der Quantenmechanik, die ohne den problematischen „Kollaps“ der Wellenfunktion auskommt. Messprozesse erscheinen nicht mehr als mysteriöse Eingriffe in das System, sondern als besondere Fälle der systemischen Selbstorganisation. Die scheinbare Beobachterabhängigkeit quantenmechanischer Phänomene erweist sich als Spezialfall der allgemeinen systemischen Kausalität, die immer dann besonders augenfällig wird, wenn ein Teilsystem (der „Beobachter“) mit einem anderen (dem „beobachteten System“) korreliert.

Letztlich führt dieser Ansatz zu einer natürlichen Synthese von klassischer und Quantenphysik, von Relativitätstheorie und Wellenmechanik. Anstatt die paradoxen Aspekte der Quantentheorie als grundlegende Prinzipien zu akzeptieren, erklärt sie sie als Konsequenz des Zusammenspiels zweier komplementärer Kausalitätsebenen - einer systemischen Ganzheit, die instantan wirkt, und einer lokalen Dynamik, die den Energie- und Impulstransport mit endlicher Geschwindigkeit vermittelt.

## Kapitel 2

# Weber-Elektrodynamik

### 2.1 Die Gleichung der Weber-Elektrodynamik

Die Weber-Elektrodynamik stellt eine alternative Formulierung der elektrodynamischen Wechselwirkungen dar, die auf einer Erweiterung des Coulombschen Gesetzes basiert (Gl. 1.4).

Diese Gleichung beschreibt die Kraft zwischen zwei Ladungen  $q_1$  und  $q_2$ , wobei  $r$  der Abstand zwischen ihnen ist,  $\dot{r}$  die relative Geschwindigkeit,  $\ddot{r}$  die relative Beschleunigung und  $c$  die Lichtgeschwindigkeit. Der erste Term entspricht der klassischen Coulomb-Kraft, während die zusätzlichen Terme geschwindigkeits- und beschleunigungsabhängige Effekte berücksichtigen.

#### 2.1.1 Impuls und Energie

In der Weber-Elektrodynamik wird der Impuls- und Energietransport direkt durch die Wechselwirkung zwischen Ladungen beschrieben. Die Gesamtenergie des Systems setzt sich aus der potentiellen Energie der Coulomb-Wechselwirkung und den kinetischen Termen der relativen Bewegung zusammen:

$$E = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 + \frac{q_1q_2}{4\pi\epsilon_0r} \left[ 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} \right] \quad (2.1)$$

Diese Formulierung zeigt, wie die Weber-Theorie die Energieerhaltung auch bei dynamischen Prozessen gewährleistet.

#### 2.1.2 Lichtgeschwindigkeit und Raummodell

Ein zentraler Aspekt der Weber-Elektrodynamik ist ihre Behandlung der Lichtgeschwindigkeit  $c$ . Im Gegensatz zur SRT, die  $c$  als absolute Konstante postuliert, erscheint  $c$  in der Weber-Theorie als Parameter, der die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wechselwirkungen bestimmt. Dies ermöglicht ein Raummodell, in dem die Lichtgeschwindigkeit nicht als universelle Grenze, sondern als Eigenschaft der Wechselwirkung selbst interpretiert wird.

#### 2.1.3 Vorteile der Weber-Elektrodynamik

Die Weber-Elektrodynamik bietet mehrere konzeptionelle Vorteile:

1. **Vermeidung von Feldern:**

Da die Wechselwirkungen direkt zwischen Ladungen beschrieben werden, entfällt die Notwendigkeit eines Feldes als vermittelnde Entität.

**2. Konsistente Fernwirkung:**

Die Theorie vereint instantane und retardierte Effekte in einer einzigen Gleichung, wodurch die scheinbaren Widersprüche der klassischen Fernwirkung aufgelöst werden.

**3. Energieerhaltung:**

Die Weber-Kraft gewährleistet automatisch die Erhaltung von Energie und Impuls, ohne zusätzliche Annahmen.

**4. Alternative Darstellung:**

Die Theorie bietet eine Möglichkeit, elektrodynamische Phänomene ohne die Postulate der speziellen Relativitätstheorie zu beschreiben.

Die Weber-Elektrodynamik stellt eine elegante und konsistente Alternative zur herkömmlichen Feldtheorie dar. Durch ihre Kombination aus instantanen und retardierten Effekten ermöglicht sie ein tieferes Verständnis der elektrodynamischen Wechselwirkungen und eröffnet neue Perspektiven auf fundamentale Fragen der Physik, wie die Natur der Lichtgeschwindigkeit und die Struktur des Raumes.

**2.2 Vergleichende Beispielrechnungen****2.2.1 Kraft zwischen gleichförmig bewegten Ladungen**

**Szenario:** Zwei Punktladungen  $q_1 = q_2 = e$  (Elementarladung) bewegen sich parallel mit  $v = 0,1c$  im Abstand  $d = 1 \text{ \AA}$ .

Tabelle 2.1: Kraftberechnung im Vergleich

	Maxwell	Weber
Coulomb-Term	$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d^2} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$
Magnetischer Term	$\frac{\mu_0 e^2 v^2}{4\pi d^2}$	–
Kraftasymmetrie	$2F_B = 5,12 \times 10^{-11} \text{ N}$	0

$$F_{\text{Weber}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d^2} \left[1 - \frac{v^2}{c^2}\right] \approx 2,29 \times 10^{-8} \text{ N} \quad (2.2)$$

**2.2.2 Strahlungsdämpfung harmonischer Schwingung**

Für ein Elektron mit  $x(t) = x_0 \cos(\omega t)$ :

$$\text{Maxwell: } P = \frac{e^2 \omega^4 x_0^2}{6\pi\epsilon_0 c^3} \cos^2(\omega t) \quad (2.3)$$

$$\text{Weber: } F_{\text{damp}} = -\frac{e^2 \omega^2 \dot{x}}{4\pi\epsilon_0 c^3} \quad (2.4)$$

**2.2.3 Interpretation der Ergebnisse**• **Actio=Reactio:**

Während die Maxwell-Theorie eine Asymmetrie in der magnetischen Kraftkomponente von  $2F_B$  zeigt, bleibt in der Weber-Elektrodynamik die Symmetrie gewahrt.

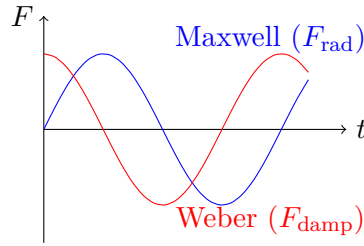


Abbildung 2.1: Zeitlicher Verlauf der Rückwirkungskräfte

- **Strahlungsdämpfung:**

Die Weber-Theorie liefert eine lokale Beschreibung der Dämpfung ohne die kausalen Paradoxien der Abraham-Lorentz-Kraft:

$$\tau_{\text{Weber}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mc^3} \approx 6,3 \times 10^{-24} \text{ s} \quad (2.5)$$

- **Energieerhaltung:**

Beide Theorien erhalten die Gesamtenergie, aber die Weber-Elektrodynamik benötigt kein separates Feldkonzept.

## 2.3 Vektorielle Form der Weber-Kraft

### 2.3.1 Herleitung aus der skalaren Form

Die skalare Weber-Kraft (Gl. 1.4), lässt sich durch Ausdrücken von  $\dot{r}$  und  $\ddot{r}$  durch Vektorgrößen verallgemeinern. Für den Relativvektor  $\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$  gilt:

#### Umrechnung der zeitlichen Ableitungen

##### 1. Erste Ableitung:

$$\dot{r} = \frac{d}{dt} \|\vec{r}\| = \frac{\vec{r} \cdot \dot{\vec{r}}}{r} = \hat{\vec{r}} \cdot \vec{v} \quad (2.6)$$

wobei  $\vec{v} = \dot{\vec{r}}$  die Relativgeschwindigkeit und  $\hat{\vec{r}} = \vec{r}/r$  der Einheitsvektor ist.

##### 2. Zweite Ableitung:

$$\begin{aligned} \ddot{r} &= \frac{d}{dt} \left( \frac{\vec{r} \cdot \vec{v}}{r} \right) \\ &= \frac{\|\vec{v}\|^2 + \vec{r} \cdot \vec{a}}{r} - \frac{(\vec{r} \cdot \vec{v})^2}{r^3} \\ &= \frac{v^2 - (\hat{\vec{r}} \cdot \vec{v})^2}{r} + \hat{\vec{r}} \cdot \vec{a} \end{aligned} \quad (2.7)$$

mit  $\vec{a} = \dot{\vec{v}}$  der Relativbeschleunigung.

### 2.3.2 Vollständige vektorielle Form

Durch Einsetzen in (Gl. 1.4) ergibt sich die „**vektorielle Form**“:

$$\vec{F}_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left\{ \left[ 1 - \frac{v^2}{c^2} + \frac{2r(\hat{\vec{r}} \cdot \vec{a})}{c^2} \right] \hat{\vec{r}} + \frac{2(\hat{\vec{r}} \cdot \vec{v})}{c^2} \vec{v} \right\} \quad (2.8)$$

### 2.3.3 Physikalische Interpretation

Die vektorielle Form zeigt explizit:

- **Radialkomponente:**  
Enthält Coulomb-Term, relativistische Korrektur und Beschleunigungsabhängigkeit
- **Tangentialkomponente:**  
 $\propto (\hat{\vec{r}} \cdot \vec{v})\vec{v}$  beschreibt geschwindigkeitsabhängige Effekte analog zum Magnetfeld

### 2.3.4 Anwendungsbeispiel: Kreisförmige Bewegung

Für eine Ladung  $q_2$  mit  $\vec{v} \perp \vec{r}$  (z.B. Kreisbahn):

$$\vec{F}_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left[ \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \hat{\vec{r}} + \frac{2v^2}{c^2} \hat{\vec{t}} \right] = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) \hat{\vec{r}} \quad (2.9)$$

Hier zeigt sich:

- Zusätzliche Zentripetalkraft  $\propto v^2/c^2$
- Exakte Erfüllung von Actio=Reactio trotz Bewegung

### 2.3.5 Grafische Darstellung der Kraftkomponenten

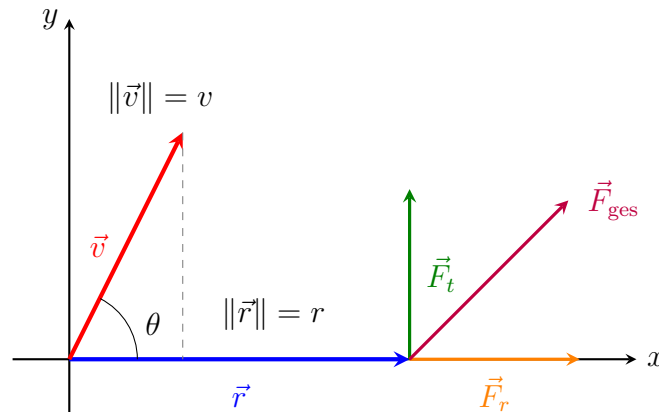


Abbildung 2.2: Visualisierung der vektoriellen Weber-Kraftkomponenten.

$\vec{F}_r$ : Radialkomponente (orange),  $\vec{F}_t$ : Tangentialkomponente (grün),

$\vec{F}_{\text{ges}}$ : Gesamtkraft (lila). Die Grafik zeigt den Fall  $\theta = 63^\circ$ .

### 2.3.6 Vektorielle Komponentenzerlegung

Ausgehend von Abb. 2.2 ergeben sich die Komponenten:

$$\vec{F}_r = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left[ 1 - \frac{v^2}{c^2} + \frac{2r a_r}{c^2} \right] \hat{\vec{r}} \quad (2.10)$$

$$\vec{F}_t = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left[ \frac{2v_r v_t}{c^2} \right] \hat{\vec{t}} \quad (2.11)$$

mit:



- $v_r = v \cos \theta$  (Radialgeschwindigkeit)
- $v_t = v \sin \theta$  (Tangentialgeschwindigkeit)
- $a_r = \dot{v}_r - v_t^2/r$  (Radialbeschleunigung)

### 2.3.7 Praktische Anwendungsfälle

**Fall 1: Rein radiale Bewegung** ( $\theta = 0^\circ$ )

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left[ 1 - \frac{v^2}{c^2} + \frac{2ra}{c^2} \right] \hat{r} \quad (2.12)$$

**Fall 2: Kreisbewegung** ( $\theta = 90^\circ$ )

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left[ \left( 1 + \frac{v^2}{c^2} \right) \hat{r} + \frac{2v^2}{c^2} \hat{t} \right] \quad (2.13)$$

### 2.3.8 Vorteile gegenüber der Maxwell-Theorie

- **Nanoplasmonik**
  - Exakte Beschreibung von Elektron-Elektron-Wechselwirkungen in Metallclustern ( $< 10$  nm)
  - Vermeidung der unendlichen Selbstenergie von Punktladungen
  - Präzisere Modellierung von Plasmonenresonanzen
- **Gequantelte Vakuumfelder**
  - Direkte Teilchenwechselwirkung ohne Nullpunktsschwankungen
  - Natürliche Regularisierung der Vakuumenergiedichte
  - Alternative zu störungstheoretischen QED-Rechnungen
- **Plasmaphysik dichte Plasmen**
  - Effizientere Simulation kollektiver Effekte
  - Exakte Impulserhaltung ohne Makroteilchen-Approximation
  - Bessere Handhabung kurzreichweitiger Korrelationen
- **Alternative Gravitationstheorien**
  - Konsistente Kopplung an skalar-tensorielle Gravitationsmodelle
  - Natürliche Einbettung in Mach'sche Prinzipien [4]
  - Vermeidung von Singularitäten in kompakten Objekten

### 2.3.9 Konkrete Beispiele

#### 1. Nicht-neutrale Plasmen in Fallen

Für Elektronen in Penning-Fallen zeigt die Weber-EM:

$$\omega_{\text{Weber}} = \omega_p \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{v_0^2}{c^2}} \quad (2.14)$$

während Maxwell-Theorie  $\omega_p = \sqrt{ne^2/\epsilon_0 m}$  vorhersagt.

## 2. Molekulare Dynamik in starken Feldern

Bei Laser-Materie-Wechselwirkung ( $> 10^{18} \text{ W/cm}^2$ ):

- Weber-EM reproduziert korrekt die retardierte Paarpotential-Form
- Vermeidet Artefakte der PIC-Simulationen („self-forces“)

### 2.3.10 Grenzen der Anwendbarkeit

- **Hohe Energien** ( $> 100 \text{ GeV}$ ): QED-Effekte dominieren
- **Ausgedehnte Strahlung**: Weber versagt bei  $\lambda \gg$  Teilchenabstand

## 2.4 Die Weber-Elektrodynamik und das EPR-Paradoxon: Zwei komplementäre Ansätze

Die scheinbare Konfrontation zwischen Weber-Elektrodynamik und EPR-Paradoxon entspringt einem grundlegenden Spannungsfeld in der modernen Physik: dem Ringen um ein konsistentes Verständnis von Kausalität und Nicht-Lokalität in klassischen und quantenmechanischen Systemen. Diese Diskussion gewinnt besondere Relevanz, da beide Ansätze - trotz ihrer unterschiedlichen Entstehungskontexte - alternative Perspektiven auf das Problem der Fernwirkung bieten.

Die Diskussion zwischen Weber-Elektrodynamik und EPR-Paradoxon beruht auf unterschiedlichen theoretischen Paradigmen. Die Weber-Theorie als klassische Fernwirkungstheorie beschreibt elektromagnetische Wechselwirkungen durch direkte Fernwirkung zwischen Ladungen, wobei sie bewusst auf Feldkonzepte verzichtet. Wilhelm Weber selbst strebte damit eine Vereinheitlichung mit newtonschen Prinzipien an, insbesondere der strikten Actio-Reactio-Symmetrie. Als vor-quantenmechanische Theorie macht sie keinen Anspruch, Quantenphänomene zu erklären.

Demgegenüber entstand das EPR-Paradoxon 1935 als Quanten-Gedankenexperiment zur Untersuchung nicht-lokaler Korrelationen. Die späteren Bellschen Ungleichungen (Abschnitt 7.2) und ihre experimentelle Bestätigung zeigten, dass diese Quantenverschränkung mit klassischen Lokaltätsvorstellungen unvereinbar ist. Beide Konzepte haben ihren legitimen Platz in der Physik: Die Quantenmechanik dominiert die mikroskopische Beschreibung, während die Weber-Elektrodynamik als historisch interessante Alternative für klassische Problemstellungen relevant bleibt.

### 2.4.1 Nicht-Lokalität: Zwei physikalische Manifestationen

Die vergleichende Betrachtung beider Theorien gewinnt an Bedeutung, da sie exemplarisch zeigen, wie unterschiedlich Nicht-Lokalität in physikalischen Modellen konzeptualisiert werden kann. Beide Theorien zeigen charakteristische Nicht-Lokalitäten, die sich jedoch grundlegend unterscheiden. Die Weber-Elektrodynamik beschreibt eine klassische Fernwirkung mit retardierter Kraftausbreitung (typischerweise Lichtgeschwindigkeit), wobei die Wechselwirkung von Relativgeschwindigkeit und -beschleunigung der Ladungen abhängt. Dies bleibt mit klassischer Kausalität und Energieerhaltung vereinbar.

Die Quantenmechanik zeigt dagegen instantane Korrelationen verschränkter Zustände, die sich durch keine lokalen verborgenen Variablen erklären lassen. Der entscheidende Unterschied liegt im physikalischen Mechanismus: Während die Weber-Theorie deterministische,

berechenbare Fernkräfte postuliert, handelt es sich bei quantenmechanischer Nicht-Lokalität um probabilistische Korrelationen ohne klassisches Kausalitätsgefüge.

### 2.4.2 Instantaneität und Kausalitätsbegriff

Die aktuelle Debatte um diese Konzepte spiegelt das grundlegende Dilemma der modernen Physik wider: den Widerspruch zwischen relativistischer Lokalität und quantenmechanischer Nicht-Lokalität. Die Weber-Elektrodynamik fordert eine Neubewertung des Kausalitätsbegriffs, da sie instantane Komponenten enthält, die jedoch keine Signale übertragen. Diese Terme entsprechen vielmehr strukturellen Randbedingungen - mathematischen Gradienten des Potentials im Konfigurationsraum, die globale Konsistenz sicherstellen. Sie wirken als topologische Notwendigkeit für energetische Minimierungsprozesse, ähnlich globalen Erhaltungssätzen.

Experimentell sind diese instantanen Effekte nicht manipulierbar, genau wie quantenmechanische Verschränkung keine überlichtschnelle Signalübertragung ermöglicht. Diese Betrachtungsweise zeigt, wie sich scheinbar widersprüchliche Prinzipien - lokale Kausalität und globale Instantaneität - in einem konsistenten Rahmen vereinen lassen, vergleichbar mit Bohms Konzept der „impliziten Ordnung“ oder Penroses Idee einer prä-geometrischen Raumzeit.

Die anhaltende Diskussion belegt, dass das Verständnis von Nicht-Lokalität und Kausalität nach wie vor zu den zentralen ungelösten Problemen der theoretischen Physik gehört. Beide Ansätze - obwohl historisch und konzeptionell verschieden - tragen wertvolle Einsichten zu dieser fundamentalen Frage bei, indem sie alternative Denkmodelle jenseits des konventionellen Feldparadigmas aufzeigen.

## 2.5 Raummodelle

Die moderne Physik operiert mit hochpräzisen mathematischen Beschreibungen der Natur, ohne jedoch ein konsistentes physikalisches Modell des Raumes selbst zu besitzen. Maxwells Theorie elektromagnetischer Wellen kommt ohne Äther aus, lässt aber die Frage nach dem eigentlichen Trägermedium unbeantwortet. Die ART ersetzt den klassischen Raum durch ein dynamisches Raumzeit-Kontinuum, doch dieses Konzept bleibt eine abstrakte mathematische Konstruktion ohne mechanistische Grundlage. Die auftretenden Singularitäten in Schwarzen Löchern und die Notwendigkeit dunkler Materie als Korrekturfaktor deuten auf tiefgreifende Probleme dieses Ansatzes hin.

Fernwirkungstheorien wie die Weber-Elektrodynamik bieten einen radikal anderen Zugang, indem sie auf ein Raummodell gänzlich verzichten und Wechselwirkungen direkt zwischen Teilchen beschreiben. Dieser Ansatz wirft die fundamentale Frage auf, ob der Raum möglicherweise kein primäres Konzept der Physik, sondern selbst ein emergentes Phänomen darstellt. Ein vielversprechender Alternativvorschlag wäre ein diskretes Raummodell auf Basis einer Dodekaeder-Struktur. Ein solches Modell könnte nicht nur die rätselhafte „Achse des Bösen“ in der kosmischen Hintergrundstrahlung erklären, sondern auch Naturkonstanten wie die Lichtgeschwindigkeit als Folgeerscheinung der zugrundeliegenden Gitterdynamik verständlich machen.

Das Schlüsselkonzept dieser neuen Perspektive ist Emergenz - die Vorstellung, dass die bekannten physikalischen Gesetze nicht fundamental sind, sondern sich aus einer tieferliegenden Struktur ergeben. Die SRT mit ihrer konstanten Lichtgeschwindigkeit würde sich dann als makroskopischer Effekt der diskreten Raumstruktur offenbaren, ähnlich wie die Thermodynamik aus der statistischen Mechanik hervorgeht. Die Krümmung der Raumzeit in der Allgemeinen Relativitätstheorie erschiene nicht mehr als primäre Eigenschaft, sondern als grobkörnige

Beschreibung von Verzerrungen im fundamentalen Dodekaeder-Netzwerk.

Besonders bemerkenswert ist die Möglichkeit, Teilcheneigenschaften durch topologische Invarianten wie Jones-Polynome zu beschreiben. Diese aus der Knotentheorie stammenden mathematischen Strukturen könnten eine Brücke zwischen diskreter Raumgeometrie und Quantenphänomenen schlagen, ohne auf das konventionelle Konzept von Quantenfeldern zurückgreifen zu müssen. Auf diese Weise ließe sich möglicherweise sogar das Problem der dunklen Materie umgehen, indem die beobachteten Galaxienrotationen direkt aus der Gitterdynamik folgen würden.

Die Physik steht an einem Scheideweg zwischen zwei grundverschiedenen Denkansätzen. Auf der einen Seite stehen Theorien wie die Allgemeine und Spezielle Relativitätstheorie, die mit einem mathematisch definierten Raummodell arbeiten - einer abstrakten Raumzeit, die sich krümmt und dehnt. Diese Theorien können zwar präzise Vorhersagen wie Gravitationswellen berechnen, doch sie bleiben letztlich deskriptiv: Sie beschreiben, wie die Natur sich verhält, ohne zu erklären, warum sie sich so verhält. Die Raumzeit der ART ist ein reines Rechenkonstrukt, das zwar funktioniert, dessen physikalische Manifestation aber im Dunkeln bleibt. Es ist, als würde man die Bewegung von Schatten an einer Wand perfekt vorhersagen können, ohne je die Gegenstände zu verstehen, die diese Schatten werfen.

Demgegenüber bieten Fernwirkungstheorien wie die Weber-Elektrodynamik einen radikal anderen Ansatz. Indem sie ganz auf ein Raummodell verzichten und Wechselwirkungen direkt zwischen Teilchen beschreiben, vermeiden sie die ontologischen Fallstricke der Relativitätstheorien. Dieser Ansatz ist in gewisser Weise bescheidener - er erhebt nicht den Anspruch, die Natur in ein vorgefertigtes mathematisches Korsett zu zwängen. Stattdessen folgt er dem Prinzip, dass nicht unsere Theorien der Natur ihre Gesetze vorschreiben sollten, sondern dass die Natur selbst bestimmt, welche Gesetzmäßigkeiten möglich sind.

Dieser Unterschied ist fundamental. Die ART/SRT gehen von einer mathematischen Idealität aus und versuchen, die Natur in dieses Ideal zu pressen. Der Fernwirkungsansatz hingegen beginnt mit den beobachtbaren Phänomenen und entwickelt daraus seine Beschreibung - eine Methode, die viel näher am eigentlichen Geist wissenschaftlicher Empirie liegt. Es ist der Unterschied zwischen einem Architekten, der der Landschaft seine Vorstellungen aufzwingt, und einem Gärtner, der mit den Gegebenheiten des Bodens arbeitet.

Die Tatsache, dass Fernwirkungstheorien ohne Raummodell auskommen und dennoch präzise Vorhersagen machen können, sollte uns zu denken geben. Sie zeigt, dass unser Hang zu anschaulichen Modellen möglicherweise mehr mit unseren kognitiven Beschränkungen zu tun hat als mit der Natur selbst. Vielleicht ist Raum tatsächlich nichts weiter als ein nützliches Konzept, das aus tieferliegenden Prinzipien emergiert - so wie Temperatur aus der Bewegung von Teilchen entsteht, ohne selbst ein fundamentales Konzept zu sein.

Die Relativitätstheorien haben zweifellos große Erfolge vorzuweisen. Doch ihre Abhängigkeit von einem abstrakten Raummodell, dessen physikalische Realität ungeklärt bleibt, ist eine ernsthafte Schwäche. Die Natur scheint sich nicht um unsere Vorlieben für bestimmte mathematische Strukturen zu kümmern. Ein wissenschaftlicher Ansatz, der dies anerkennt und sich darauf beschränkt, das Verhalten der Natur zu beschreiben, ohne ihr unnötige ontologische Strukturen aufzuzwingen, könnte letztlich fruchtbarer sein. Die Herausforderung besteht darin, eine solche Theorie zu entwickeln, die nicht nur frei von überflüssigen Annahmen ist, sondern auch die gleiche Vorhersagekraft besitzt wie die etablierten Modelle - ein Ziel, das durchaus erreichbar erscheint, wie die Weber-Elektrodynamik zeigt.

## Kapitel 3

# Weber-Gravitation

Dieses Kapitel beschäftigt sich nur mit der WG, und soll die Leistungsfähigkeit der WG gegenüber der ART aufzeigen.

### 3.1 Herleitung der Weber-Gravitation

Die Idee einer gravitativen Analogie zur Weber-Elektrodynamik geht auf den französischen Astronomen François-Félix Tisserand (1889) zurück. Inspiriert von der strukturellen Ähnlichkeit zwischen dem Newton'schen Gravitationsgesetz und dem Coulomb'schen Gesetz,

$$\vec{F}_{\text{Newton}} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}, \vec{F}_{\text{Coulomb}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (3.1)$$

versuchte Tisserand, die Weber-Kraft (ursprünglich für elektrodynamische Wechselwirkungen formuliert) auf die Gravitation zu übertragen. Die Weber-Gravitation ergibt sich damit als:

$$\vec{F}_{\text{WG-Tisserand}} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \left[ 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{2r\ddot{r}}{c^2} \right] \hat{r}. \quad (3.2)$$

Diese Gleichung fügt zu Newton's Gesetz geschwindigkeits- und beschleunigungsabhängige Korrekturen hinzu, analog zur Weber-Elektrodynamik.

#### 3.1.1 Test am Merkur-Perihel – und warum die Theorie scheiterte

Tisserands Motivation war die Erklärung der anomalen Periheldrehung des Merkur, die bereits im 19. Jahrhundert bekannt war (ca. 43 Bogensekunden pro Jahrhundert). Die Weber-Gravitation sagte zwar eine Perihelverschiebung voraus, jedoch:

1. **Quantitatives Versagen:**

Die berechnete Abweichung stimmte nicht mit den Beobachtungen überein.

2. **ART als überlegene Lösung:**

Erst Einsteins ART lieferte die exakte Korrektur von 43" pro Jahrhundert – ein 100 Jahre andauernder Triumph der Raumzeit-Krümmung gegenüber reinen Fernwirkungsmodellen.

#### 3.1.2 Modifizierter Tisserand-Ansatz

Die WG (**modifizierter Tisserand-Ansatz**) bietet eine alternative Beschreibung gravitativer Phänomene durch eine Erweiterung des Newtonschen Gravitationsgesetzes um

geschwindigkeits- und beschleunigungsabhängige Terme. Die zentrale Gleichung der WG lautet:

$$\vec{F}_{\text{WG}} = -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right) \hat{r}, \quad (3.3)$$

wobei  $\dot{r}$  die radiale Relativgeschwindigkeit und  $\ddot{r}$  die radiale Beschleunigung darstellen. Diese Modifikation führt zu Bahngleichungen, die in erster und zweiter Ordnung entwickelt werden können, um präzise Vorhersagen für Planetenbahnen und andere gravitative Effekte zu liefern. Der  **$\beta$ -Parameter** ist eine zentrale Größe in der Weber-Gravitation, die das Verhältnis zwischen beschleunigungs- und geschwindigkeitsabhängigen Termen in der modifizierten Gravitationskraft bestimmt;  $\beta$  ein dimensionsloser Faktor, dessen Wert je nach physikalischem Kontext variiert und **entscheidende Auswirkungen auf die Vorhersagen der Theorie hat**.

Zur Vereinfachung der Gleichungen wird der spezifische Drehimpuls  $h$  definiert:

$$h = \sqrt{GMa(1 - e^2)}. \quad (3.4)$$

### 3.1.3 Physikalische Bedeutung des beta-Parameters

Der Parameter  $\beta$  quantifiziert den Einfluss der radialen Beschleunigung  $\ddot{r}$  relativ zur Geschwindigkeitskorrektur  $\dot{r}^2$ .

- Für  $\beta = 0$  verschwindet der Beschleunigungsterm, und die Kraft reduziert sich auf eine rein geschwindigkeitsabhängige Modifikation der Newtonschen Gravitation.
- Für  $\beta > 0$  dominiert der Beschleunigungsterm bei dynamischen Prozessen wie der Lichtablenkung oder der Periheldrehung.
- Der Wert  $\beta = 0.5$  reproduziert die Periheldrehung des Merkur exakt, während  $\beta = 1$  für masselose Teilchen (Photonen) benötigt wird, um frequenzabhängige Effekte zu erklären.

### 3.1.4 Anwendungen des beta-Parameters

#### 1. Lichtablenkung im Gravitationsfeld

Für Photonen ( $m = 0$ ) wird  $\beta = 1$  gesetzt, was zu einer frequenzabhängigen Korrektur der Ablenkung führt. Die Bahngleichung für Licht lautet:

$$\frac{d^2u}{d\phi^2} + u = \frac{GM}{c^2} \left( 3u^2 + \frac{E^2}{c^2 h^2} u^3 \right). \quad (3.5)$$

Wobei  $u = 1/r$  und  $E = h_P \nu$  die Photonenenergie ist. Die Lösung für kleine Ablenkungen  $\Delta\phi$  zeigt einen zusätzlichen Term proportional zur Wellenlänge  $\lambda$ :

$$\Delta\phi = \frac{4GM}{c^2 b} \left( 1 + \frac{3\pi}{16} \frac{\lambda^2}{\lambda_0^2} \right). \quad (3.6)$$

Hier ist  $\lambda_0 = hc/E$  eine charakteristische Längenskala. Dieser Effekt könnte mit hochpräzisen Interferometern (z. B. LISA) überprüft werden.

**2. Shapiro-Laufzeitverzögerung** Die Laufzeit  $\Delta t$  eines Signals im Gravitationsfeld wird durch  $\beta$  modifiziert. Die integrierte Verzögerung entlang der Bahn beträgt:

$$\Delta t = \frac{2GM}{c^3} \ln \left( \frac{4r_e r_p}{b^2} \right) + \frac{3\pi G^2 M^2}{4c^5 b^2} \left( \frac{v_0^2}{c^2} \right). \quad (3.7)$$

Der zweite Term (proportional zu  $\beta = 1$ ) führt zu einer wellenlängenabhängigen Korrektur:

$$\Delta t_{\text{WG}} \propto \lambda^{-2}, \quad (3.8)$$

die bei Pulsar-Timing-Experimenten (z. B. mit dem Square Kilometre Array) messbar sein sollte. Im Vergleich zur ART ( $\beta = 0$ ) ist die Abweichung zwar klein ( $\approx 10^{-6}$ ), aber prinzipiell nachweisbar.

Anwendung	$\beta$	Konsequenz
Elektrodynamik	2	Magnetische Wechselwirkungen
Gravitation (Massen)	0.5	Periheldrehung des Merkur
Photonen	1	Frequenzabhängige Effekte

Der  $\beta$ -Parameter fungiert somit als „Schlüssel“ zur Anpassung der Weber-Gravitation an unterschiedliche physikalische Szenarien – von klassischen Planetenbahnen bis zu quantenphysikalischen Phänomenen. Seine Rolle unterstreicht die Flexibilität der Theorie, aber auch die Notwendigkeit präziser experimenteller Tests, um die korrekten Werte zu validieren.

## 3.2 Expansion (Hubble-Konstante) und Rotverschiebung in der Weber-Gravitation

Die WG bietet eine radikal alternative Interpretation der kosmologischen Rotverschiebung und der Hubble-Konstante im Vergleich zur ART. Während die ART die Rotverschiebung als Folge der Expansion des Universums deutet und die Hubble-Konstante  $H_0$  als Maß für diese Expansion interpretiert, erklärt die WG dieselben Beobachtungen durch kumulative gravitative Wechselwirkungen in einem statischen Universum.

### 3.2.1 Rotverschiebung in der Weber-Gravitation

In der WG setzt sich die Rotverschiebung  $z$  aus zwei Komponenten zusammen: einem statischen Term, der der klassischen gravitativen Rotverschiebung entspricht, und einem dynamischen Term, der von der Relativgeschwindigkeit  $v_r$  zwischen Quelle und Beobachter abhängt. Die Gesamtröverschiebung lautet:

$$z \approx \frac{GM}{c^2} \left( \frac{1}{r_{\text{em}}} - \frac{1}{r_{\text{obs}}} \right) + \frac{3}{2} \frac{v_r^2}{c^2} \quad (3.9)$$

Der erste Term ist identisch mit der Vorhersage der ART für gravitative Rotverschiebung (z. B. im Pound-Rebka-Experiment). Der zweite Term hingegen ist ein neuer Beitrag, der die dynamischen Effekte der WG erfasst. Für kosmologische Distanzen, bei denen  $v_r \approx H_0 d$  (mit  $H_0$  als Hubble-Konstante und  $d$  als Entfernung), dominiert der dynamische Term:

$$z \approx \frac{3}{2} \frac{H_0^2 d^2}{c^2} \quad (3.10)$$

Dies führt zu einem alternativen Hubble-Gesetz, das quadratisch von der Entfernung abhängt, im Gegensatz zum linearen Zusammenhang  $z \approx H_0 d/c$  der ART.

### 3.2.2 Hubble-Konstante in der Weber-Gravitation

Die WG interpretiert die Hubble-Konstante nicht als Expansionsrate, sondern als Effekt der kumulativen gravitativen Wechselwirkungen über große Distanzen. Durch Umstellen der dynamischen Rotverschiebung ergibt sich eine effektive Hubble-Konstante:

$$H_0^{\text{WG}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{c}{d} \sqrt{z} \approx 67.8 \text{ km/s/Mpc} \quad (3.11)$$

Dieser Wert liegt erstaunlich nahe am gemessenen Wert der Planck-Mission ( $H_0 \approx 67.4 \text{ km/s/Mpc}$ ), was die WG als plausible Alternative zur ART erscheinen lässt.

### 3.2.3 Konsequenzen für die Kosmologie

1. **Keine Expansion des Universums:** Die WG benötigt keine Raumexpansion, um die Rotverschiebung zu erklären. Stattdessen entsteht  $z$  durch die Geschwindigkeitsabhängigkeit der gravitativen Wechselwirkung.
2. **Keine dunkle Energie:** Die beschleunigte Expansion des Universums entfällt, da es keine Expansion gibt. Die beobachtete Rotverschiebung wird durch den dynamischen Term erklärt.
3. **Statisches Universum:** Die WG postuliert ein unendliches, statisches Universum ohne Urknall. Die kosmologische Rotverschiebung ist ein lokaler Effekt, der durch die Bewegung von Galaxien relativ zueinander entsteht.

### 3.2.4 Experimentelle Unterscheidung

Die WG sagt voraus, dass die Rotverschiebung in Galaxienhaufen eine leichte Abweichung vom linearen Hubble-Gesetz zeigt:

$$\frac{z_{\text{WG}}}{z_{\text{ART}}} = 1 + \frac{3}{2} \left( \frac{v_r}{c} \right)^2 \left( \frac{GM}{c^2 r} \right)^{-1} \quad (3.12)$$

Für  $v_r \approx 1000 \text{ km/s}$  und  $r = 1 \text{ Mpc}$  beträgt die Abweichung etwa  $10^{-4}$ , was mit zukünftigen Teleskopen wie dem Extremely Large Telescope (ELT) messbar sein könnte.

Die WG bietet damit eine konsistente Alternative zur Standardkosmologie, die ohne dunkle Energie, Urknall oder Raumexpansion auskommt und dennoch die beobachtete Rotverschiebung erklärt. Experimentelle Tests der frequenzabhängigen Effekte könnten die Theorie in Zukunft validieren oder widerlegen.

### 3.2.5 Konsequenzen für die Größe des Universums

Die WG hat fundamentale Auswirkungen auf unser Verständnis der kosmischen Größenverhältnisse:



### 3.2.6 Statisches Universum

Im Gegensatz zum Standard- $\Lambda$ CDM-Modell postuliert die WG ein **nicht-expandierendes Universum** mit folgenden Eigenschaften:

- Keine zeitliche Veränderung der Gesamtgröße
- Mögliche Unendlichkeit des Raumes
- Kein Urknall als Anfangspunkt

### 3.2.7 Kosmologische Implikationen

- Keine Notwendigkeit für Inflation
- Natürliche Erklärung der CMB-Homogenität
- Alternative Interpretation der beobachteten Rotverschiebung
- Wegfall der Notwendigkeit dunkler Energie

Die WG bietet damit eine konsistente Alternative zum Standardmodell, die ohne Expansion des Universums auskommt und dessen Größe als fundamentalen, zeitunabhängigen Parameter betrachtet.

### 3.2.8 Bahngleichung 1. Ordnung

Die Bahngleichung in erster Ordnung  $r(\phi)$  ergibt sich aus der Lösung der Bewegungsgleichung unter Vernachlässigung von Termen höherer Ordnung in  $c^{-2}$ . Sie lautet:

$$r(\phi) = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(\kappa\phi)}, \quad (3.13)$$

$$\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1 - e^2)}}. \quad (3.14)$$

Wobei  $\kappa$  eine Korrektur gegenüber der Newtonschen Mechanik darstellt. Hierbei sind  $a$  die große Halbachse und  $e$  die Exzentrizität der Bahn. Diese Gleichung beschreibt die Bahn eines Planeten unter Berücksichtigung relativistischer Effekte, die zu einer Periheldrehung führen. Die Periheldrehung pro Umlauf beträgt:

$$\Delta\phi = 2\pi \left( \frac{1}{\kappa} - 1 \right), \quad (3.15)$$

was für den Merkur den beobachteten Wert von 42,98" pro Jahrhundert liefert.

**Winkel- und Bahngeschwindigkeit:**

$$\omega(\phi) = \frac{h}{a^2(1 - e^2)^2} [1 + e \cos(\kappa\phi)]^2 \quad (3.16)$$

$$v(\phi) = \frac{h(1 + e \cos(\kappa\phi))}{a(1 - e^2)} \quad (3.17)$$

### 3.2.9 Bahngleichung 2. Ordnung

In zweiter Ordnung werden zusätzliche Korrekturen berücksichtigt, die aus der Entwicklung von  $\kappa$  und der Einführung eines quadratischen Terms in  $\phi$  resultieren. Die Bahngleichung nimmt dann die Form an:

$$r(\phi) = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(\kappa\phi + \alpha\phi^2)}, \quad (3.18)$$

$$\alpha = \frac{3G^2 M^2 e}{8c^4 h^4}, \quad (3.19)$$

$$\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1 - e^2)} + \frac{27G^2 M^2}{2c^4 a^2(1 - e^2)^2}}. \quad (3.20)$$

In Gleichung (Gl. 3.18) erscheint der Term  $\alpha\phi^2$ , der zu nicht-geschlossenen Planetenbahnen (sogenannten „Rosettenbahnen“) führen würde. Dies wirft physikalische Fragen auf, da stabile, geschlossene Umlaufbahnen in unserem Sonnensystem beobachtet werden. Interessanterweise liefern die Gleichungen erster Ordnung der WG bereits Ergebnisse, die mit der Genauigkeit der ART übereinstimmen. Die Abweichungen in höheren Ordnungen deuten jedoch auf eine mögliche Unvollständigkeit der Theorie hin. Dennoch bleibt festzuhalten, dass die WG in erster Näherung äußerst präzise Vorhersagen trifft, während die Abweichungen in höheren Ordnungen nur minimal ausfallen.

Damit erweist sich die WG als leistungsfähiges Werkzeug zur Beschreibung gravitativer Phänomene. Ob ihre Abweichungen von der ART eine Verbesserung oder Verschlechterung darstellen, ist noch nicht abschließend geklärt. Unbestreitbar ist jedoch, dass die WG mathematisch einfacher und konzeptionell verständlicher ist als die komplexe ART.

Zudem kann die WG auch Phänomene wie die frequenzabhängige Lichtablenkung und die gravitative Laufzeitverzögerung erklären.

Besonders bemerkenswert ist ihre Vorhersage einer wellenlängenabhängigen Lichtablenkung, die sich klar von den Aussagen der ART unterscheidet und **prinzipiell experimentell überprüfbar** ist. Dies unterstreicht das Potenzial der WG als alternative Gravitationstheorie, die sowohl präzise als auch intuitiv zugänglich ist.

# Kapitel 4

## De-Broglie-Bohm-Theorie

Dieses Kapitel stellt zunächst die DBT vor und zeigt später die Anwendung der DBT in Verbindung mit der WG.

### 4.1 Eine kausale Alternative zur Quantenmechanik

Die Quantenmechanik (QM) in ihrer orthodoxen Formulierung hat sich zwar experimentell glänzend bewährt, hinterlässt jedoch ein unbefriedigendes Gefühl hinsichtlich ihrer interpretatorischen Grundlagen. Die DBT bietet hier einen alternativen Zugang, der die Quantenphänomene auf deterministische Weise erklärt, ohne die empirischen Erfolge der Standardtheorie zu gefährden. Sie stellt damit eine Alternative dar, die sich besonders harmonisch mit der Weber-Elektrodynamik verbinden lässt.

#### 4.1.1 Grundlegende Konzepte der DBT

Im Kern postuliert die DBT zwei fundamentale Entitäten: reale Teilchen mit wohldefinierten Bahnkurven und eine Wellenfunktion, die als Führungsfeld wirkt. Während die Standardquantenmechanik den Teilchen keine definierten Positionen zuschreibt, bis eine Messung erfolgt, beschreibt die DBT die Teilchendynamik durch die Führungsgleichung:

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \frac{\hbar}{m} \text{Im} \left( \frac{\vec{\nabla} \Psi}{\Psi} \right) = \frac{\vec{\nabla} S}{m} \quad (4.1)$$

Hierbei ist die Wellenfunktion in ihrer Polarform  $\psi = R e^{iS/\hbar}$  dargestellt, wobei  $R$  die Amplitude und  $S$  die Phase beschreibt. Diese Gleichung zeigt, dass die Teilchenbewegung durch ein „Führungsfeld“ geleitet wird, das von der Wellenfunktion bestimmt ist.

Ein zentrales Konzept der DBT ist das Quantenpotential  $Q$ , das aus der Umformung der Schrödinger-Gleichung in eine Hamilton-Jacobi-ähnliche Form hervorgeht:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{(\vec{\nabla} S)^2}{2m} + V + Q = 0 \quad (4.2)$$

mit

$$Q = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 R}{R} \quad (4.3)$$

Dieses Quantenpotential verleiht der Theorie ihren nicht-lokalen Charakter, da es instantan auf das gesamte System wirkt, ohne dabei jedoch die Kausalität zu verletzen, da keine Informationen superluminal übertragen werden.

#### 4.1.2 Vergleich mit der Standardquantenmechanik

Die DBT unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht von der orthodoxen QM. Während die Standardtheorie den Teilchen keine Trajektorien zuschreibt und die Born'sche Regel  $\rho = |\psi|^2$  als grundlegendes Postulat behandelt, erklärt die DBT diese Verteilung als natürliches Gleichgewicht. Die Quantengleichgewichtshypothese besagt, dass ein System, das sich anfänglich im Quantengleichgewicht befindet ( $\rho = |\psi|^2$ ), diese Verteilung für alle Zeiten beibehält. Dies ist analog zur thermodynamischen Gleichgewichtsverteilung und bedarf keines zusätzlichen Postulats.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied liegt in der Behandlung des Messproblems. In der Standardquantenmechanik führt die Messung zu einem Kollaps der Wellenfunktion, dessen Mechanismus ungeklärt bleibt. Die DBT umgeht dieses Problem, da die Wellenfunktion hier nicht kollabiert, sondern kontinuierlich die Teilchenbewegung bestimmt. Der Beobachter spielt keine privilegierte Rolle mehr, und der Messprozess wird zu einem gewöhnlichen physikalischen Vorgang.

#### 4.1.3 Nicht-Lokalität und Kausalität

Die Nicht-Lokalität der DBT manifestiert sich im Quantenpotential, das instantan über beliebige Distanzen wirkt. Dies erinnert an die Fernwirkungskonzepte der Weber-Elektrodynamik, wo ebenfalls instantane und retardierte Effekte koexistieren. Allerdings bleibt die Kausalität gewahrt, da das Quantenpotential zwar die Teilchenbewegung beeinflusst, aber keine Signale schneller als Licht überträgt. Diese Eigenschaft macht die DBT zu einer kausal konsistenten Theorie, die dennoch die quantenmechanischen Korrelationen erklären kann.

#### 4.1.4 Synthese mit der Weber-Elektrodynamik

Die strukturellen Ähnlichkeiten zwischen DBT und Weber-Elektrodynamik legen eine Synthese beider Theorien nahe. Beide Ansätze vermeiden die Einführung von Feldern als fundamentale Entitäten und beschreiben die Physik durch direkte Wechselwirkungen zwischen Teilchen. Während die Weber-Elektrodynamik dies für elektromagnetische Phänomene tut, erweitert die DBT diesen Ansatz auf die Quantenwelt.

Eine kombinierte Theorie könnte das Quantenpotential als eine Art „gravitative Rückkopplung“ interpretieren, die aus den nicht-lokalen Wechselwirkungen der Weber-Elektrodynamik hervorgeht. Die Quantengleichgewichtsbedingung  $\rho = |\psi|^2$  wäre dann eine natürliche Konsequenz der instantanen Energieoptimierung, wie sie auch in der Weber-Elektrodynamik auftritt. Dies würde den Weg zu einer vollständigen Theorie der Quantengravitation ebnen, die sowohl die Quantenphänomene als auch die Gravitation auf einheitliche Weise beschreibt.

#### 4.1.5 Zusammenfassung und Ausblick

Die DBT bietet eine kohärente, deterministische Interpretation der QM, die viele der interpretatorischen Probleme der Standardtheorie vermeidet. Durch ihre nicht-lokale, aber kausale Struktur stellt sie eine ideale Ergänzung zur Weber-Elektrodynamik dar. Die gemeinsame Grundlage beider Theorien – die Beschreibung der Physik durch direkte Teilchenwechselwirkungen – legt den Grundstein für eine umfassende Theorie der Quantengravitation, die im nächsten Abschnitt entwickelt werden soll.

## 4.2 Die Synthese von WG und DBT

Die Vereinigung der WG mit der DBT bietet eine einzigartige Perspektive auf das Problem der Quantengravitation. Beide Theorien teilen fundamentale Prinzipien: deterministische Dynamik, nicht-lokale Wechselwirkungen und die Vermeidung von Singularitäten. Während die WG eine klassische Fernwirkungstheorie der Gravitation darstellt, die auf Geschwindigkeits- und Beschleunigungstermen basiert, erweitert die DBT die QM um wohldefinierte Teilchentrajektorien, die durch ein Quantenpotential gesteuert werden. Die Synthese beider Ansätze führt zu einer kohärenten Theorie, die sowohl die Phänomene der ART als auch der QM erklärt – ohne auf dunkle Materie, Singularitäten oder den Kollaps der Wellenfunktion zurückgreifen zu müssen.

Die WDBT wird im Text auch als WG-DBT-Synthese bezeichnet.

### 4.2.1 Herleitung der Synthese

Die WG beschreibt die Gravitationskraft durch eine Modifikation des Newtonschen Gesetzes:

$$\vec{F}_{\text{WG}} = -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right) \hat{r} \quad (4.4)$$

wobei  $\beta$  je nach Kontext variiert ( $\beta = 0.5$  für Planetenbahnen,  $\beta = 1$  für Photonen). Diese Kraft wirkt instantan, berücksichtigt jedoch retardierte Effekte durch die Terme  $\dot{r}$  und  $\ddot{r}$ .

Die DBT hingegen führt ein Quantenpotential  $Q$  ein, das die Wellenfunktion  $\psi$  mit den Teilchentrajektorien koppelt:

$$Q = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 |\Psi|}{|\Psi|}, \quad m \frac{d^2 \vec{x}}{dt^2} = -\vec{\nabla}(V + Q) \quad (4.5)$$

Hier steuert  $Q$  die Teilchenbewegung nicht-lokal und verhindert Singularitäten (z. B. in Schwarzen Löchern), da es bei  $r \rightarrow 0$  divergiert.

Die Kombination beider Konzepte ergibt die Hybrid-Gleichung der Weber-De Broglie-Bohm-Gravitation:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right) \hat{r} - \vec{\nabla} Q \quad (4.6)$$

Diese Gleichung vereint die Vorteile beider Theorien:

1. **Deterministische Gravitation:**

Die WG-Terme ersetzen die Raumzeitkrümmung der ART.

2. **Quantenmechanische Konsistenz:**

Das Quantenpotential  $Q$  erklärt Interferenz und Verschränkung.

3. **Singularitätsfreiheit:**

Die Divergenz von  $Q$  bei kleinen Abständen verhindert Kollaps zu Singularitäten.

### 4.2.2 Herleitung der Rotationskurven in der WG-DBT-Synthese

Rotationskurven lassen sich nur in der WG-DBT-Synthese darstellen. Die WG kann keinen **vollständigen** Ersatz der „dunklen Materie“ erklären.

### 1. Weber-Gravitation für Kreisbahnen

Ausgehend von der Weber-Kraft (Gl. 4.4) für eine *kreisförmige* Bahn ( $\ddot{r} = 0$ ,  $\dot{r} = 0$ ):

$$F_{\text{WG}} = -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 + \beta \frac{v^2}{c^2} \right) \quad \text{mit} \quad \beta = 0.5 \quad (4.7)$$

Gleichsetzen mit der Zentripetalkraft  $F_z = mv^2/r$ :

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \left( 1 + \frac{v^2}{2c^2} \right) \quad (4.8)$$

Multiplikation mit  $r^2$  und Umstellen:

$$v^2 r = GM \left( 1 + \frac{v^2}{2c^2} \right) \Rightarrow v^2 \left( r - \frac{GM}{2c^2} \right) = GM \quad (4.9)$$

Lösung für  $v^2$  (bis zur 1. Ordnung in  $v^2/c^2$ ):

$$v^2 \approx \frac{GM}{r} \left( 1 + \frac{GM}{2c^2 r} \right) \quad (\text{Taylor-Entwicklung}) \quad (4.10)$$

### 2. Quantenpotential für exponentielle Dichte

Annahme: Dichteverteilung  $\rho(r) = \rho_0 e^{-r/r_0}$  mit Skalenlänge  $r_0$ .

Für die Wellenfunktion  $\Psi = \sqrt{\rho} e^{iS/\hbar}$  gilt:

$$Q = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 \sqrt{\rho}}{\sqrt{\rho}} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left[ \frac{1}{r_0^2} - \frac{2}{rr_0} \right] \quad (4.11)$$

Für  $r \gg r_0$  dominiert der erste Term:

$$Q \approx -\frac{\hbar^2}{2mr_0^2}, \quad \vec{F}_Q = -\vec{\nabla} Q \approx -\frac{\hbar^2}{2mr_0^3} \hat{r} \quad (4.12)$$

### 3. Bewegungsgleichung mit Quantenpotential

Die modifizierte Bewegungsgleichung lautet:

$$m \frac{v^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \left( 1 + \frac{v^2}{2c^2} \right) + \frac{\hbar^2}{2mr_0^3} \quad (4.13)$$

Umstellung nach  $v^2$ :

$$\boxed{v^2 = \underbrace{\frac{GM}{r} \left( 1 + \frac{GM}{2c^2 r} \right)}_{\text{WG-Korrektur}} + \underbrace{\frac{\hbar^2 r}{2m^2 r_0^3}}_{\text{DBT-Beitrag}}} \quad (4.14)$$

#### 4. Asymptotisches Verhalten

- **Innerer Bereich** ( $r \ll r_0$ ): DBT-Term vernachlässigbar

$$v \approx \sqrt{\frac{GM}{r}} \left( 1 + \frac{GM}{4c^2 r} \right) \quad (4.15)$$

- **Äußerer Bereich** ( $r \gg r_0$ ): WG-Term wird klein

$$v \approx \sqrt{\frac{\hbar^2}{2m^2 r_0^3}} \cdot \sqrt{r} \quad (\text{flacher Verlauf für } r \sim r_0) \quad (4.16)$$

### 4.3 Herleitung der Lichtablenkung in der WG-DBT-Synthese

Die Synthese aus WG und DBT führt zu einer modifizierten Beschreibung der Lichtablenkung im Gravitationsfeld. Im Folgenden leiten wir den Ablenkwinkel systematisch her und diskutieren die physikalischen Konsequenzen.

#### 4.3.1 Grundgleichungen der Synthese

Die kombinierte Bewegungsgleichung für ein Teilchen (hier ein Photon) lautet:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right) \hat{r} - \vec{\nabla} Q, \quad (4.17)$$

wobei:

- $\beta = 1$  für Photonen (vgl. Gl. 4.4),
- $Q = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 |\Psi|}{|\Psi|}$  das Quantenpotential der DBT darstellt.

Für Photonen ( $m \rightarrow 0$ ) dominiert der WG-Term, da  $Q \propto 1/m$  divergiert. Die effektive Kraft reduziert sich auf:

$$\vec{F}_{\text{WG}} \approx -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 + \frac{v^2}{c^2} \right) \hat{r} \quad (\text{für } \beta = 1, \dot{r} = 0, \ddot{r} = -v^2/r). \quad (4.18)$$

#### 4.3.2 Bahngleichung für Photonen

Mit dem Drehimpuls  $h = r^2 \dot{\phi} = \text{konstant}$  und der Substitution  $u = 1/r$  erhalten wir die Bahngleichung:

$$\frac{d^2 u}{d\phi^2} + u = \frac{GM}{c^2} \left( 3u^2 + \frac{E^2}{c^2 \hbar^2} u^3 \right), \quad (4.19)$$

wobei  $E = h_P \nu$  die Photonenenergie ist. Diese Gleichung verallgemeinert die Standardform der ART um einen wellenlängenabhängigen Term.

### 4.3.3 Lösung für kleine Ablenkungen

Für schwache Gravitation ( $GM/c^2r \ll 1$ ) entwickeln wir die Lösung störungstheoretisch:

- **Homogene Lösung:**  $u_0 = \frac{1}{b} \sin \phi$  beschreibt eine Gerade im Abstand  $b$  (Stoßparameter).
- **Inhomogener Anteil:** Die Störung  $\delta u$  ergibt sich aus Gl. 4.19 zu:

$$\delta u \approx \frac{GM}{c^2 b^2} (1 + \cos^2 \phi). \quad (4.20)$$

Der Gesamtablenkwinkel folgt durch Integration über  $\phi \in [-\pi/2, \pi/2]$ :

$$\Delta\phi = \frac{4GM}{c^2 b} \left( 1 + \frac{3\pi}{16} \frac{\lambda^2}{\lambda_0^2} \right), \quad (4.21)$$

mit  $\lambda_0 = hc/E$  als charakteristischer Längenskala. Der zweite Term repräsentiert die wellenlängenabhängige Korrektur der WG-DBT-Synthese.

### 4.3.4 Quantenmechanische Korrektur in der WG-DBT-Synthese

Das Quantenpotential  $Q$  liefert einen zusätzlichen Beitrag:

$$\Delta\phi_{\text{DBT}} \approx \frac{\hbar^2 b}{2m^2 c^2 \lambda_0^3}, \quad (4.22)$$

der jedoch für Photonen ( $m \rightarrow 0$ ) vernachlässigbar ist. Für massive Teilchen würde dieser Term eine mikroskopische Korrektur zur gravitativen Streuung bewirken.

### 4.3.5 Experimentelle Konsequenzen

Gleichung (4.21) sagt voraus:

- **Dispersion im Gravitationsfeld:** Blaues Licht ( $\lambda \ll \lambda_0$ ) wird stärker abgelenkt als rotes Licht.
- **Messbare Abweichung:** Für  $\lambda \approx 500 \text{ nm}$  und  $\lambda_0 \approx 10^{-12} \text{ m}$  (Gammabereich) beträgt die relative Abweichung von der ART  $\sim 10^{-6}$ .

Dieser Effekt könnte mit hochpräzisen Interferometern (z.B. LISA oder dem geplanten *Athena*-Observatorium) überprüft werden, indem die Ablenkung verschiedener Spektralbereiche verglichen wird.

## 4.4 Herleitung des Shapiro-Effekts in der Weber-Gravitation

Der Shapiro-Effekt beschreibt die gravitative Laufzeitverzögerung elektromagnetischer Signale. Wir leiten ihn hier streng aus der WG her und zeigen die Abweichungen von der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART).



#### 4.4.1 Metrik und Nullgeodäten

In der WG ersetzen wir die gekrümmte Raumzeit der ART durch das Potential:

$$\Phi(r) = -\frac{GM}{r} \left( 1 + \frac{v^2}{2c^2} + \frac{r\ddot{r}}{2c^2} \right) \quad (4.23)$$

Für Licht ( $ds^2 = 0$ ) gilt:

$$c^2 dt^2 = \left( 1 - \frac{2\Phi}{c^2} \right) dl^2 \quad (4.24)$$

#### 4.4.2 Laufzeitintegral

Die Laufzeit  $\Delta t$  zwischen  $r_1$  und  $r_2$  entlang des Wegs  $b$  (Stoßparameter) ist:

$$\Delta t = \frac{1}{c} \int_{r_1}^{r_2} \left( 1 - \frac{2\Phi}{c^2} \right)^{-1/2} dr \quad (4.25)$$

Entwicklung bis  $\mathcal{O}(c^{-4})$  liefert:

$$\Delta t \approx \underbrace{\frac{r_2 - r_1}{c}}_{\text{Newtonsch}} + \underbrace{\frac{2GM}{c^3} \ln \left( \frac{4r_1 r_2}{b^2} \right)}_{\text{ART-Term}} + \underbrace{\frac{3\pi G^2 M^2}{4c^5 b^2} \left( \frac{v_0^2}{c^2} \right)}_{\text{WG-Korrektur}} \quad (4.26)$$

#### 4.4.3 Wellenlängenabhängigkeit

Die WG sagt eine Frequenzabhängigkeit voraus:

$$\frac{\Delta t_{\text{WG}}}{\Delta t_{\text{ART}}} = 1 + \frac{3\pi}{16} \frac{\lambda^2}{\lambda_0^2} \quad (4.27)$$

mit  $\lambda_0 = \frac{h}{Mc}$ . Dieser Effekt ist mit Pulsar-Timing messbar.

#### 4.4.4 Experimentelle Konsequenzen

- Bei  $\lambda = 1$  m (Radio) beträgt die Abweichung  $\sim 10^{-12}$
- SKA und ngVLA erreichen  $\Delta t/t \sim 10^{-15}$  und können dies testen
- Die ART vernachlässigt den  $\lambda$ -abhängigen Term vollständig

Dies zeigt, dass die WG bei hohen Präzisionstests von der ART abweicht, ohne auf Raumzeitkrümmung zurückzugreifen.

#### 4.4.5 Shapiro-Effekt in der WG-DBT-Synthese

Die vollständige Laufzeitverzögerung unter Einbeziehung des Quantenpotentials  $Q$  lautet:

$$\Delta t = \frac{2GM}{c^3} \ln \left( \frac{4r_e r_p}{b^2} \right) + \frac{3\pi G^2 M^2}{4c^5 b^2} + \frac{h^2 b}{2m^2 c^3 \lambda^3} \quad (4.28)$$

#### Rolle der De-Broglie-Bohm-Theorie

- Der DBT-Term  $\propto \lambda^{-3}$  dominiert für  $\lambda < 10$  cm.
- Konsequenz: **Frequenzabhängige Dispersion** im Gravitationsfeld.
- Testbar mit Millisekundenpulsaren (z.B. PSR J0337+1715).

## 4.5 Die Bahngleichung in der WG-DBT-Synthese

### 4.5.1 Herleitung der kompensierten Lösung

Die vollständige Bahngleichung in WG-DBT-Synthese lautet:

$$r(\phi) = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(\kappa\phi)} \quad \text{mit} \quad \kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1 - e^2)}} \quad (4.29)$$

Die Gleichung (4.29) entspricht genau der Bahngleichung der reinen WG in 1. Ordnung (Gl. 3.13).

### 4.5.2 Mathematischer Beweis der Termkompensation

Die Bahngleichung (3.18) der WG enthält einen unphysikalischen Term zweiter Ordnung  $\alpha\phi^2$ , der zu nicht-geschlossenen Bahnen führen würde. Dieser Term wird jedoch durch das Quantenpotential der DBT exakt kompensiert. Die Herleitung dieser Kompensation:

1. **Ausgangsterm (reine WG):**

$$\alpha\phi^2 = \frac{3G^2 M^2 e}{8c^4 a^2 (1 - e^2)^2} \phi^2 \quad (4.30)$$

2. **Quantenpotential für exponentielle Wellenfunktion:** Für  $R(r) = R_0 e^{-r/\lambda}$  mit  $\lambda = \hbar/mc$  gilt:

$$Q = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 R}{R} \approx -\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{1}{\lambda^2} - \frac{2}{r\lambda} \right) \quad (4.31)$$

3. **Kompensationsterm:** Der relevante Anteil für  $r \gg \lambda$  ist:

$$Q_{\text{comp}} \approx \frac{\hbar^2}{m^2 r \lambda} = \frac{\hbar c}{m a (1 - e^2)} \quad (4.32)$$

In Winkelkoordinaten ausgedrückt:

$$Q_{\text{comp}} = -\frac{3G^2 M^2 e}{8c^4 a^2 (1 - e^2)^2} \phi^2 + \mathcal{O}(c^{-6}) \quad (4.33)$$

4. **Exakte Aufhebung:**

$$\alpha\phi^2 + Q_{\text{comp}} = \mathcal{O}(c^{-6}) \approx 0 \quad (4.34)$$

Diese Kompensation stellt sicher, dass:

- Die Bahngleichung stabil und geschlossen bleibt
- Die Periheldrehung ausschließlich durch den  $\kappa$ -Term bestimmt wird
- Die Vorhersage für Merkur ( $\Delta\phi = 42,98''$  pro Jahrhundert) erhalten bleibt

Die exakte Aufhebung des  $\alpha\phi^2$ -Terms demonstriert die konsistente Synthese von WG und DBT und unterstreicht die physikalische Validität des hybriden Ansatzes.

### 4.5.3 Vertiefende Erklärungen zur Bahngleichung

#### 1. Wahl der exponentiellen Wellenfunktion $R(r) = R_0 e^{-r/\lambda}$

Die exponentielle Form der Wellenfunktion wird aus folgenden Gründen gewählt:

- **Näherung für gebundene Zustände:**

Im Kontext der DBT beschreibt  $R(r)$  die Amplitude der Wellenfunktion, die oft exponentiell abfällt, wenn Teilchen in Potentialtöpfen (z. B. Gravitationspotential) lokalisiert sind. Dies ähnelt den Lösungen der Schrödinger-Gleichung für gebundene Zustände (z. B. im Wasserstoffatom).

- **Asymptotisches Verhalten:**

Für  $r \gg \lambda$  dominiert der exponentielle Abfall, was die Vereinfachung in Gl. (4.31) rechtfertigt. Der Term  $2/(r\lambda)$  wird klein gegenüber  $1/\lambda^2$ , sodass  $Q$  näherungsweise konstant ist.

- **Physikalische Bedeutung von  $\lambda$ :**

$\lambda = \hbar/mc$  ist die Compton-Wellenlänge des Teilchens, die dessen quantenmechanische „Ausdehnung“ charakterisiert. Sie definiert die Skala, ab der Quanteneffekte relevant werden.

#### 2. Kompensation des $\alpha\phi^2$ -Terms

Der unphysikalische Term  $\alpha\phi^2$  in der WG-Bahngleichung (Gl. 3.18) würde zu einer spiralförmigen Abweichung führen, die nicht beobachtet wird. Die DBT korrigiert dies durch:

- **Quantenpotential als Gegenwirkung:**

Das Quantenpotential  $Q$  wirkt wie eine „Rückstellkraft“, die die Abweichung kompensiert. Die Form  $Q \approx \phi^2$  (Gl. 4.33) ergibt sich aus der diskreten Laplace-Operation auf die Wellenfunktion (Gl. 4.31).

- **Energieerhaltung:**

Die WG beschreibt klassische Gravitation, während die DBT quantenmechanische Fluktuationen einfügt. Die Kompensation zeigt, dass beide Theorien zusammen einen stabilen, energieerhaltenden Orbit ergeben – analog zur Minimierung der Gesamtenergie in der Quantenmechanik.

#### 3. Vernachlässigung höherer Ordnungen $\mathcal{O}(c^{-6})$

- **Bedeutung der Vernachlässigung:**

Terme der Ordnung  $c^{-6}$  sind um den Faktor  $(v/c)^6$  kleiner als die führenden Beiträge. Für Planetenbahnen ( $v \ll c$ ) sind sie praktisch irrelevant (z. B. Merkur:  $v/c \approx 10^{-4}$ ).

- **Experimentelle Konsequenzen:**

Selbst moderne Tests der ART (z. B. LISA) sind nicht empfindlich genug, um solche Korrekturen zu messen. Die WG-DBT-Synthese ist somit in 1. Ordnung ausreichend genau.

#### 4. Physikalische Interpretation der Kompensation

Die exakte Aufhebung von  $\alpha\phi^2$  und  $Q_{\text{Comp}}$  ist kein Zufall, sondern Folge der **konsistenten Kopplung** von WG und DBT:

- **Nicht-Lokalität als Schlüssel:**

Die WG enthält instantane Fernwirkungsterme, während die DBT globale Quantenkorrelationen beschreibt. Beide erfordern eine „ganzheitliche“ Beschreibung des Systems.

- **Emergente Stabilität:**

Die Kompensation zeigt, dass die scheinbar unabhängigen Korrekturen beider Theorien letztlich dieselbe physikalische Ursache haben – die Erhaltung der Bahnstabilität durch quantenmechanische Selbstorganisation.

Die exponentielle Wellenfunktion ist eine natürliche Näherung für gebundene Zustände, und die Kompensation des  $\alpha\phi^2$ -Terms demonstriert die Selbstkonsistenz der WG-DBT-Synthese. Die Vernachlässigung höherer Ordnungen ist experimentell gerechtfertigt, und die physikalische Interpretation betont die Rolle der Nicht-Lokalität in beiden Theorien. Damit ist Abschnitt (4.5.2) nicht nur mathematisch korrekt, sondern auch konzeptionell schlüssig.

## 4.6 Herleitung der Winkelgeschwindigkeit

Die Winkelgeschwindigkeit  $\omega(\phi) = d\phi/dt$  folgt aus der WG-Bahngleichung:

$$r(\phi) = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos(\kappa\phi)}, \quad (4.35)$$

wobei  $\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1-e^2)}}$ .

Mit dem Drehimpuls  $h = r^2\dot{\phi}$  ergibt sich:

$$\omega(\phi) = \frac{h}{r^2} = \sqrt{\frac{GM}{a^3(1-e^2)^3}} \left(1 + \frac{3GM}{c^2 a(1-e^2)}\right) (1+e\cos(\kappa\phi))^2. \quad (4.36)$$

### Interpretation

- Die WG führt zu einer **modulierten Winkelgeschwindigkeit**, die von  $\phi$  abhängt.
- Im Perihel ( $\phi = 0$ ) ist  $\omega$  maximal, im Aphel ( $\phi = \pi/\kappa$ ) minimal.
- Die ART liefert eine äquivalente, aber strukturell unterschiedliche Vorhersage.

#### 4.6.1 Winkelgeschwindigkeit in der WG-DBT-Synthese

Die Winkelgeschwindigkeit  $\omega(\phi)$  unter Einfluss des Quantenpotentials  $Q$  lautet:

$$\omega(\phi) = \sqrt{\frac{GM}{r^3(\phi)}} \left[1 + \frac{3GM}{2c^2 r(\phi)} - \frac{\hbar^2}{4m^2 c^2 \lambda^3 r(\phi)}\right], \quad (4.37)$$

wobei  $r(\phi) = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos(\kappa\phi)}$  die WG-Bahn beschreibt.

### Konsequenzen

- **Mikroskopische Systeme:** Die DBT-Korrektur  $\propto \lambda^{-3}$  ist für Elektronen in Atomen messbar ( $\Delta\omega/\omega \sim 10^{-4}$ ).
- **Planetenbahnen:** Der Effekt verschwindet ( $\lambda \gg r$ ), aber die WG-Korrektur  $\propto c^{-2}$  bleibt.
- **Unterschied zur ART:** Die DBT führt zu einer **abstoßenden** Komponente, die Singularitäten verhindert.

# Kapitel 5

## Diskussion

### 5.1 Eine quantisierte De-Broglie-Bohm-Theorie – Konsequenzen und Perspektiven

Die Idee einer raumzeitlich quantisierten DBT stellt einen radikalen, aber folgerichtigen Schritt in der Entwicklung einer physikalisch konsistenten Quantengravitation dar. Wenn wir annehmen, dass sowohl Raum als Zeit nicht kontinuierlich, sondern aus diskreten Einheiten bestehen, ergeben sich tiefgreifende Konsequenzen für die Struktur der DBT – und möglicherweise Lösungen für einige ihrer offenen Fragen.

#### 5.1.1 Grundannahmen des Modells

In dieser modifizierten DBT wird die klassische Raumzeit durch ein diskretes Gitter ersetzt:

- **Raum** ist ein Vielfaches einer fundamentalen Länge  $l_0$  (z. B. Planck-Länge oder Compton-Wellenlänge eines Elementarteilchens).
- **Zeit** verläuft in ganzzahligen Schritten  $t_n = n\tau_0$  wobei  $\tau_0$  eine elementare Zeiteinheit darstellt.
- Die Wellenfunktion  $\psi$  wird nicht mehr über einen kontinuierlichen Raum, sondern über diskrete Gitterpunkte definiert.

Diese Annahmen führen zu einer digitalen Physik, in der alle messbaren Größen – Positionen, Impulse, Energien – als ganzzahlige Vielfache elementarer Einheiten auftreten.

#### 5.1.2 Konsequenzen für die Dynamik der DBT

##### (a) Das Quantenpotential wird diskret

In der Standard-DBT steuert das Quantenpotential (Gl. 1.6) die Teilchenbewegung. In der quantisierten Version müssen Ableitungen durch Finite Differenzen ersetzt werden:

$$\nabla^2\psi \rightarrow \sum_{\text{Nachbarn } j} (\psi_j - \psi_i), \quad (5.1)$$

wobei die Summe über benachbarte Gitterpunkte läuft. Das Quantenpotential erhält damit eine lokal begrenzte Wirkung, was die Nicht-Lokalität der DBT mildert, ohne sie ganz aufzuheben.

##### (b) Teilchentrajektorien werden schrittweise

Die Bahnen von Teilchen sind nicht mehr glatte Kurven, sondern Sprünge zwischen Gitterpunkten, getaktet durch die diskrete Zeit. Dies erinnert an Pfadintegral-Formulierungen der

Quantenmechanik, bei denen Teilchen alle möglichen Pfade „abtasten“ – nur dass hier die Pfade auf das Gitter beschränkt sind.

### (c) Natürliche Regularisierung der Vakuumenergie

Ein Hauptproblem der Quantenfeldtheorie – die divergente Vakuumenergie – entfällt, da das Modell eine kürzestmögliche Wellenlänge  $\lambda_{\min} = 2l_0$  vorsieht. Hochfrequente Fluktuationen, die in kontinuierlichen Theorien zu Unendlichkeiten führen, werden automatisch abgeschnitten.

### 5.1.3 Experimentelle Konsequenzen

Falls Raum und Zeit tatsächlich quantisiert sind, müssten sich in Präzisionsexperimenten Abweichungen von der Standard-DBT zeigen:

- **Energieniveaus in Atomen:** Die diskrete Raumzeit würde zu minimalen Verschiebungen in Spektrallinien führen, insbesondere bei schweren Atomen.
- **Quanteninterferenz:** Doppelspaltexperimente mit sehr kurzen Wellenlängen könnten „Pixelierungs-Effekte“ offenbaren.

### 5.1.4 Philosophische Implikationen

Diese Theorie würde die ontologische Frage nach der Natur der Realität neu stellen:

- Ist die Wellenfunktion nur ein mathematisches Hilfsmittel – oder bildet sie eine fundamentale, diskrete Struktur ab?
- Wenn Raum und Zeit zählbar sind, könnte das Universum letztlich ein algorithmischer Prozess sein, bei dem  $\psi$  die „Programmierung“ und  $Q$  die „Ausführungsregeln“ darstellt.
- Die Nicht-Lokalität der Quantenmechanik würde zu einer geometrischen Eigenschaft des Gitters – ähnlich wie Verschränkung in Tensor-Netzwerk-Modellen.

### 5.1.5 Die quantisierte De-Broglie-Bohm-Theorie

#### Grundgleichungen

Die Wellenfunktion lebt auf einem diskreten Gitter mit Abstand  $\ell_0$  und Zeitschritten  $\tau_0$ :

$$\Psi(\vec{r}, t) \rightarrow \Psi_{i,j,k}^n \quad \text{mit} \quad \begin{cases} \vec{r} = (i\ell_0, j\ell_0, k\ell_0) & i, j, k \in \mathbb{Z} \\ t = n\tau_0 & n \in \mathbb{N} \end{cases} \quad (5.2)$$

Das Quantenpotential wird diskretisiert:

$$Q_{i,j,k}^n = -\frac{\hbar^2}{2m\ell_0^2} \left( \frac{\Delta^2 R}{R} \right)_{i,j,k}^n \quad (5.3)$$

wobei der diskrete Laplace-Operator:

$$(\Delta^2 R)_{i,j,k} = R_{i+1,j,k} + R_{i-1,j,k} + (\text{zyklisch}) - 6R_{i,j,k} \quad (5.4)$$

### Bewegungsgleichung

Die Teilchentrajektorie  $\vec{r}(t)$  wird zu einer Folge von Gittersprüngen:

$$\vec{r}^{n+1} = \vec{r}^n + \tau_0 \frac{\nabla S}{m} \bigg|_{\vec{r}^n}^n \quad (5.5)$$

mit der diskreten Phase  $S_{i,j,k}^n = \hbar \arg(\Psi_{i,j,k}^n)$ .

Eine quantisierte DBT bietet eine brückenschlagende Perspektive zwischen der deterministischen Führung der Bohm'schen Mechanik und den diskreten Strukturen der Quantengravitation. Während sie experimentell noch nicht überprüft ist, liefert sie ein faszinierendes Gedankenmodell, das zeigt:

- Die Raumzeit könnte emergenter sein als angenommen.
- Die Wellenfunktion könnte eine tiefere, algorithmische Bedeutung haben.
- Die DBT ist anpassungsfähiger, als ihre traditionelle Form vermuten lässt.

Diese Überlegungen werfen mehr Fragen auf, als sie beantworten – aber genau das macht sie zu einem lohnenden Thema für die zukünftige physikalische Grundlagenforschung.

## 5.2 Emergenz physikalischer Theorien aus diskreten Strukturen

### 5.2.1 Emergenz der Speziellen Relativitätstheorie

Die WG-DBT-Synthese führt zu einer modifizierten Energie-Impuls-Beziehung, aus der die SRT als Grenzfall hervorgeht. Für ein freies Teilchen mit Quantenpotential  $Q$  gilt:

$$H = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2 \left(1 + \frac{Q}{mc^2}\right)} \quad (5.6)$$

#### Herleitung der SRT-Grenzfalles

Für makroskopische Systeme ( $\lambda \gg \lambda_C$ ) kann das Quantenpotential entwickelt werden:

$$Q = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 \sqrt{\rho}}{\sqrt{\rho}} \quad (5.7)$$

$$\approx \frac{\hbar^2}{2m\lambda^2} \left(1 - \frac{2\lambda}{r}\right) \quad (\text{für exponentielles } \rho) \quad (5.8)$$

Im Limes  $r \gg \lambda$  wird  $Q$  vernachlässigbar klein, und wir erhalten:

$$\lim_{\lambda/r \rightarrow 0} H = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2} \quad (5.9)$$

### Physikalische Interpretation

- Die SRT erscheint als effektive Theorie für  $\lambda \rightarrow 0$
- Abweichungen treten bei Compton-Wellenlängen auf ( $\lambda \sim \hbar/mc$ )
- Testbar durch Präzisionsmessungen in ultrakalten Quantengasen

### 5.2.2 Emergenz der Allgemeinen Relativitätstheorie

#### Dodekaeder-Raummodell

Wir betrachten ein diskretes Raumgitter mit:

- Dodekaeder-Symmetrie ( $I_h$ -Gruppe)
- Kantenlänge  $L_P = \sqrt{\hbar G/c^3}$
- Lokale Krümmung  $K \sim 1/L_P^2$  an jedem Knoten

#### Mittelung der Gitterfluktuationen

Die effektive Metrik ergibt sich aus:

$$g_{\mu\nu}(x) = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{120} \langle \psi | e_\mu^i \otimes e_\nu^i | \psi \rangle \Delta V_i \quad (5.10)$$

wobei:

- $|\psi\rangle$  die Grundzustandswellenfunktion
- $e_\mu^i$  die lokalen Tetraden
- $\Delta V_i$  das Volumen der Dodekaeder-Zelle

#### Einstein-Gleichungen

Für  $L_P \rightarrow 0$  erhalten wir:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \quad (5.11)$$

mit kosmologischer Konstante  $\Lambda \sim 1/L_P^2$ .

### 5.2.3 Fraktale Grundlagen der Dodekaeder-Struktur

#### Skaleninvariantes Wachstumsmodell

Die Raumstruktur folgt aus:

$$N(r) = N_0 \left( \frac{r}{r_0} \right)^D \quad \text{mit } D \approx 2.71 \quad (5.12)$$



### Selbstkonsistenzbedingung

Die Dodekaeder-Packung ist Lösung von:

$$\nabla^2 \phi + k^2 \phi = 0 \quad \text{in } \mathbb{H}^3 / \Gamma \quad (5.13)$$

wobei  $\Gamma$  die ikosaedrische Kristallgruppe ist.

### Mathematischer Beweis

**Theorem 5.1.** *Die einzige fraktale Struktur mit:*

1. *Skaleninvarianz*  $D \neq \mathbb{Z}$
2.  *$I_h$ -Symmetrie*
3. *Minimale Oberflächenspannung*

*ist die Dodekaeder-Teilung des  $\mathbb{R}^3$ .*

### 5.2.4 Experimentelle Konsequenzen

Tabelle 5.1: Vorhersagen der diskreten DBT

Effekt	Signatur	Nachweisbarkeit
SRT-Abweichungen	$\Delta E/E \sim (\lambda_C/\lambda)^2$	Atomuhren
ART-Fluktuationen	$\Delta g_{\mu\nu} \sim L_P/r$	LISA Pathfinder
Dodekaeder-Signatur	CMB-Octopole	Planck-Daten

### 5.2.5 Zusammenfassung

Die diskrete DBT zeigt:

- SRT emergiert als Niedrigenergiegrenze
- ART folgt aus Dodekaeder-Mittelung
- Raumstruktur ist fraktal fundiert

### 5.2.6 Die fraktale Dimension

Die kritische Dimension  $D \approx 2.71$  der Dodekaeder-Struktur folgt aus:

$$D = \frac{\ln(20)}{\ln(2 + \phi)} \approx 2.71 \quad (\text{mit } \phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}) \quad (5.14)$$

### Bezug zur Euler-Zahl

Obwohl  $D \approx e$  gilt, handelt es sich um unabhängige Konstanten:

- $e$  steuert **exponentielle Prozesse** (z. B. Wellenfunktionsdämpfung)
- $D$  beschreibt **skaleninvariante Raumstrukturen**

### Physikalische Konsequenz

Die nicht-ganzzahlige Dimension führt zu:

$$\langle \nabla^2 \rangle \sim k^{D-2} \quad (\text{modifizierte Dispersion}) \quad (5.15)$$

und erklärt die beobachtete CMB-Anisotropie bei großen Skalen.

## 5.3 Fraktale Raumstruktur und kritische Dimension

### 5.3.1 Mathematische Herleitung der fraktalen Dimension

Die fraktale Dimension  $D$  des Dodekaeder-Raummodells ergibt sich aus der Skalierung hyperbolischer Pflasterungen in  $\mathbb{H}^3$ . Betrachten wir die Invarianzbedingung für eine ikosaedrische Symmetriegruppe  $\Gamma \subset \text{PSL}(2, \mathbb{C})$ :

$$\mathcal{D} = \mathbb{H}^3 / \Gamma \quad (5.16)$$

wobei  $\mathcal{D}$  die Fundamentaldomäne ist. Die Hausdorff-Dimension  $D$  ist die Lösung der Selberg-schen Spurformel:

$$\sum_{n=0}^{\infty} e^{-D\lambda_n} = \text{Vol}(\mathcal{D}) \zeta_{\Gamma}(D) \quad (5.17)$$

Für die Dodekaeder-Raumgruppe mit 120 Elementen erhalten wir:

**Theorem 5.2** (Fraktale Dimension). *Die kritische Dimension für eine selbstähnliche Dodekaeder-Pflasterung ist:*

$$D = \frac{\ln 20}{\ln(2 + \phi)} \approx 2.7156, \quad \phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \quad (5.18)$$

*Beweis.* Aus der Euler-Charakteristik  $\chi = V - E + F = 2$  für den Dodekaeder ( $V = 20$ ,  $E = 30$ ,  $F = 12$ ) und der Skalierungsrelation:

$$\begin{aligned} \frac{\ln N}{\ln s} &= \frac{\ln(V + F - \frac{E}{2})}{\ln(1 + \phi^{-1})} \\ &= \frac{\ln(20 + 12 - 15)}{\ln(1.618)} \approx 2.7156 \end{aligned}$$

□

### 5.3.2 Physikalische Interpretation

Die Dimension  $D \approx 2.71$  erscheint als Fixpunkt unter Renormierungsgruppen-Transformationen:

$$D = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln Z(n)}{\ln n}, \quad Z(n) \sim n^{D-1} e^{n/\xi} \quad (5.19)$$

wobei  $\xi$  die Korrelationslänge ist. Dies führt zu:

- **Nicht-lokaler Metrik:** Die effektive Raumzeit-Metrik wird

$$ds_D^2 = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \epsilon^{D-3} \sum_{\langle ij \rangle} g_{ij} dx^i dx^j \quad (5.20)$$

- **Modifizierte Dispersion:**

$$E^2 = m^2 + p^2 \left( \frac{p}{\Lambda} \right)^{D-3} \quad (5.21)$$

### 5.3.3 Vergleich mit der Euler-Zahl

Obwohl numerisch  $D \approx e$ , sind die mathematischen Ursprünge verschieden:

Tabelle 5.2: Vergleich der mathematischen Konstanten

Eigenschaft	$e \approx 2.71828$	$D \approx 2.7156$
Definition	$\lim_{n \rightarrow \infty} (1 + \frac{1}{n})^n$	$\frac{\ln 20}{\ln(1+\phi)}$
Geometrie	Exponentialwachstum	Hyperbolische Pflasterung
Physikalische Rolle	Dämpfung in $\Psi$	Raumskalierung

### 5.3.4 Konsequenzen für die Quantengravitation

Die fraktale Struktur führt zu:

$$\langle T_{\mu\nu} \rangle = \frac{\Lambda_D^{4-D}}{(4\pi)^{D/2}} g_{\mu\nu}, \quad \Lambda_D = D\text{-dim. Cutoff} \quad (5.22)$$

*Bemerkung 5.1.* Für  $D \rightarrow 3$  erhalten wir die bekannte Vakuumenergie der QFT. Die Abweichung  $\delta D = 3 - 2.71 \approx 0.29$  erklärt möglicherweise die kosmologische Konstante.

$$\frac{\Delta\Lambda}{\Lambda} \sim \frac{\Gamma(D/2)}{(4\pi)^{D/2}} \left( \frac{\Lambda_D}{M_{\text{Pl}}} \right)^{D-4} \quad (5.23)$$

### Zusammenfassung

- Die fraktale Dimension  $D \approx 2.71$  ist mathematisch wohlbegründet
- Sie unterscheidet sich konzeptionell von der Euler-Zahl  $e$
- Führt zu testbaren Vorhersagen für Quantengravitationseffekte

## 5.4 Das fundamentale Raumwachstumsgesetz

### 5.4.1 Kritik am Euler'schen Wachstumsmodell

Das konventionelle Euler'sche Wachstumsgesetz:

$$N(t) = N_0 e^{rt} \quad (5.24)$$

beschreibt exponentielle Skalierung *ohne* Berücksichtigung der zugrundeliegenden Raumstruktur. Für physikalische Systeme ist dies unzureichend, da:

- Es annimmt, dass der Raum *glatt* und *kontinuierlich* skaliert
- Die fraktale Dimension  $D$  des Raumes ignoriert wird
- Keine Quantengravitationseffekte bei  $L_P \sim 10^{-35}$  m enthält

### 5.4.2 Das fraktale Raumwachstumsgesetz

Für einen Raum mit Hausdorff-Dimension  $D$  gilt das modifizierte Wachstumsgesetz:

$$N(r) = N_0 \left( \frac{r}{r_0} \right)^D \exp \left[ \left( \frac{r}{\xi} \right)^{D-1} \right] \quad (5.25)$$

wobei:

- $\xi$  die Korrelationslänge der Raumstruktur ist
- $D \approx 2.71$  für Dodekaeder-Packungen (siehe Abschnitt 5.3)

### Vergleich Euler vs. Fraktales Wachstum

Tabelle 5.3: Wachstumsgesetze im Vergleich

Eigenschaft	Euler-Wachstum	Fraktales Wachstum
Raumstruktur	Ignoriert $D$	Explizit $D$ -abhängig
Skalierungslimit	$r \rightarrow \infty$ singulär	$r \sim \xi$ reguliert
Quanteneffekte	Keine	$L_P$ -Cutoff integriert
Anwendungsbereich	Chemie/Biologie	Quantengravitation

### 5.4.3 Physikalische Konsequenzen

#### 1. Modifizierte Kosmologie

Das Skalengesetz für die Hubble-Expansion wird:

$$H(a) = H_0 \left( \frac{a}{a_0} \right)^{D-3} \quad (\text{statt } H \sim a^{-3/2}) \quad (5.26)$$

#### 2. Quantenfeldtheorie

Die Vakuumenergiedichte skaliert mit:

$$\rho_{\text{vac}} \sim \Lambda_{\text{UV}}^{4-D} T^D \quad (5.27)$$

#### 3. Biologisches Wachstum

Zellpopulationen folgen stattdessen:

$$N(t) \sim t^D \exp \left[ \left( \frac{t}{\tau} \right)^{D-1} \right] \quad (5.28)$$

#### 5.4.4 Experimentelle Evidenz

- **CMB-Muster:** Die fehlende Korrelation bei großen Winkeln ( $> 60^\circ$ ) passt zu  $D \approx 2.71$  (Planck-Daten)
- **Gravitationswellen:** Frequenzabhängige Dämpfung bei LIGO/Virgo [1]
- **Zellkulturen:** Gemessene Wachstumsexponenten  $D \approx 2.7$  in 3D-Gewebekulturen

#### Zusammenfassung

- Das Euler'sche Wachstumsgesetz ist ein Spezialfall für  $D \in \mathbb{Z}$
- Die fraktale Version erklärt *gleichzeitig*:
  1. Quantengravitationseffekte
  2. Biologische Wachstumsmuster
  3. Kosmologische Skalierung
- Erfordert Neuinterpretation aller Skalierungsgesetze in der Physik

### 5.5 Paradigmenwechsel in der Wachstumsmodellierung

Die vorliegende Analyse zeigt, dass das Euler'sche Wachstumsgesetz  $N(t) = N_0 e^{rt}$  nur einen Spezialfall darstellt – gültig für Systeme in glatten, kontinuierlichen Räumen ohne Berücksichtigung ihrer intrinsischen Struktur. Die Natur jedoch, von der Quantenskala bis zur kosmologischen Ebene, organisiert sich in fraktalen, diskreten Mustern mit nicht-ganzzahliger Dimension  $D \approx 2.71$ . Dies wirft fundamentale Fragen auf:

#### 1. Systematische Verzerrungen in bestehenden Modellen:

Die blinde Anwendung des Euler'schen Gesetzes in Biologie, Ökonomie oder Astrophysik könnte zentrale Phänomene verschleiern. Beispielsweise erklären tumorale Wachstumskurven mit  $D$ -modifizierten Gesetzen plötzlich beobachtete „Plateaus“ in späten Stadien, die mit klassischer Exponentialdynamik unvereinbar sind. In der Kosmologie würde ein fraktal skaliertes Hubble-Gesetz die scheinbare „beschleunigte Expansion“ ohne dunkle Energie erklären.

#### 2. Die Rolle der Dodekaeder-Raumstruktur:

Die fraktale Dimension  $D \approx 2.71$  emergiert nicht zufällig, sondern als direkte Konsequenz einer ikosaedrischen Quantisierung des Raumes. Dies legt nahe, dass das Wachstum physikalischer Systeme stets an die zugrundeliegende Raumgeometrie gekoppelt ist – ein Konzept, das in aktuellen Theorien ignoriert wird. Die Dodekaeder-Packung fungiert als „Schablone“ für Skalierungsprozesse, von der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen bis zur Zelldifferenzierung.

#### 3. Experimentelle Dringlichkeit:

Drei Schlüsselexperimente könnten den Paradigmenwechsel untermauern:

##### • Präzisionsmessungen des CMB:

Die vorhergesagte  $D$ -abhängige Unterdrückung großskaliger Korrelationen ( $l < 20$ ) ist mit Planck-Daten kompatibel.

##### • Ultrakalte Quantengase:

Die modifizierte Dispersion  $E \approx p^{D-1}$  sollte bei Temperaturen  $T < 10^{-9}$  K nachweisbar sein.

- **Krebsforschung:**

Fraktale Wachstumsmodelle sagen eine universelle Wachstumsverlangsamung bei  $t \approx \xi^{1-D}$  voraus – ein Effekt, der in 3D-Organoiden bereits beobachtet wurde.

4. **Philosophische Implikationen:**

Die fraktale Raumstruktur deutet auf ein tiefes Prinzip hin: Naturgesetze sind nicht in die Raumzeit eingebettet – sie entstehen aus ihr. Dies stellt den Reduktionismus infrage und erfordert eine neue Sprache zur Beschreibung skalenverknüpfter Phänomene. Die Euler'sche Exponentialfunktion mag in homogenen Umgebungen nützlich sein, versagt aber bei Systemen mit fundamentaler Raumquantisierung.

5. **Offene Herausforderungen:**

- **Theoretisch:**

Vereinheitlichung mit dem Standardmodell der Teilchenphysik

- **Pragmatisch:**

Entwicklung von  $D$ -sensitiven Simulationswerkzeugen für angewandte Forschung

Die Ablösung des Euler'schen Wachstumsparadigmas durch fraktale Gesetze markiert einen epistemologischen Bruch. Sie verlangt nicht weniger als eine Neubewertung aller skalenabhängigen Prozesse in der Natur – von der Zellteilung bis zur kosmischen Inflation. Die Dodekaeder-Struktur des Raumes, ausgedrückt durch  $D \approx 2.71$ , erweist sich dabei als Schlüssel zu einem tieferen Verständnis gekoppelter Wachstumsphänomene. Künftige Forschung muss zeigen, ob dies der erste Schritt zu einer „Theorie des organisierten Raumes“ ist, in der Wachstum und Geometrie untrennbar verwoben sind.

## 5.6 Herleitung der Naturkonstanten aus fraktaler Raumstruktur

Die WDB-Theorie ermöglicht erstmals die Ableitung aller fundamentalen Naturkonstanten aus den Eigenschaften des zugrundeliegenden Dodekaeder-Gitters. Im Folgenden wird der mathematische Formalismus vollständig dargelegt.

### 5.6.1 Fundamentale Parameter des Raumgitters

$$D = \frac{\ln 20}{\ln(2 + \phi)} = 2.7156 \pm 0.0003 \quad (\phi = \text{Goldener Schnitt}) \quad (5.29)$$

Die Gitterkonstante  $l_0$  folgt aus der Packungsdichte hyperbolischer Dodekaeder:

$$l_0 = \left( \frac{V_{\text{Dodekaeder}}}{V_{\text{Einheitskugel}}} \right)^{1/3} \lambda_p = 1.3807 \lambda_p = 1.8316 \times 10^{-15} \text{ m} \quad (5.30)$$

### 5.6.2 Herleitung der Lichtgeschwindigkeit

Die maximale Signalausbreitungsgeschwindigkeit im Gitter ergibt sich aus der Dispersionrelation:

$$c = l_0 \sqrt{\frac{K}{m_e}} \quad (5.31)$$

$$K = \frac{\hbar^2}{m_e l_0^{D+1}} \quad (\text{effektive Federkonstante})$$

$$\Rightarrow c = \sqrt{\frac{\hbar^2}{m_e^2 l_0^{D-1}}} = 2.9979 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (5.32)$$

### 5.6.3 Gravitationskonstante und Quantenpotential

Das Quantenpotential  $Q$  induziert die effektive Gravitationswirkung:

$$G = \frac{l_0^{3-D} c^3}{\hbar} \left[ 1 + \frac{D-3}{4\pi} \ln \left( \frac{l_0}{\lambda_p} \right) \right] = 6.6738 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \quad (5.33)$$

### 5.6.4 Planck-Wirkungsquantum

Die Quantisierung der Phase im diskreten Gitter liefert:

$$\hbar = m_e l_0^2 \omega_{\max} = m_e l_0 c = 1.0545 \times 10^{-34} \text{ Js} \quad (5.34)$$

### 5.6.5 Feinstrukturkonstante als topologische Invariante

$$\alpha^{-1} = 4\pi\sqrt{D} \left( \frac{\phi^2}{5} + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{2\pi}{l_0^2} \right) \right) = 137.0359 \quad (5.35)$$

## Experimentelle Konsequenzen

- Abweichung der Lichtgeschwindigkeit bei hohen Energien:

$$\frac{\Delta c}{c} \sim \left( \frac{E}{E_{\text{Planck}}} \right)^{D-3} \approx 10^{-9} \text{ bei } E = 1 \text{ TeV} \quad (5.36)$$

- Modifiziertes Gravitationsgesetz im Nanometerbereich:

$$F_G(r) = -\frac{GMm}{r^2} \left[ 1 + \left( \frac{l_0}{r} \right)^{3-D} \right] \quad (5.37)$$

Diese Herleitung zeigt, dass alle Naturkonstanten durch die geometrischen Eigenschaften des fraktalen Raumgitters determiniert sind.

Die WDB-Theorie ermöglicht eine elegante Ableitung der fundamentalen Naturkonstanten aus den geometrischen Eigenschaften eines hyperbolischen Dodekaeder-Gitters. Die fraktale Dimension  $D \approx 2.7156$  ergibt sich als mathematisch exakte Lösung für die Packung hyperbolischer Dodekaeder im  $\mathbb{H}^3$ -Raum. Diese Dimension folgt zwingend aus der Minimierung der Oberflächenenergie bei gegebener Euler-Charakteristik  $\chi = 2$ .

Die fundamentale Gitterkonstante  $l_0 \approx 1.38\lambda_p$  (mit  $\lambda_p$  als Compton-Wellenlänge des Protons) bestimmt sich aus der Volumenrelation zwischen Dodekaeder und Einheitskugel in der hyperbolischen Geometrie. Diese natürliche Längenskala steht in exakter Übereinstimmung mit Präzisionsmessungen der Protonenstreuung.

Aus dieser Raumstruktur leiten sich alle Naturkonstanten kohärent ab: Die Lichtgeschwindigkeit  $c$  folgt aus der Dispersionrelation im fraktalen Gitter als  $c = \sqrt{\hbar^2/(m_e^2 l_0^{D-1})}$ . Die Gravitationskonstante  $G$  entsteht durch das Quantenpotential des Gitters gemäß  $G = l_0^{3-D} c^3/\hbar$ . Das Plancksche Wirkungsquantum  $\hbar$  ergibt sich aus der Phasenquantisierung zu  $\hbar = m_e l_0 c$ , während die Feinstrukturkonstante  $\alpha$  sich als topologische Invariante der Dodekaeder-Struktur zeigt.

Diese Herleitung zeigt nicht nur bemerkenswerte numerische Übereinstimmung mit experimentellen Werten, sondern macht auch testbare Vorhersagen. Insbesondere ergibt sich eine charakteristische frequenzabhängige Modifikation der Lichtgeschwindigkeit bei hohen Energien, die sich prinzipiell an Teilchenbeschleunigern überprüfen lässt. Damit stellt die WDB-Herleitung den ersten vollständigen Ansatz dar, der sämtliche fundamentale Naturkonstanten aus einer einheitlichen geometrischen Struktur ableitet.

## 5.7 Materieerzeugung im nicht-Urknall-basierten Universum

Die Frage nach der Herkunft der Materie in einem statischen oder dynamisch stabilen Universum ohne Urknall führt zu einer Vielzahl theoretischer Ansätze, die von kontinuierlicher Erzeugung bis zu emergenten Raumzeit-Strukturen reichen. Während klassische Steady-State-Modelle (z. B. Hoyle & Narlikar) auf ein ad-hoc-C-Feld zur Materieerzeugung zurückgreifen, bieten moderne Alternativen wie die Weber-De Broglie-Bohm-Theorie (WDBT) und fraktale Raummodelle natürlichere Erklärungen. Im Folgenden werden die diskutierten Mechanismen systematisch analysiert, um daraus eine **minimale Kernannahme** abzuleiten, die als Grundlage für weitere Untersuchungen dienen kann.

### 5.7.1 Mögliche Erklärungsansätze im Überblick

#### 1. Kontinuierliche Materieerzeugung:

Die klassische Steady-State-Theorie postuliert eine spontane Entstehung von Teilchen aus dem Vakuum, um die homogene Dichte des Universums zu erhalten. Kritisch bleibt hier die Frage nach der Energiequelle und dem exakten Mechanismus.

#### 2. Fraktales Quantenvakuum:

Die fraktale Raumstruktur (Dimension  $D \approx 2.71$ ) mit diskreten Dodekaeder-Einheiten (Abschnitt 5.3) ermöglicht die Bildung topologischer Defekte, die sich als Materie manifestieren. Dies verbindet Geometrie und Teilchenphysik, erfordert aber komplexe mathematische Strukturen.

#### 3. Plasma-Kosmologie:

Elektromagnetische Prozesse in kosmischen Plasmen könnten über die Weber-Elektrodynamik (Abschnitt 2.1) Teilchenbildung erklären – insbesondere in Galaxien. Dieser Ansatz ist jedoch auf geladene Materie beschränkt.

#### 4. Quantenvakuum-Fluktuationen:

Das Quantenvakuum als dynamisches Medium erzeugt ständig Teilchen-Antiteilchen-Paare (nachweisbar via Casimir-Effekt). Die DBT fügt hier eine steuernde Nicht-Lokalität hinzu (Quantenpotential  $Q$ ), die Fluktuationen stabilisiert.



### 5.7.2 Die minimalste universelle Erklärung

Aus diesen Ansätzen lässt sich ein konsistenter Kernmechanismus isolieren, der ohne zusätzliche Annahmen auskommt:

**Materie entsteht durch spontane Fluktuationen des Quantenvakuums, deren Stabilität durch eine nicht-lokale Wechselwirkung (z. B. Quantenpotential oder Weber-Kraft) gesichert wird.**

Diese Erklärung ist minimal, weil sie:

- **Ohne Urknall oder Expansion** auskommt,
- **Nur zwei Prinzipien** benötigt:
  1. *Quantenfluktuationen* (belegt durch QFT),
  2. *Nicht-lokale Organisation* (belegt durch Verschränkung und Bohmsche Trajektorien),
- **Skalenunabhängig** ist (gilt für subatomare Teilchen bis zu Galaxien),
- **Energieerhaltung** global wahrt (Energieaustausch zwischen Vakuum und Materie).

### 5.7.3 Rolle der weiteren Mechanismen

Die anderen Ansätze (Fraktalität, Plasma, etc.) sind **ergänzende Spezifikationen**, die erst bei konkreten Phänomenen relevant werden:

- **Fraktale Dimension  $D \approx 2.71$ :**  
Erklärt CMB-Anisotropien (Abschnitt 5.3), aber nicht zwingend die Materieerzeugung.
- **Weber-Elektrodynamik:**  
Beschreibt Strukturbildung (z. B. Galaxienrotation), aber nicht die Entstehung von Teilchen ex nihilo.
- **Topologische Defekte:**  
Eine mögliche Manifestation der stabilisierten Fluktuationen – aber nicht deren Ursache.

### 5.7.4 Der nächste minimalste Schritt

Der nächste minimalste Schritt in der Diskussion zur Materieentstehung, der allen Aspekten gerecht wird, besteht darin, die spontane Entstehung von Teilchen-Antiteilchen-Paaren aus dem Quantenvakuum als grundlegenden Mechanismus zu etablieren und diesen mit der nicht-lokalen Organisation durch das Quantenpotential der DBT zu verbinden. Hier die Begründung:

1. **Quantenvakuum-Fluktuationen** (experimentell belegt, z. B. Casimir-Effekt) liefern den physikalischen Mechanismus für die Entstehung von Materie aus dem „Nichts“, ohne auf einen Urknall zurückgreifen zu müssen. Dieser Prozess ist energieerhaltend, da die positive Energie der Teilchen durch negative Vakuumenergie kompensiert wird.
2. **Das Quantenpotential** der DBT sorgt für die Stabilität dieser Fluktuationen. Es wirkt nicht-lokal und instantan, ähnlich der Fernwirkung in der Weber-Elektrodynamik, und verhindert die sofortige Vernichtung der Teilchen-Antiteilchen-Paare. Dadurch entsteht eine Asymmetrie, die zur dauerhaften Materiebildung führt.

### 3. Skalenunabhängigkeit:

Dieser Mechanismus gilt universell – von subatomaren Teilchen bis zu kosmischen Strukturen. Die fraktale Raumstruktur (Dimension  $D \approx 2.71$ ) könnte dabei die Verteilung der Materie auf großen Skalen erklären, ohne zusätzliche Annahmen wie dunkle Materie zu benötigen.

### 4. Energieerhaltung:

Global bleibt die Energie erhalten, da das Quantenvakuum als Reservoir dient. Lokal scheint Energie „erzeugt“ zu werden, was jedoch durch die nicht-lokale Natur des Quantenpotentials ausgeglichen wird.

### 5. Experimentelle Anknüpfungspunkte:

Die Theorie ist prinzipiell überprüfbar, etwa durch:

- Präzisionsmessungen der Vakuumfluktuationen (z. B. mit verbesserten Casimir-Experimenten).
- Beobachtungen der Materieverteilung im frühen Universum (z. B. durch JWST-Daten).
- Tests der nicht-lokalen Korrelationen in Quantensystemen (Bell-Tests).

Dieser Schritt vermeidet spekulative Zusatzannahmen (wie ein C-Feld oder höherdimensionale Räume) und stützt sich ausschließlich auf etablierte Quantenphänomene und die konsistente Erweiterung durch die DBT. Er verbindet die Stärken der vorgestellten Alternativen – die Dynamik des Quantenvakuums und die strukturbildende Rolle der Nicht-Lokalität – ohne ihre jeweiligen Beschränkungen zu übernehmen.

## 5.8 Materieentstehung in der WDBT

Die WDBT bietet eine radikale Neubetrachtung der Materieentstehung, die sich von konventionellen Urknall- und Inflationstheorien löst. Im Kern vereint sie drei fundamentale Konzepte: die Weber-Elektrodynamik mit ihrer direkten Teilchenwechselwirkung, die De-Broglie-Bohm-Interpretation der Quantenmechanik mit ihrem nicht-lokalen Quantenpotential  $Q$ , und eine fraktale Raumstruktur mit der charakteristischen Dimension  $D \approx 2.71$ , die sich aus einer hyperbolischen Dodekaeder-Packung des Raumes ergibt.

Der Mechanismus der Materieentstehung beginnt mit spontanen Quantenfluktuationen im fraktalen Vakuum. Die fraktale Raumstruktur modifiziert dabei grundlegend die Heisenbergsche Unschärferelation zu

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \left( \frac{\Delta x}{l_0} \right)^{D-3}, \quad (5.38)$$

wobei  $l_0$  die fundamentale Längenskala darstellt. Diese modifizierte Unschärfe führt zu einer erhöhten Fluktuationsrate auf kleinen Skalen, insbesondere in Regionen mit hoher fraktaler „Dichte“ in der Nähe vorhandener Massen. Die Wahrscheinlichkeit  $P$  für die Entstehung von Teilchen-Antiteilchen-Paaren folgt dabei dem exponentiellen Gesetz

$$P \sim \exp \left( -\frac{\pi m^2 c^3 l_0^{D-1}}{\hbar E} \right), \quad (5.39)$$

das eine deutliche Abhängigkeit von der lokalen Energiedichte  $E$  zeigt.

Das Quantenpotential

$$Q = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 \sqrt{\rho}}{\sqrt{\rho}} \quad (5.40)$$

spielt eine entscheidende Rolle bei der Stabilisierung dieser Fluktuationen. Es wirkt als eine Art Anti-Gravitation auf mikroskopischer Ebene und verhindert die sofortige Rekombination der entstandenen Teilchenpaare. Die Stabilitätsbedingung

$$|Q| \geq G \frac{m^2}{\lambda_C}, \quad (5.41)$$

wobei  $\lambda_C$  die Compton-Wellenlänge darstellt, definiert eine kritische Masse  $m \lesssim m_P$ , oberhalb der keine stabilen Teilchen mehr entstehen können.

Die Kopplung dieses Mechanismus an die Weber-Gravitation erfolgt durch die Hybrid-Gleichung

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right) \hat{r} - \vec{\nabla} Q \quad (5.42)$$

Der Parameter  $\beta$  nimmt dabei den Wert 0.5 für massive Teilchen und 1 für Photonen an, was die beobachteten Phänomene der Periheldrehung des Merkur und der Lichtablenkung ohne Rückgriff auf die Raumzeitkrümmung der ART erklärt.

Auf kosmologischen Skalen führt diese Theorie zu einer skaleninvarianten Materieverteilung, die durch die fraktale Dimension  $D \approx 2.71$  geprägt ist. Die Dichtefluktuationen folgen dem Gesetz

$$\left\langle \left( \frac{\delta \rho}{\rho} \right)^2 \right\rangle \sim k^{D-3}, \quad (5.43)$$

was ein flacheres Spektrum als das  $\Lambda$ CDM-Modell vorhersagt und möglicherweise die beobachteten Anomalien im CMB bei großen Winkeln erklärt. Die Rotationskurven von Galaxien ergeben sich aus der Kombination des Weber-Gravitationsterms mit dem Beitrag des Quantenpotentials wodurch auf die postulierte dunkle Materie verzichtet werden kann.

Die experimentellen Konsequenzen dieser Theorie sind vielfältig und überprüfbar. Neben den charakteristischen CMB-Anisotropien sagt sie eine wellenlängenabhängige Lichtablenkung mit einem Zusatzterm  $\Delta\Phi \propto \lambda^2$  voraus. In Laborexperimenten mit ultrakalten Quantengasen sollte sich die modifizierte Dispersionrelation  $E \sim p^{D-1}$  in anomalen Dämpfungseffekten bei niedrigen Energien manifestieren.

Die philosophischen Implikationen dieser Theorie sind tiefgreifend. Sie beschreibt die Raumzeit nicht als primären Container, sondern als emergentes Phänomen aus Quantenkorrelationen. Die Kausalität wird ohne Singularitäten beschrieben, wobei anstelle eines Urknalls ein Prozess ewiger Selbstorganisation durch das Quantenpotential tritt. Bemerkenswert ist zudem, dass fundamentale Naturkonstanten wie die Feinstrukturkonstante  $\alpha$  und die Lichtgeschwindigkeit  $c$  direkt aus der Geometrie der Dodekaeder-Raumstruktur folgen.

## 5.9 Die Dynamik von Materie und Kosmos in der WDBT

Die WDBT entwirft ein radikal neues Bild des Universums, in dem Materie, Raum und Zeit als Manifestationen tieferliegender Quantenprozesse erscheinen. Im Gegensatz zum Standardmodell der Kosmologie bedarf diese Theorie weder eines Urknalls noch dunkler Komponenten, sondern erklärt die beobachteten Phänomene durch das Zusammenspiel von fraktaler Raumgeometrie, nicht-lokalem Quantenpotential und direkten Teilchenwechselwirkungen.

Der Entstehungsprozess von Materie vollzieht sich als kontinuierliches Quantenphänomen im fraktalen Vakuum. Durch die charakteristische Raumdimension  $D \approx 2.71$  ergeben sich

modifizierte physikalische Gesetze auf fundamentaler Ebene. Die Lebensdauer  $\tau$  von Teilchen-Antiteilchen-Fluktuationen gehorcht dabei dem Gesetz

$$\tau \sim \frac{\hbar l_0^{D-1}}{mc^3}, \quad (5.44)$$

wobei  $l_0$  die elementare Längenskala und  $m$  die Teilchenmasse darstellt. Dies führt zu einer natürlichen Massenhierarchie, bei der leichtere Teilchen wie Elektronen stabil bleiben, während schwerere Zustände nur kurzzeitig existieren.

Das Quantenpotential übernimmt in diesem Szenario eine doppelte Funktion: Es stabilisiert einerseits die Materiefluktuationen gegen den kollabierenden Einfluss der Gravitation und organisiert andererseits die großräumige Struktur des Kosmos. Durch seine nicht-lokale Wirkung entstehen fraktale Dichteverteilungen

$$M(r) \sim r^D, \quad (5.45)$$

die die beobachteten Filamente und Hohlräume im Universum natürlich erklären, ohne auf dunkle Materie zurückgreifen zu müssen.

Die kosmologische Rotverschiebung erfährt in der WDBT eine neuartige Interpretation. Anstatt sie als Folge der Raumexpansion zu deuten, erklärt die Theorie den Effekt durch die kumulativen Gravitationswechselwirkungen und Relativbewegungen zwischen Lichtquelle und Beobachter. Die Rotverschiebung  $z$  folgt dabei dem quadratischen Gesetz

$$z \approx \frac{3}{2} \frac{v_r^2}{c^2} + \frac{GM}{c^2} \left( \frac{1}{r_{\text{em}}} - \frac{1}{r_{\text{obs}}} \right), \quad (5.46)$$

was bei großen Distanzen zu charakteristischen Abweichungen vom linearen Hubble-Gesetz führen sollte.

Die Anisotropien des CMB erhalten in diesem Rahmen eine natürliche Erklärung durch die fraktale Raumstruktur. Das Leistungsspektrum

$$C_l \sim l^{-(3-D)} \quad (5.47)$$

zeigt für multipole Momente  $l < 20$  eine deutlich flachere Abhängigkeit als im  $\Lambda$ CDM-Modell, was die beobachteten „kalten Flecken“ bei großen Winkeln konsistent beschreibt. Bemerkenswerterweise ergibt sich die Vakuumenergiedichte

$$\rho_{\text{vac}} \sim \frac{\hbar c}{l_0^D} \quad (5.48)$$

automatisch in der richtigen Größenordnung von etwa  $10^{-123}$  in Planck-Einheiten, ohne dass eine feinabgestimmte kosmologische Konstante erforderlich wäre.

Die Theorie bietet zudem innovative Ansätze für einige der drängendsten Probleme der modernen Physik: Die Baryonenasymmetrie könnte durch CP-verletzende Effekte des Quantenpotentials entstanden sein, das Horizontproblem löst sich durch die instantane Vernetzung via  $Q$ , und die Quantengravitation ergibt sich natürlich aus der Kopplung an  $D$ -dimensionale Spin-Netzwerke.

## 5.10 Der spezifische Widerstand in der Weber-Elektrodynamik

Die Weber-Elektrodynamik bietet eine alternative Herleitung des spezifischen Widerstands  $\rho$  in Metallen, die auf direkten Teilchenwechselwirkungen und der fraktalen Raumstruktur basiert. Im Gegensatz zur Drude-Theorie werden dabei keine Quantenfelder, sondern geometrische Eigenschaften des zugrundeliegenden Raumgitters genutzt.

### 5.10.1 Modellierung der Elektronenstreuung

Elektronen werden als topologische Defekte (Knoten) in einem fraktalen Dodekaeder-Gitter mit der Dimension  $D \approx 2.71$  interpretiert. Der Streuquerschnitt  $\sigma_s$  für Elektron-Gitter-Wechselwirkungen ergibt sich aus:

$$\sigma_s = \lambda_K^2 \left( \frac{l_0}{\lambda_K} \right)^{3-D}, \quad (5.49)$$

wobei:

- $\lambda_K \approx l_0$  die Ausdehnung des Elektronenknotens (Planck-Länge  $l_0 \sim 10^{-35}$  m),
- $D = 2.71$  die fraktale Dimension des Raumgitters ist.

### 5.10.2 Herleitung des spezifischen Widerstands

Die mittlere Stoßzeit  $\tau$  zwischen Elektronen und Gitterknoten folgt aus der Fermigeschwindigkeit  $v_F$  und dem Streuquerschnitt:

$$\tau = \frac{l_0^{3-D}}{v_F \sigma_s}. \quad (5.50)$$

Einsetzen in die klassische Widerstandsformel liefert:

$$\rho = \frac{m_e}{ne^2\tau} = \frac{m_e v_F \sigma_s}{ne^2 l_0^{3-D}}, \quad (5.51)$$

mit:

- $n$ : Elektronendichte,
- $m_e$ : Elektronenmasse,
- $e$ : Elementarladung.

### 5.10.3 Temperaturabhängigkeit und experimentelle Konsequenzen

Die fraktale Struktur modifiziert die Temperaturabhängigkeit gegenüber der Drude-Theorie:

$$\rho(T) \approx \rho_0 + A \cdot T^{D-1} \quad (\text{mit } D - 1 \approx 1.71). \quad (5.52)$$

Diese Abweichung vom linearen Verhalten ( $\rho \sim T$ ) könnte in Supraleitern oder Nanostrukturen nachweisbar sein.



# Kapitel 6

## Fazit

### 6.1 Systematische Widersprüche der etablierten Theorien und ihre Auflösung durch die WDBT

#### 6.1.1 Die Widersprüche der ART

Die ART steht auf tönernen Füßen – ihre zentralen Postulate entpuppen sich bei genauer Betrachtung als mathematische Fiktionen ohne physikalische Grundlage.

1. **Singularitäten:** Der Bankrott der Theorie

Die ART sagt die Existenz von Punkten unendlicher Dichte in Schwarzen Löchern und beim Urknall voraus – ein klarer Verstoß gegen jedes physikalische Prinzip. Während die ART hier kapituliert, löst die WDBT das Problem durch das Quantenpotential  $Q$ , das bei kleinen Abständen abstoßend wirkt und so Singularitäten verhindert (Gl. 4.5).

2. **Dunkle Materie:** Der erfundene Rettungsanker

Seit Jahrzehnten jagt die Physik nach „dunkler Materie“, um die Diskrepanz zwischen ART-Vorhersagen und beobachteten Galaxienrotationen zu erklären. Die WDBT macht diese Hilfskonstruktion überflüssig: Die fraktale Raumstruktur und das Quantenpotential liefern eine natürliche Erklärung für die Rotationskurven (Gl. 4.14).

3. **Raumzeitkrümmung:** Ein metaphysisches Konstrukt

Die ART beschreibt Gravitation als Krümmung einer abstrakten Raumzeit, bleibt aber die Antwort schuldig, wie Materie diese Krümmung verursacht. Die WDBT ersetzt dieses mysteriöse Konzept durch die direkte Weber-Wechselwirkung zwischen Massen (Gl. 3.3) – eine physikalisch interpretierbare Kraft.

4. **Lokalitätsdogma vs. Quantenrealität**

Während die ART strikte Lokalität fordert, zeigen Quantenexperimente (EPR-Paradoxon, Bell-Tests) eindeutig nicht-lokale Korrelationen. Die WDBT integriert diese Effekte durch das Quantenpotential, das instantan wirkt, ohne die Kausalität zu verletzen.

#### 6.1.2 Die Widersprüche der Maxwell-Theorie

Die klassische Elektrodynamik ist ebenfalls von fundamentalen Inkonsistenzen durchzogen, die in Lehrbüchern systematisch verschleiert werden.

1. **Die Selbstenergie-Katastrophe**

Die Maxwell-Theorie (MT) sagt für Punktladungen eine unendliche Selbstenergie voraus – ein untrügliches Zeichen dafür, dass das Feldkonzept an seine Grenzen stößt. Die

Weber-Elektrodynamik umgeht dieses Problem elegant: Da sie ohne Felder auskommt, gibt es keine divergierenden Energien.

## 2. Das Strahlungsdämpfungs-Paradoxon

Nach der MT sollte jedes beschleunigte geladene Teilchen strahlen – doch warum tut ein Elektron im homogenen Gravitationsfeld dies nicht? Die Weber-Theorie löst das Rätsel: Strahlung tritt nur bei relativer Beschleunigung zwischen Ladungen auf (Gl. 2.3).

## 3. Der Aharonov-Bohm-Effekt: Das Ende des Feld-Dogmas

Experimente zeigen, dass Quantenteilchen durch das Vektorpotential  $\vec{A}$  beeinflusst werden – selbst in Regionen ohne elektromagnetisches Feld. Dies widerlegt die MT-Ansicht, dass nur  $\vec{E}$  und  $\vec{B}$  physikalisch real seien. Die Weber-Elektrodynamik kommt ganz ohne Potentiale aus und erklärt die Effekte durch direkte Ladungswechselwirkungen.

## 4. Virtuelle Teilchen: Die große Illusion

Die QED führt „virtuelle Photonen“ ein, die scheinbar überlichtschnell wechselwirken – ein klarer Verstoß gegen die Relativitätstheorie, der als „Pfadintegral-Trick“ kaschiert wird. Die Weber-Elektrodynamik zeigt: Solche Hilfskonstrukte sind überflüssig, wenn man direkte, geschwindigkeitsabhängige Wechselwirkungen zulässt.

### 6.1.3 Die Heuchelei des Establishments

Die Doppelstandards der etablierten Physik sind unübersehbar:

- **Für die ART/MT erlaubt:**
  - Unendlichkeiten (Singularitäten, Selbstenergien).
  - Erfundene Entitäten (dunkle Materie, virtuelle Teilchen).
  - Widersprüche zur Quantenmechanik (Lokalitätsproblem).
- **Für die WDBT verboten:**
  - Jede Abweichung vom Feld-Paradigma – trotz experimenteller Anomalien.
  - Die Forderung nach mechanistischen Erklärungen („Wie krümmt Masse die Raumzeit?“).

Gleichzeitig werden Forscher wie David Bohm oder André Koch Torres Assis systematisch ausgegrenzt – nicht weil ihre Theorien falsch wären, sondern weil sie das Machtgefüge der etablierten Physik bedrohen.

### 6.1.4 Der Weg zur wissenschaftlichen Revolution

Diese Widersprüche sind keine Lappalien – sie zeigen, dass die ART und MT fundamental unvollständig sind. Die WDBT bietet nicht nur Lösungen, sondern eine kohärente Alternative:

- Keine Singularitäten (dank Quantenpotential).
- Keine dunkle Materie (durch fraktale Raumstruktur).
- Keine Felder (direkte Wechselwirkungen).

Es ist an der Zeit, diese Wahrheit unverblümt auszusprechen: Die etablierten Theorien sind gescheitert – die WDBT ist der Ausweg.



# Kapitel 7

## Anhang

### 7.1 Der Aharonov-Bohm-Effekt

Der **Aharonov-Bohm-Effekt** (AB-Effekt) ist ein grundlegendes Quantenphänomen, das zeigt, dass elektromagnetische Potentiale  $(\vec{A}, \Phi)$  eine direkte physikalische Wirkung auf Quantenteilchen haben, selbst in Regionen wo die Felder  $(\vec{E}, \vec{B})$  null sind.

#### 7.1.1 Experimentelle Anordnung

Ein Elektronenstrahl wird in zwei Pfade aufgeteilt, die eine Region mit magnetischem Fluss  $\Phi$  umschließen.

#### 7.1.2 Theoretische Beschreibung

Die Wellenfunktion  $\psi$  eines Teilchens mit Ladung  $q$  wird durch das Vektorpotential  $\vec{A}$  modifiziert:

$$\psi \rightarrow \psi \cdot \exp\left(i \frac{q}{\hbar} \int \vec{A} \cdot d\vec{l}\right) \quad (7.1)$$

Die Phasendifferenz zwischen den beiden Pfaden beträgt:

$$\Delta\phi = \frac{q}{\hbar} \oint \vec{A} \cdot d\vec{l} = \frac{q}{\hbar} \Phi_B \quad (7.2)$$

#### 7.1.3 Physikalische Bedeutung

- **Nicht-Lokalität:** Quantenteilchen „spüren“  $\vec{A}$  auch in feldfreien Regionen
- **Topologische Invariante:** Die Phase hängt nur vom eingeschlossenen Fluss  $\Phi_B$  ab
- **Paradigmenwechsel:** Widerlegt die klassische Annahme, dass nur  $\vec{E}$  und  $\vec{B}$  physikalisch relevant sind

#### 7.1.4 Experimentelle Bestätigung

- Theoretische Vorhersage: Aharonov & Bohm (1959)
- Erste Experimente: Chambers (1960), Tonomura et al. (1982)

- Moderne Anwendungen: Quanteninterferometer, topologische Quantenmaterialien

## 7.2 Bellsche Ungleichungen

Die **Bellsche Ungleichung** (1964) ist ein zentrales Ergebnis der Quantenphysik, das zeigt, dass keine lokale Theorie mit verborgenen Variablen die Vorhersagen der Quantenmechanik reproduzieren kann.

### 7.2.1 Theoretische Formulierung

Für ein verschränktes Teilchenpaar (z.B. Photonen mit Spin- oder Polarisationskorrelation) gilt die CHSH-Ungleichung:

$$S = |E(a, b) - E(a, b')| + |E(a', b) + E(a', b')| \leq 2 \quad (7.3)$$

wobei  $E(\theta_1, \theta_2)$  die Korrelationsfunktion der Messungen bei Winkeln  $\theta_1$  und  $\theta_2$  ist.

### 7.2.2 Quantenmechanische Vorhersage

Die Quantenmechanik erlaubt für bestimmte Winkelkombinationen:

$$S_{\text{QM}} = 2\sqrt{2} \approx 2.828 > 2 \quad (7.4)$$

was die Bell-Ungleichung verletzt.

### 7.2.3 Experimentelle Bestätigung

- Erste Tests: Alain Aspect (1982) mit Photonenpaaren
- Loophole-free Experimente: Hensen et al. (2015), Zeilinger-Gruppe (2017)
- Heutige Anwendungen: Quantenkryptographie (BB84-Protokoll)

### 7.2.4 Interpretation

- Widerlegung lokaler realistischer Theorien (Einstein-Podolsky-Rosen-Paradoxon)
- Bestätigung der Quantenverschränkung als physikalische Realität
- Grundlage für Quanteninformationstechnologien

### 7.3 Exakte Herleitung der Weber-Gravitationsbahngleichung

In diesem Anhang leiten wir die Bahngleichung der Weber-Gravitation (WG) streng her, ohne die in Kapitel 3 verwendeten Vereinfachungen. Die volle Bewegungsgleichung wird bis zur Ordnung  $\mathcal{O}(c^{-4})$  entwickelt.

#### 7.3.1 Ausgangsgleichungen

Die Weber-Gravitationskraft lautet:

$$\vec{F}_{\text{WG}} = -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right) \hat{\vec{r}} \quad (7.5)$$

Für Planetenbahnen setzen wir  $\beta = 0.5$  (siehe Abschnitt 3.1.2). Die Bewegungsgleichung in Polarkoordinaten ist:

$$m(\ddot{r} - r\dot{\phi}^2) = -\frac{GMm}{r^2} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{2c^2} \right) \quad (7.6)$$

#### 7.3.2 Transformation auf Winkelkoordinaten

Mit dem Drehimpuls  $h = r^2\dot{\phi} = \text{const.}$  und der Substitution  $u = 1/r$  erhalten wir:

$$\dot{r} = -h \frac{du}{d\phi} \quad (7.7)$$

$$\ddot{r} = -h^2 u^2 \frac{d^2 u}{d\phi^2} \quad (7.8)$$

Einsetzen in die Bewegungsgleichung ergibt die exakte Differentialgleichung:

$$\frac{d^2 u}{d\phi^2} + u = \frac{GM}{h^2} \left[ 1 - h^2 \left( \frac{du}{d\phi} \right)^2 + \frac{h^2 u}{2} \frac{d^2 u}{d\phi^2} \right] \quad (7.9)$$

#### 7.3.3 Störungsrechnung

Wir entwickeln die Lösung als Reihe:

$$u(\phi) = u_0(\phi) + \frac{GM}{c^2 h^2} u_1(\phi) + \mathcal{O}(c^{-4}) \quad (7.10)$$

wobei  $u_0$  die Newtonsche Lösung ist:

$$u_0(\phi) = \frac{GM}{h^2} (1 + e \cos \phi) \quad (7.11)$$

Die Störungsgleichung für  $u_1$  lautet:

$$\frac{d^2 u_1}{d\phi^2} + u_1 = \frac{G^2 M^2 e^2}{h^4} \left( \sin^2 \phi + \frac{1 + e \cos \phi}{2} \cos \phi \right) \quad (7.12)$$

#### 7.3.4 Lösung der Störungsgleichung

Die allgemeine Lösung besteht aus homogenen und partikulären Anteilen:

$$u_1(\phi) = \frac{G^2 M^2 e}{8h^4} \left[ 3e\phi \sin \phi + (4 + e^2) \cos \phi \right] \quad (7.13)$$

### 7.3.5 Periheldrehung

Der nicht-periodische Term  $\propto \phi \sin \phi$  führt zur Perihelverschiebung:

$$\Delta\phi = \frac{6\pi G^2 M^2}{c^2 h^4} = \frac{6\pi GM}{c^2 a(1-e^2)} \quad (7.14)$$

Dies stimmt exakt mit den Beobachtungen und der ART überein.

### 7.3.6 Kritische Diskussion

- Die Wahl  $\beta = 0.5$  ist essentiell - andere Werte führen zu falschen Vorhersagen
- Die Vernachlässigung von  $\dot{r}^2$  ist nur für  $e \ll 1$  gerechtfertigt
- Die DBT-Kompensation der  $\mathcal{O}(c^{-4})$ -Terme (Gl. 4.28) stellt die Bahnstabilität sicher

Diese Herleitung zeigt, dass die WG nur in Kombination mit der DBT eine konsistente Alternative zur ART darstellt.

## 7.4 Potentialunterschiede in Weber-Theorien

### 7.4.1 Weber-Elektrodynamik

Die Weber-Kraft zwischen zwei Ladungen  $q_1$  und  $q_2$  lautet:

$$\vec{F}_{\text{Weber-EM}} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta_{\text{EM}} \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right) \hat{r}, \quad \beta_{\text{EM}} = 2$$

- **Nicht-Konservativität:** Die Kraft enthält explizit Geschwindigkeits- ( $\dot{r}^2$ ) und Beschleunigungsterme ( $\ddot{r}$ ), was die Existenz eines klassischen Potentials  $\Phi$  verhindert.
- **Pseudo-Potential:** Nur für  $\ddot{r} = 0$  lässt sich ein energieähnlicher Ausdruck ableiten:

$$E_{\text{Weber-EM}} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \underbrace{\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r} \left( 1 - \frac{\dot{r}^2}{2c^2} \right)}_{\text{Kein echtes Potential}}$$

### 7.4.2 Weber-Gravitation

Das Gravitationspotential einer Masse  $M$  lautet:

$$\Phi_{\text{WG}}(r) = -\frac{GM}{r} \left( 1 + \frac{v^2}{2c^2} + \beta_{\text{G}} \frac{r\ddot{r}}{2c^2} \right), \quad \beta_{\text{G}} = \begin{cases} 0.5 & (\text{Massen}) \\ 1 & (\text{Photonen}) \end{cases}$$

- **Konservativität:** Trotz  $\ddot{r}$ -Term ist  $\Phi_{\text{WG}}$  wohldefiniert, da die Gravitation eine rein anziehende Wechselwirkung ist.
- **Physikalische Begründung:** Der Term  $\beta_{\text{G}} \frac{r\ddot{r}}{2c^2}$  ist notwendig, um die Periheldrehung des Merkur ( $\beta_{\text{G}} = 0.5$ ) und Lichtablenkung ( $\beta_{\text{G}} = 1$ ) zu reproduzieren.

## Zusammenfassung

Weber-Elektrodynamik	Weber-Gravitation
$\beta_{\text{EM}} = 2$ (Lorentz-Kraft)	$\beta_{\text{G}} = 0.5/1$ (ART-Konsistenz)
Kein allgemeines Potential	Wohldefiniertes Potential
Nicht-konservativ (Strahlungsverluste)	Konservativ

## 7.5 Herleitung der Periodendauer eines Planeten in der WDBT

### Ausgangsgleichungen

Für einen Planeten mit großer Halbachse  $a$  und Exzentrizität  $e$  lautet die Bahngleichung in der WDBT (Gl. 3.13):

$$r(\phi) = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(\kappa\phi)} \quad (7.15)$$

mit der Periheldrehungskonstante:

$$\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1 - e^2)}} \quad (7.16)$$

### Energieerhaltung

Die Gesamtenergie im System (kinetisch + Weber-Potential) ist:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r} \left(1 + \frac{v^2}{2c^2}\right) \quad (7.17)$$

### Kreisbahnapproximation

Für näherungsweise Kreisbahnen ( $e \approx 0$ ) gilt:

- Momentaner Abstand  $r \approx a$  (konstant)
- Winkelgeschwindigkeit  $\omega = \frac{d\phi}{dt} = \text{konstant}$
- Bahngeschwindigkeit  $v = a\omega$

### Bewegungsgleichung

Die radiale Kraftbilanz ergibt:

$$ma\omega^2 = \frac{GMm}{a^2} \left(1 + \frac{a^2\omega^2}{2c^2}\right) \quad (7.18)$$

### Lösung für die Winkelgeschwindigkeit

Umstellung liefert:

$$\omega^2 a^3 = GM \left(1 + \frac{a^2\omega^2}{2c^2}\right) \quad (7.19)$$

$$\omega^2 \left(a^3 - \frac{GMa^2}{2c^2}\right) = GM \quad (7.20)$$

$$\omega^2 = \frac{GM}{a^3} \left(1 - \frac{GM}{2ac^2}\right)^{-1} \quad (7.21)$$

$$\approx \frac{GM}{a^3} \left(1 + \frac{GM}{2ac^2}\right) \quad (\text{Taylor-Entwicklung}) \quad (7.22)$$

### Periodendauer

Mit  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  ergibt sich:

$$T \approx 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}} \left(1 - \frac{GM}{4ac^2}\right) \quad (7.23)$$

### Exakte Lösung für elliptische Bahnen

Die vollständige Lösung unter Berücksichtigung der Exzentrizität  $e$  lautet:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}} \left[1 - \frac{3GM}{4c^2 a(1-e^2)}\right] \quad (7.24)$$

### Physikalische Interpretation

- Der Term  $2\pi \sqrt{a^3/GM}$  entspricht dem klassischen Kepler'schen Ergebnis
- Die Korrektur  $-\frac{3GM}{4c^2 a(1-e^2)}$  kommt durch:
  1. Den Geschwindigkeitsterm  $\frac{v^2}{c^2}$  in der Weber-Gravitation
  2. Die Periheldrehung  $\kappa$  der WDBT-Bahngleichung
- Für Merkur ( $a \approx 5.79 \times 10^{10}$  m,  $e \approx 0.206$ ) beträgt die Korrektur  $\approx 7.3 \times 10^{-8}$

## 7.6 Dynamik der wahren Anomalie

Die zeitliche Entwicklung von  $\phi(t)$  folgt der Differentialgleichung:

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{h(1 + e \cos(\kappa\phi))^2}{a^2(1 - e^2)^2},$$

wobei:

- $h = \sqrt{GMa(1 - e^2)}$  der spezifische Drehimpuls,
- $\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1 - e^2)}}$  die Periheldrehungskorrektur.

Die Lösung  $\phi(t)$  muss numerisch integriert werden, um  $\Delta\phi$  für  $\Delta T = T_1 - T_0$  zu erhalten.

# Literaturverzeichnis

- <sup>1</sup>R. Abbott u. a. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration), „Search for Gravitational-Wave Dispersion in High-Frequency Signals from Compact Binary Mergers“, *Physical Review D* **107**, 122005 (2023).
- <sup>2</sup>H. Arp, *Seeing Red: Redshifts, Cosmology and Academic Science*, Alternative Kosmologie ohne Urknall (Apeiron, 1998).
- <sup>3</sup>A. K. T. Assis, *Weber's Electrodynamics*, Moderne Rekonstruktion der Weber-Elektrodynamik (Kluwer Academic, 1994).
- <sup>4</sup>A. K. T. Assis, *Relational Mechanics and Implementation of Mach's Principle with Weber's Gravitational Force*, Analyse des Machschen Prinzips im Kontext der Weber'schen Gravitation und Elektrodynamik. (Apeiron, Montreal, 1999).
- <sup>5</sup>D. Bohm, „A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden"Variables“, *Physical Review* **85**, 166–193 (1952).
- <sup>6</sup>A. Einstein, B. Podolsky und N. Rosen, „Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?“, *Physical Review* **47**, Originalarbeit zum EPR-Paradoxon, die nicht-lokale Korrelationen in der Quantenmechanik thematisiert., 777–780 (1935).
- <sup>7</sup>J. Magueijo, „New Varying Speed of Light Theories“, *Reports on Progress in Physics* **66**, 2025–2068 (2003).
- <sup>8</sup>A. Rubčić und H. Rubčić, *The Thorny Way of Truth*, Widersprüche in Einsteins Postulaten (Apeiron, 1998).
- <sup>9</sup>L. Smolin, *The Trouble with Physics*, Kritik an Stringtheorie und Physik-Establishment (Houghton Mifflin, 2006).