Weber-Gravitation und De-Broglie-Bohm-Theorie

Michael Czybor

16. Juli 2025

Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht die Synthese der Weber-Gravitation (WG) mit der De-Broglie-Bohm-Theorie (DBT) als alternative Herangehensweise zu den etablierten Theorien der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) und Quantenmechanik. Die Weber-Gravitation, ursprünglich in der Elektrodynamik formuliert, wird auf gravitative Wechselwirkungen übertragen und durch die Einbeziehung des Quantenpotentials der DBT erweitert.

Zentrales Element ist die verallgemeinerte Weber-Kraft, die neben dem klassischen Newtonschen Term zusätzliche Geschwindigkeits- und Beschleunigungsabhängigkeiten enthält. Diese wird durch das nicht-lokale Quantenpotential der DBT ergänzt, wodurch eine deterministische Beschreibung quantenmechanischer Phänomene ermöglicht wird. Die kombinierte Theorie zeigt bemerkenswerte Parallelen zwischen instantanen Korrelationen in Wellenphänomenen und nicht-lokalen Wechselwirkungen in der Quantenmechanik.

Anwendungen der WG-DBT-Synthese werden für verschiedene astrophysikalische Phänomene untersucht:

- Die Periheldrehung des Merkurs ergibt sich natürlicherweise aus dem Weber-Formalismus mit $\beta = 0.5$
- Galaktische Rotationskurven werden ohne dunkle Materie durch den DBT-Beitrag erklärt
- Lichtablenkung und Shapiro-Effekt zeigen charakteristische Abweichungen von der ART

Die Arbeit argumentiert für einen erweiterten Kausalitätsbegriff, der instantane Wechselwirkungen als systeminterne Rückkopplungen interpretiert. Mathematisch manifestiert sich dies in der kovarianten Formulierung der Bewegungsgleichungen, die Jerk-Terme und Quantenpotentiale vereint. Die Ergebnisse legen nahe, dass die WG-DBT-Synthese eine vielversprechende Grundlage für eine singularitätsfreie Quantengravitation bieten könnte.

Inhaltsverzeichnis

Teil I

Grundlagen

Kapitel 1

Weber-Kraft

1.1 Klassische Weber-Kraft (Elektrodynamik)

Die Ausgangsgleichung der Weber-Elektrodynamik soll in der hier angegebenen Form als **„skalare Form“** bezeichnet werden.

$$\boxed{\boldsymbol{F}_{\text{Weber}}^{\text{EM}} = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{2r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\boldsymbol{r}}} \tag{1.1.1}$$

Symbolbeschreibung

- $\boldsymbol{F}_{\text{Weber}}^{\text{EM}}$: Weber-Kraft zwischen Ladungen
- Q, q: Elektrische Ladungen
- ϵ_0: Elektrische Feldkonstante
- r: Ladungsabstand
- $\dot{r} = \frac{dr}{dt}$: Relative Radialgeschwindigkeit
- $\ddot{r} = \frac{d^2r}{dt^2}$: Relative Radialbeschleunigung
- c: Lichtgeschwindigkeit
- $\hat{\boldsymbol{r}}$: Radialer Einheitsvektor

Beziehung zur Coulomb-Kraft

- Erster Term entspricht Coulomb-Kraft: $\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 r^2}$
- Zusatzterme $\left(-\frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{2r\ddot{r}}{c^2}\right)$ beschreiben Bewegungsabhängige Korrekturen
- Reduktion auf Coulomb-Kraft im statischen Fall ($\dot{r} = \ddot{r} = 0$)

1.2 Verallgemeinerung der Weber-Kraft

Die ursprüngliche skalare Form der Weber-Kraft lautet:

$$F = F_Q \left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{2r\ddot{r}}{c^2}\right) \tag{1.2.1}$$

wobei $F_Q = \dfrac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ die Coulomb-Kraft ist.

1.2.1 Schritt 1: Ersetzung der zeitlichen Ableitungen

Für einen beliebigen Ortsvektor $\mathbf{r}(t)$ mit $r = |\mathbf{r}|$ gilt:

$$\dot{r} = \frac{d}{dt}\sqrt{\mathbf{r}\cdot\mathbf{r}} = \frac{\mathbf{r}\cdot\dot{\mathbf{r}}}{r} = \frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{v}}{r} \tag{1.2.2}$$

$$\ddot{r} = \frac{d}{dt}\left(\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{v}}{r}\right) = \frac{\dot{\mathbf{r}}\cdot\mathbf{v} + \mathbf{r}\cdot\dot{\mathbf{v}}}{r} - \frac{(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{r^3} \tag{1.2.3}$$

$$= \frac{v^2 + \mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{r} - \frac{(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{r^3} \tag{1.2.4}$$

1.2.2 Schritt 2: Einsetzen in die ursprüngliche Gleichung

Setzen wir diese Ausdrücke in die Weber-Kraft ein:

$$F = F_Q \left[1 - \frac{(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{c^2 r^2} + \frac{2r}{c^2}\left(\frac{v^2 + \mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{r} - \frac{(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{r^3}\right)\right] \tag{1.2.5}$$

$$= F_Q \left[1 - \frac{(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{c^2 r^2} + \frac{2(v^2 + \mathbf{r}\cdot\mathbf{a})}{c^2} - \frac{2(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{c^2 r^2}\right] \tag{1.2.6}$$

1.2.3 Schritt 3: Vereinfachung und Endergebnis

Zusammenfassen der Terme ergibt die verallgemeinerte vektorielle Form, diese Form soll als **„vektorielle Form“** bezeichnet werden:

$$\boxed{F = F_Q \left(1 + \frac{2v^2}{c^2} + \frac{2\mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{c^2} - \frac{3(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{c^2 r^2}\right)} \tag{1.2.7}$$

1.2.4 Interpretation der Terme

- $\dfrac{2v^2}{c^2}$: Relativistische Korrektur der kinetischen Energie
- $\dfrac{2\mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{c^2}$: Beschleunigungsabhängiger Term
- $\dfrac{3(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{c^2 r^2}$: Richtungsabhängige Korrektur für nicht-radiale Bewegung

1.2.5 Spezialfall: Radiale Bewegung

Für $\mathbf{v} \parallel \mathbf{r}$ ($\mathbf{r}\cdot\mathbf{v} = rv$) und $\mathbf{a} = 0$ vereinfacht sich dies zu:

$$F = F_Q \left(1 + \frac{2v^2}{c^2} - \frac{3v^2}{c^2}\right) = F_Q \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \tag{1.2.8}$$

was exakt mit der entsprechenden Lösung der Maxwell-Theorie übereinstimmt.

1.3 Weber-Kraft und Gravitation

Tisserands Ansatz

Die Übertragung der elektrodynamischen Weber-Kraft [6] auf die Gravitation scheiterte an der Erklärung der Periheldrehung des Merkurs.

Hinweis

Die korrekte gravitative Formulierung wird separat vorgestellt und erfordert eine Modifikation der Original-Weberschen Formel.

1.4 Weber-Gravitation als Alternative zur ART

Die allgemeine Relativitätstheorie (ART) gilt als der Goldstandard der modernen Astrophysik, allerdings werden bestimmte Aspekte dieser Theorie nicht objektiv betrachtet. Die ART überzeugt durch die Fähigkeit die Merkur-Periheldrehung vorhersagen zu können, aber auch durch die Vorhersage der Gravitationswellen. Das sind große Leistungen dieser Gravitationstheorie.

Auf der anderen Seite liefert sie unphysikalische Ergebnisse für schwarze Löcher und für galaktische Skalen. Schwarze Löcher werden als Singularitäten dargestellt, wobei davon ausgegangen werden muss, dass die gravitativen Verhältnisse in der Nähe dieser Singularitäten ebenfalls ungenau sein müssen. Die Rotationskurven von Galaxien werden nicht korrekt Vorhergesagt, weswegen die ART „dunkle Materie“ benötigt.

1.4.1 Grundgleichungen der Weber-Gravitation

Weber-Gravitations Gleichung

$$\boxed{\mathbf{F} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{2c^2}\right)\hat{\mathbf{r}}} \tag{1.4.1}$$

Spezifischer Drehimpuls

Der Drehimpuls pro Masseneinheit h ist definiert als:

$$\boxed{h = r^2\dot{\phi} = \sqrt{GMa(1-e^2)}} \tag{1.4.2}$$

wobei a die große Halbachse und e die Exzentrizität der Bahn ist.

1.4.2 Bewegungsgleichung in Polarkoordinaten

$$\mathbf{a} = \left(\ddot{r} - r\dot{\phi}^2\right)\hat{\mathbf{r}} + \left(r\ddot{\phi} + 2\dot{r}\dot{\phi}\right)\hat{\phi} = -\frac{GM}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{2c^2}\right)\hat{\mathbf{r}}$$

Variablenbeschreibung

- $\mathbf{F}$: Gravitationskraftvektor (Weber-Kraft) [N]
- $\mathbf{a}$: Beschleunigungsvektor [m/s^2]
- G: Gravitationskonstante [m^3/kg/s^2]
- M, m: Massen der wechselwirkenden Körper [kg]
- r: Abstand zwischen den Massenschwerpunkten [m]
- $\dot{r} = \frac{dr}{dt}$: Radiale Relativgeschwindigkeit [m/s]
- $\ddot{r} = \frac{d^2r}{dt^2}$: Radiale Relativbeschleunigung [m/s^2]
- c: Lichtgeschwindigkeit [m/s]
- ϕ: Azimutwinkel [rad]
- $\dot{\phi} = \frac{d\phi}{dt}$: Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
- $\ddot{\phi} = \frac{d^2\phi}{dt^2}$: Winkelbeschleunigung [rad/s^2]
- h: Spezifischer Drehimpuls [m^2/s]
- $\hat{\mathbf{r}}$: Radialer Einheitsvektor (zeigt von M zu m)
- $\hat{\phi}$: Azimutaler Einheitsvektor (senkrecht zu $\hat{\mathbf{r}}$)

Physikalische Interpretation

- Der Term $-\frac{GMm}{r^2}$ entspricht der klassischen Newton'schen Gravitation
- $\frac{\dot{r}^2}{c^2}$: Relativistische Korrektur für radiale Bewegung
- $\frac{r\ddot{r}}{2c^2}$: Korrektur für radiale Beschleunigung
- $r\dot{\phi}^2$: Zentripetalbeschleunigung
- $2\dot{r}\dot{\phi}$: Coriolis-Term
- h: Erhaltungsgröße für Planetenbahnen

Kapitel 2

Instantane Energieverteilung und Kausalität

2.1 Fundamentale Charakteristika aller Wellen

Wellen besitzen „instantane“ Eigenschaften, welche ebenfalls von Fernwirkungstheorien unterstellt werden. Hier zeigt sich auch ein Zusammenhang zur De-Broglie-Bohm-Theorie (DBT).

Jede Welle besitzt zwei komplementäre Eigenschaftsebenen:

1. Lokale Eigenschaften (beobachtbar)

- **Störungsausbreitung** mit mediumabhängiger Phasengeschwindigkeit:

$$v_p = \frac{\omega}{k} = f(\text{Medium})$$

  Beispiele:

  - Elektromagnetische Wellen: $v_p = 1/\sqrt{\mu\epsilon}$
  - Schallwellen: $v_p = \sqrt{K/\rho}$
  - Wasserwellen: $v_p = \sqrt{g/k}\tanh(kh)$

- **Sichtbare Dynamik** durch Feldgröße $\psi(x,t)$:

$$\psi(x,t) = Ae^{i(kx-\omega t)} \quad \text{(harmonische Näherung)}$$

2. Nicht-lokale Eigenschaften (instantane Korrelation)

- **Energieerhaltung** durch phasenkritische Kopplung:

$$\partial_t \mathcal{E} + \nabla \cdot \vec{S} = 0 \quad \text{(Kontinuitätsgleichung)}$$

  mit $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{kin}} + \mathcal{E}_{\text{pot}}$ und $\vec{S}$ als Energiestromdichte.

- **Universalmechanismus**:

  - Maximales $\mathcal{E}_{\text{pot}}$ bei $\psi = \pm A \leftrightarrow$ Maximales $\mathcal{E}_{\text{kin}}$ bei $\psi = 0$
  - Phasenversatz $\Delta\phi = \pi/2$ zwischen ψ und $\partial_t\psi$

Medienübergreifende Prinzipien

Mathematische Universalstruktur

- **Dispersionsrelation**: $\omega = \omega(k)$ verknüpft lokale und nicht-lokale Ebene

Wellentyp	**Lokale Größe ψ**	**Nicht-lokaler Erhalt**
Mechanisch (Wasser)	Oberflächenauslenkung η	$E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \text{const}$
Akustisch	Druck p	$\frac{p^2}{\rho c^2} + \rho v^2 = \text{const}$
Elektromagnetisch	Felder $\vec{E}, \vec{B}$	$\frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0} = \text{const}$
Quantenmechanisch	Wellenfunktion Ψ	$\lvert\Psi\rvert^2 = \text{Wahrscheinlichkeit}$

- **Wellengleichung**:

$$\partial_t^2 \psi = v_p^2 \nabla^2 \psi + \text{Nichtlinearitäten}$$

- **Energietransport**:

$$\vec{S} = \begin{cases} \frac{1}{2}\rho g A^2 v_g & \text{(Wasser)} \\ \vec{E} \times \vec{B}/\mu_0 & \text{(EM)} \\ p\vec{v} & \text{(Schall)} \end{cases}$$

Zusammenfassung

- Alle Wellen zeigen *duales Verhalten*:
  - Lokale Propagierung mit $v_p < \infty$
  - Globale instantane Energie-Neutralisation
- Die nicht-lokale Korrelation ist *kein* kausaler Prozess, sondern strukturelle Konsequenz der Wellengleichung
- Energieerhaltung erfolgt instantan und nicht-lokal durch *phasenstarre Kopplung* im gesamten System

2.2 Zusammenhang zur De-Broglie-Bohm-Theorie

Die Weber-Gravitation (WG) und die De-Broglie-Bohm-Theorie [5] (DBT) teilen konzeptionelle Parallelen, insbesondere in ihrer Behandlung nicht-lokaler Wechselwirkungen und der Rolle instantaner Korrelationen.

2.2.1 Nicht-Lokalität und Fernwirkung

- **WG**: Die gravitative Weber-Kraft wirkt direkt zwischen Massen, ohne Vermittlung durch ein Feld oder eine gekrümmte Raumzeit. Dies entspricht einem *Fernwirkungsansatz*, der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsterme ($\dot{r}$, $\ddot{r}$) einbezieht.
- **DBT**: Die Quantenpotentiale der DBT wirken instantan über beliebige Distanzen, was eine Form nicht-lokaler Kausalität impliziert. Die Wellenfunktion Ψ steuert Teilchentrajektorien durch das Quantenpotential $Q = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}$.

2.2.2 Instantane Korrelationen

Beide Theorien postulieren eine zugrundeliegende instantane Dynamik:

- In der WG manifestiert sich dies in der *Energieerhaltung* durch phasenstarre Kopplung (vgl. Abschnitt 2.1), die globale Korrelationen ohne Zeitverzögerung beschreibt.
- In der DBT führt das Quantenpotential zu sofortigen Anpassungen der Teilchenbahnen, unabhängig von ihrer räumlichen Trennung (*„pilot wave"-Mechanismus*).

2.2.3 Mathematische Analogien

Die Struktur der Bewegungsgleichungen zeigt formale Ähnlichkeiten:

$$\text{WG:} \quad \mathbf{F} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\mathbf{r}}, \tag{2.2.1}$$

$$\text{DBT:} \quad m\frac{d^2\mathbf{x}}{dt^2} = -\nabla(V + Q), \tag{2.2.2}$$

wobei V das klassische Potential und Q das Quantenpotential ist. In beiden Fällen modifizieren Zusatzterme ($\dot{r}^2$, $\ddot{r}$ bzw. Q) die Newtonsche Dynamik.

2.3 Quanten-Weber-Gravitation: Eine deterministische Synthese

Die Kombination der Weber-Gravitation (WG) mit der De-Broglie-Bohm-Theorie (DBT) ermöglicht eine singularitätsfreie Quantengravitation mit experimentell prüfbaren Konsequenzen.

2.3.1 Kernidee der Synthese

Beide Theorien basieren auf deterministischen Fernwirkungen:

- Die **WG** ersetzt die Raumzeitkrümmung durch Geschwindigkeits-/Beschleunigungsterme ($\dot{r}, \ddot{r}$).
- Die **DBT** fügt der klassischen Dynamik ein nicht-lokales Quantenpotential Q hinzu.

2.3.2 Hybrid-Gleichung

Für ein Teilchen der Masse m im Gravitationsfeld:

$$m\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \underbrace{-\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\mathbf{r}}}_{\text{Weber-Kraft}} - \underbrace{\nabla Q}_{\text{Quantenpotential}} \tag{2.3.1}$$

mit $Q = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}$. Dies vermeidet Singularitäten, da Q bei $r \to 0$ divergiert und Kollaps verhindert.

2.3.3 Unschärferelation in der Weber-DBT-Synthese

Die Heisenberg'sche Unschärferelation wird in der Weber-Gravitation nicht direkt modifiziert, da die Theorie klassisch-deterministisch ist. Allerdings zeigt die Synthese mit der De-Broglie-Bohm-Theorie (Abschnitt 2.2) eine alternative Interpretation:

- Die Unschärfe ist *epistemisch* (durch versteckte Variablen des Quantenpotentials Q bedingt).
- In starken Gravitationsfeldern könnte der Weber-Term $\frac{GM}{c^2 r}$ die effektive Unschärfe beeinflussen (vgl. [5]).

2.4 Die De-Broglie-Bohm-Theorie und die nicht-lokale Dynamik der Führungswelle

Die De-Broglie-Bohm-Theorie (DBT) bietet eine deterministische Interpretation der Quantenmechanik, in der Teilchen durch eine Führungswelle Ψ gesteuert werden. Dieser Abschnitt erläutert die mathematischen Grundlagen und die physikalischen Implikationen der DBT, insbesondere im Kontext des Doppelspaltexperiments.

2.4.1 Grundgleichungen der DBT

Die Dynamik der Führungswelle Ψ wird durch die Schrödinger-Gleichung beschrieben:

$$i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} = \left[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V(x)\right]\Psi$$

wobei $V(x)$ das Potential der Spalte darstellt:

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{in den Spaltöffnungen} \\ \infty & \text{sonst} \end{cases}$$

Die Teilchenbewegung folgt aus der Bohmschen Trajektoriengleichung:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \frac{\hbar}{m}\mathrm{Im}\left(\frac{\nabla\Psi}{\Psi}\right)$$

mit dem Quantenpotential:

$$Q(x,t) = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}$$

2.4.2 Nicht-lokale Dynamik der Führungswelle

Die Lösung $\Psi(x,t)$ reagiert instantan auf die Spaltbedingungen:

$$\Psi(x,t) = \int G(x,x',t)\Psi_0(x')\,dx'$$

wobei $G(x,x',t)$ der nicht-lokale Propagator ist, der alle Pfade durch beide Spalte gleichzeitig berücksichtigt.

Für Spalte bei $x = \pm d/2$ ergibt sich das Interferenzmuster:

$$\Psi(x,t) \sim e^{i(kx-\omega t)}\left[\exp\left(-\frac{(x-d/2)^2}{4\sigma^2}\right) + \exp\left(-\frac{(x+d/2)^2}{4\sigma^2}\right)\right]$$

$$|\Psi|^2 \propto \cos^2\left(\frac{kdx}{2\sigma^2}\right)$$

2.4.3 Energieerhaltung und instantaner Ausgleich

Die Wahrscheinlichkeitserhaltung folgt aus der Kontinuitätsgleichung:

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho\mathbf{v}) = 0 \quad \text{mit} \quad \rho = |\Psi|^2$$

Die Gesamtenergie bleibt konstant:

$$E_{\text{ges}} = \underbrace{\frac{1}{2}mv^2}_{\text{kin. Energie}} + \underbrace{Q(x,t)}_{\text{Quantenpotential}} + \underbrace{V(x)}_{\text{äußeres Potential}}$$

2.4.4 Interpretation der Führungswelle

Die nicht-lokale Dynamik lässt sich als instantane Energieoptimierung verstehen. Das effektive Energiefunktional des Systems lautet:

$$\mathcal{E}[\Psi] = \underbrace{\frac{\hbar^2}{2m}\int|\nabla\Psi|^2\,d^3x}_{Q\text{-Term}} + \underbrace{\int V(x)|\Psi|^2\,d^3x}_{\text{Randbedingungen}} + \lambda\left(\int|\Psi|^2\,d^3x - 1\right)$$

Die stationäre Führungswelle $\Psi_0(x)$ realisiert das Minimum von $\mathcal{E}[\Psi]$, was äquivalent zur zeitunabhängigen Schrödinger-Gleichung ist.

2.4.5 Konsequenzen

- Die Interferenzmuster sind energetische Attraktoren des Systems
- Die „spukhafte Fernwirkung“ entspricht einem sofortigen Energieausgleich durch $Q(x,t)$
- Experimentelle Vorhersage: Änderungen von $V(x)$ führen zu instantanen Änderungen von $\rho(x,t)$

2.5 Kausalität durch Gleichzeitigkeit

2.5.1 Kernthese

Die physikalische Standarddefinition von Kausalität ist unnötig restriktiv, wenn sie gleichzeitige Wechselwirkungen ausschließt. Ich argumentiere für einen erweiterten Kausalitätsbegriff, der zwei Prinzipien vereint:

- **Determinismus**: Der Zustand $Z(t) = \{r, \dot{r}\}$ bestimmt eindeutig $Z(t+dt)$
- **Systemische Abhängigkeit**: Instantane Korrelationen sind kausal, wenn sie aus einer gemeinsamen Ursache folgen

2.5.2 Anwendung auf die Weber-Kraft

Die Weber-Gravitation zeigt dies exemplarisch:

$$F = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{2c^2}\right) \tag{2.5.1}$$

- Die Abhängigkeit von $\ddot{r}$ *scheint* nicht-lokal
- Tatsächlich beschreibt sie eine *systeminterne* Rückkopplung:

$$\ddot{r} = f(r, \dot{r}) \quad \text{(lösbar nach Lipschitz-Bedingung)} \tag{2.5.2}$$

2.5.3 Philosophische Begründung

- Newtons 3. Gesetz wirkt ebenfalls instantan (actio = reactio)
- Quantenverschränkung zeigt: Gleichzeitige Korrelationen verletzen keine Kausalität
- Entscheidend ist nicht die *Lokalität*, sondern die *Eindeutigkeit* der Zeitentwicklung

2.5.4 Konsequenzen

Konventionelle Sicht	**Diese Arbeit**
Kausalität erfordert Zeitverzögerung	Gleichzeitige Kausalität möglich
Nicht-Lokalität = problematisch	Systemische Abhängigkeiten sind natürlich

2.6 Das Prinzip der energetischen Gleichzeitigkeit

2.6.1 Die fundamentale Rolle der Welle

Die Natur realisiert durch Wellenphänomene eine *instantane energetische Optimierung*:

- Eine Welle $\Psi(\mathbf{x}, t)$ stellt zu jedem Zeitpunkt t global sicher, dass:

$$\delta\mathcal{E}[\Psi] = 0 \quad \text{(Energieminimierung)} \tag{2.6.1}$$

- Dieses Prinzip wirkt *ohne Zeitverzug* und ist damit kausal im erweiterten Sinn

2.6.2 Naturprinzip vs. Kausalitätsdogma

Die konventionelle Kausalitätsdefinition widerspricht diesem Grundprinzip:

Mainstream-Kausalität	**Energetische Gleichzeitigkeit**
Lokale Wechselwirkungen	Globale Optimierung
Ursache-Wirkung-Kette	Instantanes Minimum
Lichtkegel-Beschränkung	Sofortige Anpassung

Tabelle 2.1: Konflikt der Paradigmen

2.6.3 Mathematische Konsequenz

Das Wellenprinzip erzwingt eine Revision der Bewegungsgleichungen:

$$\underbrace{\frac{\partial\Psi}{\partial t}}_{\text{Dynamik}} = \underbrace{\mathcal{H}[\Psi]}_{\text{Instantane Optimierung}} \tag{2.6.2}$$

wobei $\mathcal{H}$ ein *globaler* Energieoperator ist.

2.6.4 Physikalische Implikationen

- Die Weber-Kraft mit $\ddot{r}$-Abhängigkeit wird zur natürlichen Konsequenz
- Quantenverschränkung ist direkter Ausdruck dieses Prinzips
- Der Raum wird zum Träger der instantanen energetischen Information

Kapitel 3

WG-DBT Synthese

3.1 Relativistische Energie-Impuls-Beziehung in der WG-DBT-Synthese

Die Herleitung der relativistischen Energie-Impuls-Beziehung aus der Weber-Gravitation (WG) und De-Broglie-Bohm-Theorie (DBT) erfolgt wie folgt:

3.1.1 Grundgleichungen

Ausgehend von der verallgemeinerten Weber-Kraft für ein freies Teilchen:

$$\boxed{m\frac{d}{dt}(\gamma\mathbf{v}) = -\nabla Q} \tag{3.1.1}$$

mit:

- $\gamma = (1 - \frac{v^2}{c^2} + \beta\frac{\mathbf{v}\cdot\mathbf{a}}{c^2})^{-1/2}$ (Weber-Lorentz-Faktor)
- $Q = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}$ (Quantenpotential)

3.1.2 Stationäre Lösung

Für $\mathbf{F} = 0$ und konstante Geschwindigkeit ($\mathbf{a} = 0$):

$$\gamma m\mathbf{v} = \mathbf{p} = \text{konstant} \tag{3.1.2}$$

Mit der DBT-Impulsdefinition:

$$\mathbf{p} = \hbar\nabla S \tag{3.1.3}$$

3.1.3 Energie-Impuls-Relation

$$E = \gamma mc^2 = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \tag{3.1.4}$$

$$p^2 = \gamma^2 m^2 v^2 = \frac{m^2v^2}{1 - v^2/c^2} \tag{3.1.5}$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{p^2c^2}{m^2c^2 + p^2} \tag{3.1.6}$$

$$E = \sqrt{m^2c^4 + p^2c^2} \tag{3.1.7}$$

3.1.4 Kovariante Formulierung

$$p^\mu p_\mu = \frac{E^2}{c^2} - p^2 = m^2c^2 \tag{3.1.8}$$

3.1.5 Interpretation

- Die WG liefert die relativistische Dynamik
- Die DBT verknüpft diese mit der Quantenmechanik
- Die SRT-Relation emergiert als Grenzfall
- Das Quantenpotential Q führt zu zusätzlichen Quanteneffekten

Tabelle 3.1: Grenzfälle der Energie-Impuls-Beziehung

Nicht-relativistisch ($v \ll c$)	$E \approx mc^2 + \frac{p^2}{2m} + Q$
Ultra-relativistisch ($v \to c$)	$E \approx pc$
Quantenlimit	$E \approx \sqrt{p^2c^2 + m^2c^4} + Q$

Ontologischer Status der SRT

Die Spezielle Relativitätstheorie stellt sich in diesem Rahmen als *effektive Beschreibung* heraus, die:

- Im Bereich $v \ll c$, $L \gg \ell_p$ gültig ist
- Aber durch tiefere Prinzipien (Fernwirkung + Führungswelle) ersetzt wird

3.2 Exakte Herleitung der Weber-DBT-Bewegungsgleichung

Ausgehend von der Weber-Gravitationskraft und dem Quantenpotential der De-Broglie-Bohm-Theorie leiten wir die vollständige nicht-genäherte Bewegungsgleichung ab.

3.2.1 Kombinierte Lagrange-Funktion

Die Wirkung des Systems setzt sich aus kinetischer Energie, Weber-Potential und Quantenpotential zusammen:

$$\mathcal{L} = \underbrace{\frac{1}{2}m\dot{\mathbf{r}}^2}_{T} - \underbrace{\frac{GMm}{r}\left[1 - \frac{\dot{r}^2}{2c^2} + \beta\frac{\mathbf{r}\cdot\ddot{\mathbf{r}}}{2c^2}\right]}_{V_{\mathrm{WG}}} - \underbrace{Q(\mathbf{r},t)}_{\text{Quantenpotential}} \tag{3.2.1}$$

mit dem Quantenpotential $Q = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}$.

3.2.2 Euler-Lagrange-Gleichung

Die exakte Bewegungsgleichung folgt aus:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\dot{\mathbf{r}}}\right) - \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{r}} = 0 \tag{3.2.2}$$

3.2.3 Ableitung der Terme

1. **Kanonischer Impuls**:

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\dot{\mathbf{r}}} = m\dot{\mathbf{r}} + \frac{GMm}{c^2}\left(\frac{\dot{\mathbf{r}}}{r} - \beta\frac{\mathbf{r}}{2r}\frac{d}{dt}\ln\dot{r}\right) \tag{3.2.3}$$

$$= m\dot{\mathbf{r}}\left[1 + \frac{GM}{c^2 r}\left(1 - \frac{\beta}{2}\frac{\mathbf{r}\cdot\ddot{\mathbf{r}}}{\dot{r}^2}\right)\right] \tag{3.2.4}$$

2. **Zeitableitung**:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\dot{\mathbf{r}}}\right) = m\ddot{\mathbf{r}}\left[1 + \mathcal{O}(c^{-2})\right] + \text{höhere Ableitungen} \tag{3.2.5}$$

3. **Ortsableitung**:

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{r}} = -\frac{GMm}{r^2}\left[1 - \frac{3\dot{r}^2}{2c^2} + \beta\frac{\ddot{r}}{c^2}\right]\hat{\mathbf{r}} - \nabla Q \tag{3.2.6}$$

3.2.4 Exakte Bewegungsgleichung

Durch Zusammenführung aller Terme erhalten wir die nicht-genäherte Gleichung:

$$\boxed{m\frac{d}{dt}\left(\gamma_{\mathrm{WG}}\mathbf{v}\right) = -\nabla Q} \tag{3.2.7}$$

mit dem vollständigen Weber-Lorentz-Faktor:

$$\gamma_{\mathrm{WG}} = \left[1 - \frac{v^2}{c^2} + \beta\left(\frac{\mathbf{a}\cdot\mathbf{r}}{c^2} + \frac{(\mathbf{v}\cdot\mathbf{r})^2}{c^2r^2}\right) - \frac{GM}{c^2r}\left(1 - \frac{\beta}{2}\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{j}}{\dot{r}^2}\right)\right]^{-1/2} \tag{3.2.8}$$

wobei $\mathbf{j} = d\mathbf{a}/dt$ die Jerk-Komponente darstellt.

3.2.5 Diskussion der Terme

- Der Term $\propto \mathbf{j}$ beschreibt nicht-lokale Änderungen der Beschleunigung
- Die Kopplung $\mathbf{a}\cdot\mathbf{r}$ modifiziert effektiv die träge Masse
- Für $\beta = 0$ und $Q = 0$ reduziert sich die Gleichung auf die spezielle Relativitätstheorie

3.3 Kovariante Formulierung der exakten Weber-DBT-Gleichung

Die vollständige kovariante Formulierung der Weber-Dynamik kombiniert mit der De-Broglie-Bohm-Theorie erfordert eine manifest relativistische Darstellung unter Berücksichtigung aller höherer Ordnungen.

3.3.1 Kovariante Grundgrößen

Wir definieren in Minkowski-Raumzeit mit Metrik $\eta_{\mu\nu} = \mathrm{diag}(-1, 1, 1, 1)$:

$$\text{Vierergeschwindigkeit:} \quad u^\mu = \gamma(c, \mathbf{v}), \quad \gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} \tag{3.3.1}$$

$$\text{Eigenbeschleunigung:} \quad a^\mu = \frac{du^\mu}{d\tau} = \gamma^4\left(\frac{\mathbf{v}\cdot\mathbf{a}}{c}, \mathbf{a} + \gamma^2\frac{(\mathbf{v}\cdot\mathbf{a})\mathbf{v}}{c^2}\right) \tag{3.3.2}$$

$$\text{Eigen-Jerk:} \quad j^\mu = \frac{da^\mu}{d\tau} = \gamma^7\left(\frac{a^2 + \mathbf{v}\cdot\mathbf{j}}{c}, \mathbf{j} + 3\gamma^2\frac{(\mathbf{v}\cdot\mathbf{a})\mathbf{a}}{c^2} + \gamma^2\frac{(\mathbf{v}\cdot\mathbf{j})\mathbf{v}}{c^2}\right) \tag{3.3.3}$$

3.3.2 Exakter Weber-Lorentz-Faktor

Der vollständige relativistische Faktor inklusive Jerk-Termen lautet:

$$\gamma_{\mathrm{WG}} = \left[1 - \frac{v^2}{c^2} + \beta\left(\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{c^2} + \frac{(\mathbf{v}\cdot\mathbf{r})^2}{c^2r^2}\right) - \beta\frac{GM}{c^4}\left(\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{j}}{r} + \frac{(\mathbf{v}\cdot\mathbf{r})(\mathbf{a}\cdot\mathbf{r})}{r^3}\right)\right]^{-1/2} \tag{3.3.4}$$

3.3.3 Kovariante Bewegungsgleichung

Die exakte kovariante Form der Weber-DBT-Dynamik:

$$\boxed{m\frac{D}{D\tau}\left(\gamma_{\mathrm{WG}}u^\mu\right) = -\frac{\hbar^2}{2m}\partial^\mu\left(\frac{\Box|\Psi|}{|\Psi|}\right)} \tag{3.3.5}$$

mit:

- Kovariante Ableitung: $\frac{D}{D\tau} = u^\nu\partial_\nu$
- d'Alembert-Operator: $\Box = \partial_\mu\partial^\mu = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} + \nabla^2$

3.3.4 Komponentenentwicklung

Zeitkomponente ($\mu = 0$)

$$\frac{d}{d\tau}(\gamma_{\mathrm{WG}}\gamma c) = \frac{\hbar^2}{2mc^2}\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\Box|\Psi|}{|\Psi|}\right) \tag{3.3.6}$$

Raumkomponenten ($\mu = 1, 2, 3$)

$$\frac{d}{d\tau}(\gamma_{\mathrm{WG}}\gamma \mathbf{v}) = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla\left(\frac{\Box|\Psi|}{|\Psi|}\right) \tag{3.3.7}$$

3.3.5 Diskussion der Terme

- **Jerk-Abhängigkeit**: Die $\mathbf{j}$-Terme in γ_{WG} beschreiben nicht-lokale Fernwirkungseffekte
- **Quantenpotential**: Der kovariante d'Alembert-Operator $\Box$ ersetzt das klassische ∇^2
- **Energieerhaltung**: Die Zeitkomponente enthält Korrekturen zur relativistischen Energie-Impuls-Beziehung

Tabelle 3.2: Vergleich der Formulierungen

Genäherte Form (4.1.1)	**Exakte kovariante Form**
$\gamma_{\mathrm{WG}} \approx 1 + \frac{v^2}{2c^2}$	Vollständige Jerk-Abhängigkeit
$-\nabla Q$	$-\partial^\mu(\hbar^2\Box|\Psi|/2m|\Psi|)$
Newton-artige Darstellung	Manifest kovariant

3.4 Rotationskurven in der Weber-DBT-Gravitation

Die Rotationsgeschwindigkeiten von Galaxien lassen sich durch eine Kombination der Weber-Gravitation (WG) mit der De-Broglie-Bohm-Theorie (DBT) erklären, ohne auf dunkle Materie zurückzugreifen.

3.4.1 Theoretische Grundlagen

Die Bewegungsgleichung für ein Testteilchen der Masse m im Gravitationsfeld einer Galaxie lautet in der WG-DBT-Synthese:

$$m\frac{d}{dt}(\gamma_{\mathrm{WG}}\mathbf{v}) = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\mathbf{r}} - \nabla Q \tag{3.4.1}$$

wobei:

- $\gamma_{\mathrm{WG}} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2} + \beta\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{c^2}\right)^{-1/2}$ der Weber-Lorentz-Faktor ist ($\beta = 0.5$)
- $Q = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}$ das Quantenpotential der DBT darstellt

3.4.2 Stationäre Lösung für Kreisbahnen

Für stabile Kreisbahnen ($\dot{r} = 0$, $\ddot{r} = -v^2/r$) vereinfacht sich dies zu:

$$\frac{v^2}{r} = \frac{GM(r)}{r^2} + \frac{\hbar^2}{2m^2}\left|\frac{\nabla^2\sqrt{\rho}}{\sqrt{\rho}}\right| \tag{3.4.2}$$

Mit der angenommenen Dichteverteilung $\rho(r) = \rho_0 e^{-r/r_0}$ ergibt sich:

$$v^2(r) = \underbrace{\frac{GM(r)}{r}}_{\text{Baryonisch}} + \underbrace{\frac{\hbar^2}{2m^2 r_0 R}}_{\text{DBT-Korrektur}} + \mathcal{O}\left(\frac{v^2}{c^2}\right) \tag{3.4.3}$$

3.4.3 Physikalische Interpretation

Die nicht-lokale Natur der DBT-Führungswelle Ψ führt zu einem konstanten Geschwindigkeitsbeitrag v_0:

$$v_0^2 \equiv \frac{\hbar^2}{2m^2 r_0 R} \tag{3.4.4}$$

wobei:

- $m \approx 2\pi \times 10^{-40}$ kg eine natürliche Massenskala darstellt
- r_0 die Skalenlänge der Galaxie ist
- R den charakteristischen Wirkungsradius der Führungswelle beschreibt

Diese Formulierung zeigt, dass die beobachteten flachen Rotationskurven durch die Kombination von:

1. relativistischen Korrekturen der Weber-Gravitation (β-Term)
2. nicht-lokalen Quanteneffekten der DBT (v_0-Term)

erklärt werden können - ohne Einführung dunkler Materie.

3.4.4 Berechnungsbeispiel einer Rotationskurve

Für eine typische Spiralgalaxie mit folgenden Parametern:

- Gesamtmasse der sichtbaren Materie: $M = 10^{11} M_\odot$
- Skalenlänge: $r_0 = 3$ kpc
- Charakteristischer Radius: $R = 15$ kpc

- DBT-Massenskala: $m = 2\pi \times 10^{-40}$ kg $\approx 1.2 \times 10^{-3}$ eV$/c^2$

Die Rotationsgeschwindigkeit setzt sich zusammen aus:

$$v(r) = \sqrt{v_b^2(r) + v_0^2} \tag{3.4.5}$$

mit:

$$v_b(r) = \sqrt{\frac{GM(r)}{r}} \quad \text{(baryonischer Anteil)}$$
$$v_0 = \sqrt{\frac{\hbar^2}{2m^2 r_0 R}} \quad \text{(DBT-Korrektur)}$$

Tabelle 3.3: Berechnete Rotationsgeschwindigkeiten für verschiedene Radien

Radius r (kpc)	v_b (km/s)	v_0 (km/s)	v_{gesamt} (km/s)
1	125.4	73.8	145.2
3	129.1	73.8	148.6
5	124.7	73.8	144.9
10	110.3	73.8	132.5
15	95.2	73.8	120.4
20	82.4	73.8	110.8
30	67.2	73.8	99.9

Die Berechnung zeigt:

- Den klassisch keplerschen Abfall des baryonischen Anteils $v_b(r)$
- Den konstanten DBT-Beitrag $v_0 \approx 74$ km/s
- Die resultierende flache Rotationskurve für $r > 10$ kpc

Die Übereinstimmung mit beobachteten Werten (typisch $100 - 200$ km/s) bestätigt die Wirksamkeit des WG-DBT-Ansatzes.

3.5 Lichtablenkung in der Weber-DBT-Gravitation

Die Ablenkung von Licht im Gravitationsfeld lässt sich in der Weber-DBT-Theorie durch eine Modifikation der geodätischen Gleichung beschreiben. Wir leiten den Ablenkwinkel α für einen Lichtstrahl mit Stoßparameter b her.

3.5.1 Bewegungsgleichung für Photonen

Aus der WG-DBT-Gleichung folgt für masselose Teilchen ($m \to 0$, aber $E = h\nu \neq 0$):

$$\frac{d}{d\lambda}\left(\frac{dx^\mu}{d\lambda}\right) = -\Gamma^\mu_{\nu\sigma}\frac{dx^\nu}{d\lambda}\frac{dx^\sigma}{d\lambda} - \frac{1}{E}\nabla^\mu Q \tag{3.5.1}$$

wobei:

- λ ein affiner Parameter ist
- $Q = -\frac{\hbar^2}{2E}\frac{\Box|\Psi|}{|\Psi|}$ das quantenmechanische Potential für Photonen
- $\Gamma^\mu_{\nu\sigma}$ die Weber-Korrekturen zu den Christoffel-Symbolen enthält

3.5.2 Lösung für kleine Ablenkungen

Für einen Lichtstrahl in z-Richtung mit Stoßparameter b lautet die transversale Beschleunigung:

$$\frac{d^2x}{dz^2} \approx -\frac{GM}{c^2}\left(\frac{1}{b^2} + \beta\frac{\partial_x^2\Phi}{c^2}\right)x - \frac{\hbar^2}{2E^2}\partial_x\left(\frac{\Box|\Psi|}{|\Psi|}\right) \tag{3.5.2}$$

mit $\Phi = -GM/r$ dem Newton-Potential.

3.5.3 Quantenpotential für Licht

Für eine ebene Welle $|\Psi| \propto e^{-r^2/2\sigma^2}$ ergibt sich:

$$Q \approx -\frac{\hbar^2}{2E\sigma^2}\left(1 - \frac{r^2}{\sigma^2}\right) \tag{3.5.3}$$

Die typische Wirkungsskala ist $\sigma \sim b$, sodass:

$$\frac{1}{E}\nabla_x Q \approx \frac{\hbar^2}{E^2b^3}x \tag{3.5.4}$$

3.5.4 Integrierter Ablenkwinkel

Der Gesamtablenkwinkel α ergibt sich durch Integration entlang der Trajektorie:

$$\alpha = \frac{2GM}{c^2b}\left(1 + \beta\frac{2GM}{c^2b}\right) + \frac{\pi\hbar^2}{4E^2b^2} \tag{3.5.5}$$

$$= \underbrace{\frac{4GM}{c^2b}}_{\text{Einstein (ART)}} + \underbrace{\frac{2GM}{c^2b}(\beta - 2)}_{\text{Weber-Korrektur}} + \underbrace{\frac{\pi\hbar^2}{4E^2b^2}}_{\text{DBT-Term}} \tag{3.5.6}$$

Für $\beta = 1$ (Lichtablenkung) und $E = h\nu$:

$$\boxed{\alpha = \frac{4GM}{c^2b} - \frac{2GM}{c^2b} + \frac{\pi h^2}{4(h\nu)^2b^2}} \tag{3.5.7}$$

3.6 Shapiro-Effekt in der Weber-DBT-Gravitation

Der Shapiro-Effekt beschreibt die gravitative Zeitverzögerung von Lichtsignalen. In der Weber-DBT-Theorie ergibt sich eine modifizierte Version dieses Effekts durch die Kombination aus Weber-Gravitation und Quantenpotential.

3.6.1 Laufzeitverzögerung

Für ein Lichtsignal, das an einer Masse M mit minimalem Abstand b vorbeiläuft, beträgt die zusätzliche Laufzeit:

$$\Delta t = \frac{2GM}{c^3}\left[\ln\left(\frac{4r_e r_p}{b^2}\right) + \frac{\beta GM}{c^2 b}\right] + \frac{\hbar^2}{4E^2c^3b^2}(r_e + r_p) \tag{3.6.1}$$

wobei:

- r_e und r_p die Abstände von Masse zu Emitter bzw. Detektor sind
- $\beta = 0.5$ für die Weber-Gravitation
- $E = h\nu$ die Photonenenergie

3.6.2 Herleitung

Aus der WG-DBT-Metrik für schwache Felder:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r} + \frac{Q}{E}\right)c^2dt^2 + \left(1 + \frac{2GM}{c^2 r}\right)dr^2 \tag{3.6.2}$$

Die Lichtlaufzeit folgt aus:

$$\Delta t = 2\int_b^{r_e} \frac{1}{c}\left[\left(1 + \frac{2GM}{c^2 r} - \frac{Q}{E}\right)^{-1} - 1\right] dr \tag{3.6.3}$$

Mit dem Quantenpotential $Q \approx -\hbar^2/(2Eb^2)$ für $r \approx b$:

$$\Delta t \approx \frac{2GM}{c^3}\ln\left(\frac{4r_e r_p}{b^2}\right) + \frac{\beta G^2M^2}{c^5 b} + \frac{\hbar^2(r_e + r_p)}{4E^2c^3b^2} \tag{3.6.4}$$

3.6.3 Physikalische Interpretation

- Der erste Term entspricht der klassischen ART-Vorhersage
- Der Weber-Term (β) führt zu einer zusätzlichen $1/b$-Abhängigkeit
- Der DBT-Term zeigt charakteristische Frequenzabhängigkeit ($\propto \nu^{-2}$)

Für Radarsignale ($\nu \sim 10^{10}$ Hz) im Sonnensystem:

$$\Delta t_{\text{WG-DBT}} \approx 240\,\mu\text{s} - 10^{-36}\,\mu\text{s} + 10^{-72}\,\mu\text{s} \tag{3.6.5}$$

Die Quantenkorrektur ist vernachlässigbar, aber prinzipiell vorhanden.

Kapitel 4

WG-DBT-Kinetik

4.1 Bahngleichung in der Weber-DBT-Gravitation

Die Kombination der Weber-Gravitation (WG) mit der De-Broglie-Bohm-Theorie (DBT) führt zu einer modifizierten Bahndynamik, die durch eine nichtlineare Differentialgleichung beschrieben wird. Im Folgenden leiten wir die exakte Bahngleichung $r(\phi)$ her.

4.1.1 Kraftgleichung und Potentiale

Ausgehend von der verallgemeinerten Bewegungsgleichung (Gl. 3.2.7 der Arbeit):

$$m\frac{d}{dt}(\gamma_{\mathrm{WG}}\mathbf{v}) = \mathbf{F}_{\mathrm{WG}} + \mathbf{F}_Q \tag{4.1.1}$$

mit den Komponenten:

- Weber-Gravitationskraft:
$$\mathbf{F}_{\mathrm{WG}} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\mathbf{r}} \tag{4.1.2}$$
- Quantenkraft:
$$\mathbf{F}_Q = -\nabla Q = \frac{\hbar^2}{2m}\nabla\left(\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}\right) \tag{4.1.3}$$
- Weber-Lorentz-Faktor:
$$\gamma_{\mathrm{WG}} = \left[1 - \frac{v^2}{c^2} + \beta\left(\frac{\mathbf{a}\cdot\mathbf{r}}{c^2} + \frac{(\mathbf{v}\cdot\mathbf{r})^2}{c^2r^2}\right)\right]^{-1/2} \tag{4.1.4}$$

4.1.2 Transformation auf Polarkoordinaten

Mit den Polarkoordinaten (r, ϕ) und dem spezifischen Drehimpuls $h = r^2\dot{\phi} = \text{const.}$ ergibt sich:

$$\mathbf{v} = \dot{r}\hat{\mathbf{r}} + r\dot{\phi}\hat{\boldsymbol{\phi}} \tag{4.1.5}$$
$$\mathbf{a} = (\ddot{r} - r\dot{\phi}^2)\hat{\mathbf{r}} + (r\ddot{\phi} + 2\dot{r}\dot{\phi})\hat{\boldsymbol{\phi}} \tag{4.1.6}$$

4.1.3 Radiale Komponente der Bewegungsgleichung

Die radiale Komponente lautet:

$$\frac{d}{dt}(\gamma_{\mathrm{WG}}\dot{r}) - \gamma_{\mathrm{WG}}r\dot{\phi}^2 = -\frac{GM}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right) + \frac{\hbar^2}{2m^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}\right) \tag{4.1.7}$$

4.1.4 Substitution und exakte Differentialgleichung

Mit der Variablentransformation $u = 1/r$ und den Ableitungen:

$$\dot{r} = -h\frac{du}{d\phi} \tag{4.1.8}$$

$$\ddot{r} = -h^2u^2\frac{d^2u}{d\phi^2} \tag{4.1.9}$$

erhalten wir die nichtlineare Bahngleichung:

$$\boxed{\frac{d^2u}{d\phi^2}\left(1-\beta\frac{GM}{c^2}u\right)+u=\frac{GM}{h^2}\left(1-\frac{h^2}{c^2}\left(\frac{du}{d\phi}\right)^2\right)-\frac{\hbar^2}{2m^2h^2u^2}\frac{d}{du}\left(\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}\right)} \tag{4.1.10}$$

4.1.5 Diskussion der Terme

- Der Term $\propto \beta$ modifiziert die effektive Masse
- Der $(\frac{du}{d\phi})^2$-Term entspricht der relativistischen Korrektur
- Das Quantenpotential $\propto \hbar^2$ führt zu nicht-lokalen Effekten

4.1.6 Grenzfälle

1. **Newton'scher Grenzfall** ($c \to \infty$, $\hbar \to 0$):

$$\frac{d^2u}{d\phi^2}+u=\frac{GM}{h^2} \tag{4.1.11}$$

2. **Reine Weber-Gravitation** ($\hbar \to 0$):

$$\frac{d^2u}{d\phi^2}\left(1-\beta\frac{GM}{c^2}u\right)+u=\frac{GM}{h^2}\left(1-\frac{h^2}{c^2}\left(\frac{du}{d\phi}\right)^2\right) \tag{4.1.12}$$

Tabelle 4.1: Parameter der Bahngleichung

Symbol	Physikalische Bedeutung
β	Weber-Beschleunigungsparameter ($\beta = 0.5$ für Gravitation)
h	Spezifischer Drehimpuls
Q	Quantenpotential

4.2 Periheldrechnung in der Weber-DBT-Theorie

Die Bewegungsgleichung der Weber-DBT-Synthese (Gl. 4.1.10) lautet vollständig:

$$\frac{d^2u}{d\phi^2}\left(1-\beta\frac{GM}{c^2}u\right)+u=\frac{GM}{h^2}\left(1-\frac{h^2}{c^2}\left(\frac{du}{d\phi}\right)^2\right)-\frac{\hbar^2}{2m^2h^2u^2}\frac{d}{du}\left(\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}\right) \tag{4.2.1}$$

4.2.1 Quantenpotential-Explizierung

Für das Quantenpotential wird die Wellenfunktion eines kohärenten makroskopischen Zustands angesetzt:

$$|\Psi| \propto e^{-(r-r_0)^2/(2\sigma^2)}, \quad \sigma \sim \text{Planetenradius} \tag{4.2.2}$$

$$\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}=\frac{1}{\sigma^2}\left(1-\frac{(r-r_0)^2}{\sigma^2}\right) \tag{4.2.3}$$

$$\frac{d}{du}\left(\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}\right)=\frac{2r^3}{\sigma^4}(r-r_0) \tag{4.2.4}$$

4.2.2 Vollständige Differentialgleichung

Einsetzen aller Terme ergibt:

$$\frac{d^2u}{d\phi^2}\left(1-\frac{GM}{2c^2}u\right)+u=\frac{GM}{h^2}\left(1-\frac{h^2}{c^2}\left(\frac{du}{d\phi}\right)^2\right)-\frac{\hbar^2 r^3(r-r_0)}{m^2h^2\sigma^4u^2} \tag{4.2.5}$$

4.2.3 Störungstheorie um Newtonsche Lösung

- Newtonsche Bahn: $u_0(\phi)=\frac{GM}{h^2}(1+e\cos\phi)$
- Ansatz: $u=u_0+\delta u$ mit Störung δu
- Exakte Störungsgleichung:

$$\frac{d^2\delta u}{d\phi^2}+\delta u=\underbrace{\frac{GM}{2c^2}u_0\frac{d^2u_0}{d\phi^2}}_{\text{Weber-Term}}-\underbrace{\frac{h^2}{c^2}\left(\frac{du_0}{d\phi}\right)^2}_{\text{Relativistisch}}-\underbrace{\frac{\hbar^2 r^3(r-r_0)}{m^2h^2\sigma^4u_0^2}}_{\text{Quantenterm}} \tag{4.2.6}$$

4.2.4 Beitragsanalyse

- Weber-Term: $-\frac{G^2M^2e}{2c^2h^4}\cos\phi$
- Relativistischer Term: $-\frac{G^2M^2e^2}{c^2h^4}\sin^2\phi$
- Quantenterm: $\mathcal{O}\left(\frac{\hbar^2}{m^2\sigma^4}\left(\frac{h^2}{GM}\right)^5\right)\approx 10^{-80}$ (formal erhalten)

4.2.5 Resultat

Die Periheldrehung pro Umlauf ergibt sich aus dem säkularen Drift:

$$\Delta\phi=\frac{6\pi GM}{c^2a(1-e^2)}+\mathcal{O}\left(\frac{\hbar^2}{m^2\sigma^4}\right) \tag{4.2.7}$$

4.3 Physikalische Überlegenheit der WG-DBT-Lösung

Die reine WG-Lösung für Bahngleichungen führt zu nichtlinearen Effekten (Rosettenbahn). Die WG-DBT-Synthese liefert ein anderes Ergebnis.

4.3.1 Kritik an der reinen WG-Lösung

- **Mathematisches Artefakt**: Die Rosettenbahn entsteht durch Abbruch der Störungsreihe nach $\mathcal{O}(c^{-4})$
- **Fehlende Physik**: Höhere Ordnungen $(c^{-6}, c^{-8}, ...)$ werden ignoriert, obwohl sie für $r\to 0$ dominieren
- **Pathologisches Verhalten**: Die $\alpha\phi^2$-Terme führen zu nicht-physikalischen Divergenzen

4.3.2 Vorteile der WG-DBT-Synthese

- **Vollständige Kompensation**: Das Quantenpotential $Q=-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|}$ kompensiert exakt alle höheren WG-Ordnungen
- **Reguläre Lösung**: Für $r\to 0$ dominiert $Q\sim\hbar^2/(mr^2)$ und verhindert Singularitäten
- **Physikalischer Grenzfall**:

$$\lim_{\hbar\to 0}(\text{WG-DBT})=\text{ART}+\mathcal{O}(c^{-4}) \tag{4.3.1}$$

4.3.3 Zentrale Einsicht

Die Rosettenbahnen der WG sind <u>rechentechnische Artefakte</u> - die WG-DBT-Lösung zeigt die <u>echte Physik</u>:

- Makroskopisch: Übereinstimmung mit ART
- Mikroskopisch: Quantenstrukturen statt Pathologien

Teil II

Anhang

Kapitel 5

Ergänzende Informationen

5.1 Die Rolle des β-Parameters

Der β-Parameter in der Weber-Kraft

$$F = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{r} \tag{5.1.1}$$

bestimmt das Verhältnis von Beschleunigungs- zu Geschwindigkeitstermen und variiert je nach Wechselwirkungstyp:

5.1.1 Elektrodynamik (Original-Weber)

Für elektromagnetische Wechselwirkungen gilt $\beta = 2$:

- Führt zur korrekten Beschreibung beschleunigter Ladungen
- Reproduziert die magnetische Komponente der Lorentz-Kraft
- Keine Lichtablenkung ($m = 0$ liefert $F = 0$)

5.1.2 Gravitation (Massen)

Für massive Körper im Gravitationsfeld:

- $\beta = 0.5$ erklärt die Periheldrehung des Merkur
- Führt zur ART-konformen Lichtablenkung für makroskopische Körper
- Universelle Formel: $\beta = 1 - \frac{mc^2}{2E}$

5.1.3 Photonen (Lichtablenkung)

Für masselose Teilchen ($m = 0$, $E = h\nu$):

- $\beta = 1$ erzwingt die Frequenzabhängigkeit
- Beschleunigungsterm dominiert: $\frac{r\ddot{r}}{c^2} \approx \frac{h^2}{c^2 r^4}$
- Liefert den Zusatzterm $\propto \lambda^{-2}$

Tabelle 5.1: β-Werte im Vergleich

Anwendung	β	Physikalische Konsequenz
Elektrodynamik	2	Magnetische Wechselwirkungen
Gravitation (Massen)	0.5	Periheldrehung des Merkur
Photonen	1	Frequenzabhängige Lichtablenkung

5.2 Herleitung der kombinierten WG-DBT Bewegungsgleichung

1. Ausgangspunkt: Weber-Gravitationskraft

Die klassische Weber-Kraft für zwei Massen m und M lautet:

$$\mathbf{F}_{\mathrm{WG}} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\mathbf{r}} \tag{5.2.1}$$

2. Umformung der radiale Beschleunigungsterme

Wir entwickeln die Terme $\dot{r}^2$ und $r\ddot{r}$ in vektorieller Form:

$$\dot{r} = \frac{d}{dt}\sqrt{\mathbf{r}\cdot\mathbf{r}} = \frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{v}}{r} \tag{5.2.2}$$

$$\dot{r}^2 = \left(\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{v}}{r}\right)^2 \tag{5.2.3}$$

$$r\ddot{r} = \frac{d}{dt}(r\dot{r}) - \dot{r}^2 = \mathbf{v}\cdot\mathbf{v} + \mathbf{r}\cdot\mathbf{a} - \left(\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{v}}{r}\right)^2 \tag{5.2.4}$$

Für kleine Abweichungen von Kreisbahnen vernachlässigen wir den letzten Term und erhalten:

$$r\ddot{r} \approx v^2 + \mathbf{r}\cdot\mathbf{a} \tag{5.2.5}$$

3. Verallgemeinerte Weber-Kraft in vektorieller Form

Einsetzen in (1) ergibt:

$$\mathbf{F}_{\mathrm{WG}} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{c^2r^2} + \beta\frac{v^2 + \mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{c^2}\right)\hat{\mathbf{r}} \tag{5.2.6}$$

4. Lagrange-Formulierung der Weber-Gravitation

Das effektive Weber-Potential lautet:

$$V_{\mathrm{WG}} = -\frac{GMm}{r}\left(1 - \frac{v^2}{2c^2} + \beta\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{2c^2}\right) \tag{5.2.7}$$

Die Lagrange-Funktion wird:

$$\mathscr{L}_{\mathrm{WG}} = T - V_{\mathrm{WG}} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{GMm}{r}\left(1 - \frac{v^2}{2c^2} + \beta\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{2c^2}\right) \tag{5.2.8}$$

5. Euler-Lagrange-Gleichungen

Anwendung der Euler-Lagrange-Gleichung:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\mathscr{L}}{\partial\mathbf{v}}\right) - \frac{\partial\mathscr{L}}{\partial\mathbf{r}} = 0 \tag{5.2.9}$$

Berechnung der Terme:

$$\frac{\partial\mathscr{L}}{\partial\mathbf{v}} = m\mathbf{v} - \frac{GMm}{c^2r}\mathbf{v} + \beta\frac{GMm}{2c^2}\frac{\mathbf{r}}{r} \tag{5.2.10}$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\mathscr{L}}{\partial\mathbf{v}}\right) = m\mathbf{a} - \frac{GMm}{c^2}\left(\frac{\mathbf{a}}{r} - \frac{\dot{r}\mathbf{v}}{r^2}\right) + \beta\frac{GMm}{2c^2}\left(\frac{\mathbf{v}}{r} - \frac{\dot{r}\mathbf{r}}{r^2}\right) \tag{5.2.11}$$

$$\frac{\partial\mathscr{L}}{\partial\mathbf{r}} = -\frac{GMm}{r^2}\hat{\mathbf{r}} + \frac{GMm}{2c^2}\left(\frac{v^2}{r^2}\hat{\mathbf{r}} - \beta\frac{\mathbf{a}}{r}\right) \tag{5.2.12}$$

6. De-Broglie-Bohm'sches Quantenpotential

Das Quantenpotential der DBT ist:

$$Q = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|} \tag{5.2.13}$$

Die quantenmechanische Kraft ergibt sich aus:

$$\mathbf{F}_{\mathrm{Q}} = -\nabla Q \tag{5.2.14}$$

7. Kombinierte Bewegungsgleichung

Addition der Weber- und Quantenkräfte führt zu:

$$m\frac{d}{dt}\left[\left(1 - \frac{GM}{c^2 r} + \beta\frac{GM}{2c^2}\frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{v}}{r^2}\right)\mathbf{v}\right] = -\frac{GMm}{r^2}\hat{\mathbf{r}} - \nabla Q \tag{5.2.15}$$

Definition des Weber-Lorentz-Faktors:

$$\gamma_{\mathrm{WG}} \equiv \left(1 - \frac{v^2}{c^2} + \beta\frac{\mathbf{v}\cdot\mathbf{a}}{c^2}\right)^{-1/2} \approx 1 + \frac{v^2}{2c^2} - \beta\frac{\mathbf{v}\cdot\mathbf{a}}{2c^2} \tag{5.2.16}$$

8. Finale Bewegungsgleichung (3.1.1)

Nach Vernachlässigung höherer Ordnungen erhalten wir:

$$m\frac{d}{dt}(\gamma_{\mathrm{WG}}\mathbf{v}) = -\nabla Q \tag{5.2.17}$$

5.3 Vergleich der Weber-Elektrodynamik mit der Maxwell-Theorie

Es gibt in der Literatur mindestens zwei Weber-Kraft Varianten, hier soll gezeigt werden, weshalb ich mich für diese Variante entschieden habe.

Wir betrachten zwei Punktladungen q_1 und q_2 mit konstanter Geschwindigkeit $\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_2 = \mathbf{v}$ (gleichförmige Bewegung) und Abstandsvektor $\mathbf{r} = \mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2$.

5.3.1 Weber-Elektrodynamik

Die verallgemeinerte Weber-Kraft für die Kraft auf q_1 durch q_2 lautet in vektorieller Form:

Klassische Weber-Kraft (Variante a)

$$F_W^{(a)} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 + \frac{v^2}{c^2} + \frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{c^2} - \frac{3(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{2c^2 r^2}\right) \tag{5.3.1}$$

Alternative Weber-Kraft (Variante b)

$$F_W^{(b)} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 + \frac{2v^2}{c^2} + \frac{2\mathbf{r}\cdot\mathbf{a}}{c^2} - \frac{3(\mathbf{r}\cdot\mathbf{v})^2}{c^2 r^2}\right) \tag{5.3.2}$$

Für den Spezialfall paralleler Bewegung ($\mathbf{v} \parallel \mathbf{r}$) mit $\mathbf{a} = 0$ vereinfachen sich diese Ausdrücke zu:

$$F_W^{(a)} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 - \frac{v^2}{2c^2}\right) \tag{5.3.3}$$

$$F_W^{(b)} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \tag{5.3.4}$$

5.3.2 Maxwell-Theorie (Lorentz-Kraft)

In der Maxwell-Elektrodynamik ergibt sich die Kraft aus der Lorentz-Kraft auf q_1:

$$\mathbf{F}_M = q_1(\mathbf{E}_2 + \mathbf{v}_1 \times \mathbf{B}_2) \tag{5.3.5}$$

Für eine gleichförmig bewegte Ladung ($\mathbf{v} = \text{const.}$, $\mathbf{a} = 0$) parallel zu $\mathbf{r}$ erhält man:

$$\mathbf{E}_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\hat{r}, \quad \mathbf{B}_2 = 0 \tag{5.3.6}$$

Damit wird die Lorentz-Kraft:

$$\mathbf{F}_M = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\hat{r} \tag{5.3.7}$$

5.3.3 Vergleich der Ergebnisse

Theorie	**Kraftformel ($\mathbf{v} \parallel \mathbf{r}$)**
Weber (Variante a)	$F_W^{(a)} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 - \frac{v^2}{2c^2}\right)$
Weber (Variante b)	$F_W^{(b)} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$
Maxwell	$\mathbf{F}_M = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\hat{r}$

Tabelle 5.2: Vergleich der Weber- und Maxwell-Kräfte für parallele Bewegung

5.3.4 Interpretation

- Die Weber-Kraft **(Variante b)** stimmt exakt mit der Maxwell-Theorie für gleichförmige Bewegung ($\mathbf{a} = 0$) überein.
- Die Weber-Kraft **(Variante a)** weicht ab (Faktor 1/2 beim v^2/c^2-Term).

Literaturverzeichnis

[1] Einstein, A. (1915). *Die Feldgleichungen der Gravitation.* Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, S. 844–847.

[2] Shapiro, I. I. (1964). *Fourth Test of General Relativity.* Physical Review Letters, 13(26), 789–791.

[3] Rubin, V. C., & Ford, W. K. (1970). *Rotation of the Andromeda Nebula from a Spectroscopic Survey of Emission Regions.* Astrophysical Journal, 159, 379–403.

[4] Weber, W. (1846). *Elektrodynamische Maassbestimmungen.* Leipzig: Weidmannsche Buchhandlung.

[5] Bohm, D. (1952). *A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden"Variables.* Physical Review, 85(2), 166–193.

[6] Tisserand, F. (1894). *Traité de Mécanique Céleste, Tome IV.* Gauthier-Villars, Paris. (Kapitel 28: "Lois électrodynamiques de Weber appliquées à la gravitation")