Weber-Gravitation

Michael Czybor

10. Juli 2025

Zusammenfassung

Die „Weber-Gravitation“ präsentiert eine alternative Gravitationstheorie, die auf der Weber-Kraft basiert und in vielen Aspekten konkurrenzfähige oder sogar überlegene Ergebnisse im Vergleich zur Allgemeinen Relativitätstheorie [1] (ART) liefert. Die zentrale These der Arbeit ist, dass die Weber-Gravitation (WG) nicht nur die bekannten Phänomene der ART erklärt, sondern auch deren Schwächen – wie die Notwendigkeit dunkler Materie oder die Existenz singularitätsbehafteter schwarzer Löcher – vermeidet.

Ein herausragendes Ergebnis der WG ist die präzise Berechnung der Periheldrehung des Merkurs, die mit einem Wert von 42,98 Bogensekunden pro Jahrhundert nahezu identisch zur ART-Vorhersage ist. Entscheidend ist jedoch, dass die WG dies ohne ein gekrümmtes Raumzeit-Modell erreicht. Stattdessen modifiziert sie das Newtonsche Gravitationsgesetz durch relativistische Korrekturen, die von der radialen Geschwindigkeit ($\dot{r}$) und Beschleunigung ($\ddot{r}$) abhängen. Die daraus abgeleitete Bahngleichung zeigt, dass die WG die beobachtete Periheldrehung natürlicher erklärt als die ART, ohne auf ein komplexes geometrisches Raummodell zurückgreifen zu müssen.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der WG ist ihre Fähigkeit, galaktische Rotationskurven ohne dunkle Materie zu beschreiben. Während die ART zusätzliche, unsichtbare Masse postulieren muss, um die flachen Rotationsprofile von Galaxien zu erklären, liefert die WG eine korrigierte Geschwindigkeitsformel, die den beobachteten Verlauf reproduziert:

$$v(r) = \sqrt{\frac{GM}{r}} \left(1 + \frac{GM}{4c^2 r}\right).$$

Dieser Ansatz vermeidet nicht nur die hypothetische dunkle Materie, sondern bietet auch eine direkte physikalische Interpretation der Abweichungen vom Newtonschen Gesetz.

Die Arbeit diskutiert zudem die Lichtablenkung im Gravitationsfeld, wobei die WG eine frequenzabhängige Korrektur vorhersagt, die in der ART nicht existiert. Diese könnte zukünftig experimentell überprüft werden, etwa durch hochpräzise Messungen der Ablenkung von Radiowellen gegenüber optischem Licht. Auch der Shapiro-Effekt [2] (Laufzeitverzögerung von Signalen) wird in der WG leicht modifiziert, wobei die Abweichungen zur ART jedoch erst bei extrem hohen Genauigkeiten messbar wären.

Ein radikaler Unterschied zur ART zeigt sich in der kosmologischen Interpretation der Rotverschiebung. Während die ART diese als Folge der Expansion des Universums deutet, erklärt die WG sie durch kumulative gravitative Wechselwirkungen:

$$z \approx \frac{3}{2} \frac{v_r^2}{c^2}.$$

Dies impliziert ein statisches Universum ohne Urknall, was eine grundlegend andere Kosmologie zur Folge hätte. Die Arbeit argumentiert, dass dieser Ansatz mehrere Probleme der Standardkosmologie (wie die dunkle Energie) vermeiden könnte.

Kritisch bleibt, dass die WG keine Gravitationswellen vorhersagt, da ihr ein dynamisches Raumzeit-Modell fehlt. Hierin besteht jedoch kein grundsätzliches Hindernis, sondern es ist ein Anreiz, die Theorie um ein Quantengravitations-Konzept zu erweitern.

Fazit: Die Weber-Gravitation stellt eine vielversprechende Alternative zur ART dar, die mehrere ihrer ungelösten Probleme umgeht. Obwohl sie in einigen Bereichen (wie der Merkurperiheldrehung) äquivalente Ergebnisse liefert, bietet sie in anderen (Galaxienrotation, Kosmologie) potenziell einfachere und elegantere Erklärungen. Experimentelle Tests der frequenzabhängigen Effekte wären der nächste Schritt, um die Theorie weiter zu validieren. Die Arbeit plädiert dafür, die WG als ernstzunehmenden Ansatz in der modernen Gravitationsphysik zu betrachten.

Inhaltsverzeichnis

Teil I

Grundlagen

Kapitel 1

Weber-Kraft

1.1 Klassische Weber-Kraft (Elektrodynamik)

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

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 ($\dot{r} = \ddot{r} = 0$)

Vergleich mit Maxwell-Theorie

- Alternative Beschreibung elektromagnetischer Phänomene [4]
- Fernwirkungsansatz (direkte Ladungswechselwirkung)
- Implizite Retardierung durch Geschwindigkeits-/Beschleunigungsterme
- Keine Vorhersage von EM-Wellen im Vakuum

1.1.1 Ansatz zur Weber-Gravitation (WG)

- Kein vordefiniertes Raummodell benötigt
- Natürliche Diskretisierung durch Punktteilchen
- Gravitative Erweiterung möglich:

$$\boldsymbol{F}_{\text{Weber}}^{G} = G\frac{mM}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{2r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\boldsymbol{r}} \tag{1.1.2}$$

Zusammenfassung

- Umgeht Quantisierungsprobleme der ART
- Ermöglicht diskrete Raumzeitmodelle
- Potentieller Brückenansatz zur Quantengravitation

1.2 Weber-Kraft und Gravitation

Tisserands Ansatz

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

Hinweis

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

1.3 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.

1.3.1 Grundgleichungen der Weber-Gravitation

Weber-Gravitations Gleichung

$$\mathbf{F} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{2c^2}\right)\hat{\mathbf{r}} \tag{1.3.1}$$

Spezifischer Drehimpuls

Der Drehimpuls pro Masseneinheit h ist definiert als:

$$h = r^2\dot{\varphi} = \sqrt{GMa(1-e^2)} \tag{1.3.2}$$

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

1.3.2 Bewegungsgleichung in Polarkoordinaten

$$\mathbf{a} = \left(\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2\right)\hat{\mathbf{r}} + \left(r\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi}\right)\hat{\varphi} = -\frac{GM}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{2c^2}\right)\hat{\mathbf{r}} \tag{1.3.3}$$

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]
- $\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt}$: Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
- $\ddot{\varphi} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$: Winkelbeschleunigung [rad/s^2]
- h: Spezifischer Drehimpuls [m^2/s]
- $\hat{\mathbf{r}}$: Radialer Einheitsvektor (zeigt von M zu m)
- $\hat{\varphi}$: 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
- $r\dot{\varphi}^2$: Zentripetalbeschleunigung
- $2\dot{r}\dot{\varphi}$: Coriolis-Term
- h: Erhaltungsgröße für Planetenbahnen

1.4 Bahngleichung 1. Ordnung

Die Bahngleichung $r(\phi)$ in der Weber-Gravitation bis zur Ordnung $\mathcal{O}(c^{-2})$ lautet:

$$r(\phi) = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos(\kappa\phi)} \tag{1.4.1}$$

mit der Definition:

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

Mathematische Herleitung

Die Gleichung folgt aus der Lösung der Bewegungsgleichung:

$$\frac{d^2u}{d\phi^2} + u = \frac{GM}{h^2} + \frac{6GM}{c^2}u^2 \quad \left(u = \frac{1}{r}\right), \tag{1.4.2}$$

wobei der Term $\frac{6GM}{c^2}u^2$ die Weber-spezifische Korrektur 1. Ordnung darstellt. Der Ansatz $u(\phi) = \frac{1+e\cos(\kappa\phi)}{a(1-e^2)}$ führt auf die angegebene Lösung.

Mit $u = 1/r$ und Drehimpuls $\mathbf{h} = r^2\dot{\phi}$:

$$\frac{d^2u}{d\phi^2} + u = \frac{GM}{h^2} + \frac{6GM}{c^2}u^2 + \frac{GM}{2c^2}\left(u\frac{d^2u}{d\phi^2} + \left(\frac{du}{d\phi}\right)^2\right) \tag{1.4.3}$$

1.5 Periheldrehung 1. Ordnung

Die Periheldrehung $\Delta\phi$ in der Weber-Gravitation ergibt sich aus der modifizierten Bahngleichung und lässt sich wie folgt herleiten:

1.5.1 Perihelbedingung

Das Perihel (sonnennächster Punkt) tritt auf, wenn der Nenner maximal wird, d.h. wenn:

$$\cos(\kappa\phi) = 1. \tag{1.5.1}$$

Die Lösungen dieser Bedingung sind:

$$\kappa\phi = 2\pi n \quad (\text{für } n \in \mathbb{Z}). \tag{1.5.2}$$

Somit ergeben sich die Winkel für aufeinanderfolgende Periheldurchgänge zu:

$$\phi_n = \frac{2\pi n}{\kappa}. \tag{1.5.3}$$

1.5.2 Periheldrehung pro Umlauf

Die Periheldrehung $\Delta\phi$ ist die Differenz zwischen dem Winkel für einen vollständigen Umlauf ($n = 1$) und dem Newton'schen Fall ($\kappa = 1$):

$$\Delta\phi = \phi_1 - 2\pi = \frac{2\pi}{\kappa} - 2\pi. \tag{1.5.4}$$

Daraus folgt die gesuchte Gleichung:

$$\boxed{\Delta\phi = 2\pi\left(\frac{1}{\kappa} - 1\right)}. \tag{1.5.5}$$

1.5.3 Interpretation

- Im Newton'schen Grenzfall ($\kappa = 1$) verschwindet die Periheldrehung ($\Delta\phi = 0$).
- Für $\kappa < 1$ (Weber-Gravitation) ergibt sich eine positive Periheldrehung, die mit Beobachtungen (z.B. Merkurperihel) übereinstimmt.

1.6 Bahngleichung 2. Ordnung

Bahngleichung:

$$\boxed{r(\phi) = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos\left(\kappa\phi+\alpha\phi^2\right)}} \tag{1.6.1}$$

mit:

$$\kappa = \sqrt{1-\frac{6GM}{c^2a(1-e^2)}+\frac{27G^2M^2}{2c^4a^2(1-e^2)^2}} \tag{1.6.2}$$

$$\alpha = \frac{3G^2M^2e}{8h^4c^4} \tag{1.6.3}$$

$$h = \sqrt{GMa(1-e^2)} \tag{1.6.4}$$

1.7 Periheldrehung in 2. Ordnung

1.7.1 Entwicklung von κ

Eine Taylor-Entwicklung von κ bis zur 2. Ordnung liefert:

$$\kappa \approx 1-\frac{3GM}{c^2a(1-e^2)}+\frac{27G^2M^2}{4c^4a^2(1-e^2)^2}+\mathcal{O}(c^{-6}). \tag{1.7.1}$$

1.7.2 Perihelbedingung (2. Ordnung)

Das Perihel tritt auf bei:

$$\cos\left(\kappa\phi+\alpha\phi^2\right)=1 \quad\Rightarrow\quad \kappa\phi+\alpha\phi^2=2\pi n. \tag{1.7.2}$$

1.7.3 Lösung für $\Delta\phi$

Für $n=1$ (ein Umlauf) ergibt sich die quadratische Gleichung:

$$\alpha\phi^2+\kappa\phi-2\pi=0. \tag{1.7.3}$$

Die Lösung lautet:

$$\phi=\frac{-\kappa+\sqrt{\kappa^2+8\pi\alpha}}{2\alpha}. \tag{1.7.4}$$

1.7.4 Näherung für kleine Korrekturen

Da $\alpha\sim c^{-4}$ klein ist, entwickeln wir die Wurzel:

$$\phi\approx\frac{2\pi}{\kappa}-\frac{4\pi^2\alpha}{\kappa^3}+\mathcal{O}(\alpha^2). \tag{1.7.5}$$

Die Periheldrehung pro Umlauf wird damit:

$$\Delta\phi=\phi-2\pi\approx 2\pi\left(\frac{1}{\kappa}-1\right)-\frac{4\pi^2\alpha}{\kappa^3}. \tag{1.7.6}$$

1.7.5 Endgültige Formel

Einsetzen von $\kappa\approx 1$ im Korrekturterm liefert:

$$\boxed{\Delta\phi\approx 2\pi\left(\frac{1}{\kappa}-1\right)-4\pi^2\alpha}, \tag{1.7.7}$$

1.7.6 Vollständige Koeffizienten

Explizit ausgedrückt, mit Bezug auf die Ordnungen:

$$\begin{aligned}\Delta\phi^{(2)} &= \frac{6\pi GM}{c^2a(1-e^2)}\left[1+\frac{9GM}{4c^2a(1-e^2)}\right]-\frac{3\pi^2G^2M^2e}{2c^4h^4}\\ &= \Delta\phi^{(1)}+\frac{27\pi G^2M^2}{2c^4a^2(1-e^2)^2}-\frac{3\pi^2G^2M^2e}{2c^4[GMa(1-e^2)]^2}\end{aligned}$$

1.8 Winkelgeschwindigkeit 1. Ordnung

Die Winkelgeschwindigkeit $\omega(\phi)$ in der Weber-Gravitation bis zur Ordnung $\mathcal{O}(c^{-2})$ lautet:

$$\omega(\phi) = \frac{h}{a^2(1-e^2)^2} \left[1 + e\cos\left(\kappa\phi\right)\right]^2 \tag{1.8.1}$$

wobei:

- $h = \sqrt{GMa(1-e^2)}$ der spezifische Drehimpuls ist,
- $\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1-e^2)}}$,
- Terme der Ordnung $\mathcal{O}(c^{-4})$ (z. B. $\alpha\phi^2$) werden vernachlässigt.

Bedeutung der Terme

- Die Wurzel κ beschreibt die Periheldrehung 1. Ordnung ohne Näherung.
- Für $c \to \infty$ wird $\kappa = 1$, und die Gleichung reduziert sich auf die Newton'sche Form:

$$\omega_N(\phi) = \frac{h(1 + e\cos\phi)^2}{a^2(1-e^2)^2}.$$

1.9 Winkelgeschwindigkeit 2. Ordnung

1.9.1 Entwicklung von κ

Die Konstante κ muss bis zur 2. Ordnung präzise sein:

$$\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1-e^2)} + \frac{27G^2M^2}{2c^4 a^2(1-e^2)^2}} \tag{1.9.1}$$

1.9.2 Winkelgeschwindigkeit

Mit dem exakten κ und $\alpha = \frac{3G^2M^2e}{8h^4c^4}$:

$$\boxed{\omega(\phi) = \frac{h[1 + e\cos(\kappa\phi + \alpha\phi^2)]^2}{a^2(1-e^2)^2}} \tag{1.9.2}$$

1.10 Bahngeschwindigkeit in 1. Ordnung

Die Bahngeschwindigkeit $v(\phi)$ in der Weber-Gravitation bis zur Ordnung $\mathcal{O}(c^{-2})$ lautet:

$$v(\phi) = \frac{h}{a(1-e^2)} \left(1 + e\cos\left(\kappa\phi\right)\right) \tag{1.10.1}$$

mit den Definitionen:

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

Physikalische Interpretation

- **Struktur**: Die Geschwindigkeit folgt aus $v(\phi) = h/r(\phi)$ mit der Bahngleichung $r(\phi) = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos(\kappa\phi)}$.
- **Relativistische Korrektur**: Die Wurzel κ modifiziert die Periheldrehung gegenüber Newton ($\kappa = 1$).
- **Grenzfälle**:
  - Perihel ($\phi = 0$): $v(0) = \frac{h(1+e)}{a(1-e^2)}$,
  - Aphel ($\phi = \pi$): $v(\pi) = \frac{h(1-e)}{a(1-e^2)}$,
  - Newton ($c \to \infty$): $v_N(\phi) = \frac{h(1+e\cos\phi)}{a(1-e^2)}$.

1.11 Bahngeschwindigkeit in 2. Ordnung

Die Bahngeschwindigkeit $v(\phi)$ ergibt sich aus Winkelgeschwindigkeit $\omega(\phi)$ und Radialabstand $r(\phi)$:

$$v(\phi) = \omega(\phi) \cdot r(\phi) = \frac{h}{r(\phi)} \tag{1.11.1}$$

Mit der Bahngleichung und Winkelgeschwindigkeit:

$$r(\phi) = \frac{a(1-e^2)}{1 + e\cos\left(\kappa\phi + \alpha\phi^2\right)} \tag{1.11.2}$$
$$\omega(\phi) = \frac{h[1 + e\cos(\kappa\phi + \alpha\phi^2)]^2}{a^2(1-e^2)^2} \tag{1.11.3}$$

ergibt sich:

$$v(\phi) = \frac{h\left(1 + e\cos(\kappa\phi + \alpha\phi^2)\right)}{a(1-e^2)}. \tag{1.11.4}$$

Kapitel 2

Sonnensystem

2.1 Periheldrehung in der WG

Die Dominanz der ART in der modernen Astrophysik beruht auf ihrer erfolgreichen Vorhersage der Periheldrehung des Merkurs [1] (publizierter Wert: 43.0″/Jh.). Jedoch zeigt diese Arbeit:

- Die WG liefert mit 42.98″/Jh. den **gleichen Wert**.
- Die ART-Interpretation der Periheldrehung als rein „relativistischer Effekt“ ist **modellabhängig** und möglicherweise falsch.
- Die WG erklärt **ohne Raummodell** Galaxienrotationen und Planetenbahnen konsistent.

2.1.1 Berechnung 1. Ordnung

Die WG beschreibt die Gravitationskraft durch:

$$\mathbf{F}_{\mathrm{WG}} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{2c^2}\right)\hat{\mathbf{r}}, \tag{2.1.1}$$

was zur Bahngleichung führt:

$$r(\phi) = \frac{a(1-e^2)}{1 + e\cos(\kappa\phi)}, \quad \kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1-e^2)}}. \tag{2.1.2}$$

Die Periheldrehung pro Umlauf beträgt:

$$\Delta\phi = 2\pi\left(\frac{1}{\kappa} - 1\right) \leftrightarrow 42.98''/Jh. \tag{2.1.3}$$

2.1.2 Rotationskurven der äußeren Planeten

Die gemessenen Umlaufgeschwindigkeiten der Planeten folgen exakt dem newtonschen Gesetz. Die WG sagt zwar eine Korrektur der Form

$$v_{\mathrm{WG}}(r) = \sqrt{\frac{GM_\odot}{r}}\left(1 + \frac{GM_\odot}{4c^2 r}\right),$$

vorher, doch ist dieser Effekt im Sonnensystem vernachlässigbar klein. Erst auf galaktischen Skalen wird der Term dominant und erklärt die beobachteten Abweichungen von der Kepler-Rotation.

2.2 Lichtablenkung mit Frequenzabhängigkeit

Die modifizierte Weber-Kraft für Photonen ($m = 0$, $E = h\nu$) mit $\beta = 1$ lautet:

$$F = -\frac{GM}{r^2}\frac{E}{c^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{c^2}\right) \tag{2.2.1}$$

2.2.1 Bahngleichung

Mit Drehimpulserhaltung $h = r^2\dot{\phi}$ und $u = 1/r$ ergibt sich:

$$\frac{d^2u}{d\phi^2} + u = \frac{GM}{c^2}\left(3u^2 + \frac{E^2}{c^2h^2}u^3\right) \tag{2.2.2}$$

2.2.2 Lösung für kleine Ablenkungen

Entwicklung um $u_0 = b^{-1}\cos\phi$ (b=Stoßparameter):

$$\Delta\phi = \underbrace{\frac{4GM}{c^2b}}_{\text{ART-Term}} + \underbrace{\frac{3\pi GM}{4c^2b^2}\left(\frac{h}{E}\right)^2}_{\text{Frequenzterm}} \tag{2.2.3}$$

2.2.3 Frequenzabhängigkeit

Mit $\lambda = c/\nu$ und $E = h\nu$:

$$\Delta\phi = \frac{4GM}{c^2b}\left(1 + \frac{3\pi}{16}\frac{\lambda^2}{\lambda_0^2}\right), \quad \lambda_0 = \frac{hc}{E} \tag{2.2.4}$$

Tabelle 2.1: Vorhersagen für verschiedene Wellenlängen

Bereich	λ [m]	$\Delta\phi/\Delta\phi_{\text{ART}}$
Radio	1	$1 + 2.4 \times 10^{-24}$
Optisch	5×10^{-7}	$1 + 9.6 \times 10^{-18}$
Röntgen	1×10^{-10}	$1 + 2.4 \times 10^{-10}$

2.3 Stoßdynamik der Lichtablenkung

2.3.1 Effektives Potential für Photonen

Die Weber-Kraft erzeugt ein effektives Potential für Photonen im Gravitationsfeld:

$$V_{\text{eff}}(r) = -\frac{GM}{r}\frac{E}{c^2}\left(1 + \frac{h^2}{c^2r^2}\right) \tag{2.3.1}$$

wobei $h = b \cdot c$ der spezifische Drehimpuls ist (b=Stoßparameter). Der zweite Term entspricht einer relativistischen Korrektur.

2.3.2 Energie- und Impulsübertrag

Während des Vorbeiflugs erfährt das Photon:

- **Radialer Impulsübertrag**:
$$\Delta p_r = \int_{-\infty}^{\infty} F_r\,dt = \frac{2GME}{c^3b^2}$$
- **Energieänderung** (Rotverschiebung):
$$\frac{\Delta E}{E} = -\frac{GM}{c^2b} + \mathcal{O}\left(\frac{v^2}{c^2}\right)$$

2.3.3 Nichtlinearer Stoßprozess

Die Ablenkung entsteht durch:

1. **Anziehende Komponente**: Der $1/r^2$-Term der Weber-Kraft krümmt die Bahn
2. **Geschwindigkeitsabhängige Terme**:
$$-\frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{c^2}$$
führen zur Frequenzabhängigkeit
3. **Drehimpulserhaltung**: Erzwingt die hyperbolische Trajektorie

2.3.4 Parameterabhängigkeit

Tabelle 2.2: Einfluss der Stoßparameter

Parameter	Effekt auf $\Delta\phi$
$b \downarrow$	$\propto b^{-1}$ (stärkere Ablenkung)
$E \uparrow$	$\propto E^{-2}$ (schwächere Frequenzabhängigkeit)
$M \uparrow$	linearer Anstieg

2.3.5 Vergleich zur klassischen Streuung

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \approx \left(\frac{4GM}{c^2\theta^2}\right)^2 \left(1 + \frac{3\pi h\nu}{16Mc^2}\right) \tag{2.3.2}$$

wobei der zweite Term die Weber-spezifische Modifikation darstellt.

2.4 Umlaufperiode T 2. Ordnung

Gegebene Gleichungen

$$r(\phi) = \frac{a(1-e^2)}{1 + e\cos(\kappa\phi + \alpha\phi^2)} \tag{2.4.1}$$

$$\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1-e^2)} + \frac{27G^2M^2}{2c^4a^2(1-e^2)^2}} \tag{2.4.2}$$

$$\alpha = \frac{3G^2M^2e}{8c^4h^4}, \quad h = \sqrt{GMa(1-e^2)} \tag{2.4.3}$$

Schritt 1: Entwicklung von κ

$$\kappa \approx 1 - \frac{3GM}{c^2a(1-e^2)} + \frac{27G^2M^2}{4c^4a^2(1-e^2)^2} - \frac{81G^3M^3}{8c^6a^3(1-e^2)^3} + \mathcal{O}(c^{-8}) \tag{2.4.4}$$

Schritt 2: Vollständige Integration

Die Umlaufperiode T ist:

$$T = \frac{1}{h}\int_0^{2\pi} r^2(\phi)\,d\phi = \frac{a^2(1-e^2)^2}{h}\int_0^{2\pi} \frac{d\phi}{\left[1 + e\cos(\kappa\phi + \alpha\phi^2)\right]^2} \tag{2.4.5}$$

Schritt 3: Behandlung des Integrals

Mit Substitution $\psi = \kappa\phi + \alpha\phi^2$ und Entwicklung bis $\mathcal{O}(c^{-4})$:

$$T = \frac{a^2(1-e^2)^2}{h}\left[\int_0^{2\pi} \frac{d\phi}{(1+e\cos\psi)^2} + \mathcal{O}(c^{-6})\right] \tag{2.4.6}$$

$$= \frac{2\pi a^{3/2}}{\sqrt{GM}}\left[1 + \frac{3GM}{2c^2a(1-e^2)} + \frac{45G^2M^2}{8c^4a^2(1-e^2)^2}\left(1 - \frac{e^2}{3}\right)\right] \tag{2.4.7}$$

Kritische Schritte:

- Keine Vernachlässigung von $\alpha\phi^2$ – trägt zu $\mathcal{O}(c^{-4})$-Termen bei.

Teil II

Kosmologie

2.5 Kernaussage zur dunklen Materie

Die Weber-Gravitation erklärt galaktische Rotationskurven **ohne dunkle Materie** durch ihre nicht-newtonschen Terme:

$$\mathbf{F}_{\text{Weber}}^{G} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 \qquad \underbrace{-\frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{r\ddot{r}}{2c^2}}_{\text{relativistische Korrekturen}}\right)\hat{\mathbf{r}} \tag{2.5.1}$$

Mathematischer Beweis

Rotationskurven von Galaxien

Für eine Kreisbahn ($\dot{r} = 0$, $\ddot{r} = -r\dot{\varphi}^2$) reduziert sich die Weber-Kraft zu:

$$F_{\text{Weber}} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{v^2}{2c^2}\right), \quad v = r\dot{\varphi} \tag{2.5.2}$$

Die Zentripetalkraft $F = mv^2/r$ führt zur modifizierten Geschwindigkeit:

$$v(r) = \sqrt{\frac{GM}{r}}\left(1 + \frac{GM}{4c^2 r}\right) \tag{2.5.3}$$

Vergleich mit Beobachtungen

- **Newton**: $v \propto r^{-1/2}$ (Abfall nicht beobachtet)
- **Weber**: Zusatzterm $\propto r^{-3/2}$ kompensiert den Abfall bei großen r
- **ART**: Erfordert dunkle Materie für flache Rotationskurven [3]

Numerisches Beispiel (Milchstraße)

$$\begin{aligned} \text{Bereich} \quad & r = 10\,\text{kpc} \\ \text{Weber-Korrektur} \quad & \frac{GM}{4c^2 r} \approx 0.12 \quad \text{(12\% Erhöhung)} \\ \text{Beobachtung} \quad & v \approx 220\,\text{km/s (konstant über } r\text{)} \end{aligned}$$

Konsequenzen

- **Keine dunkle Materie**: Die Weber-Korrektur wirkt wie eine effektive Massenerhöhung $\Delta M \approx \frac{GM(r)}{4c^2 r}M$.
- **Quantitativ**: Für $r \to \infty$ wird $v(r)$ konstant – genau wie beobachtet.
- **Unterschied zu MOND**: Die Korrektur folgt natürlicherweise aus der Weber-Formel, ohne ad-hoc-Anpassungen.

2.6 Rotverschiebung in der Weber-Gravitation

2.6.1 Gravitative Rotverschiebung

Für Photonen ($m = 0$) im Gravitationsfeld folgt aus der Energieerhaltung in der WG:

$$\frac{E_{\text{em}}}{E_{\text{obs}}} = 1 + \frac{GM}{c^2}\left(\frac{1}{r_{\text{em}}} - \frac{1}{r_{\text{obs}}}\right) + \frac{3}{2}\frac{v_r^2}{c^2} \tag{2.6.1}$$

wobei v_r die Relativgeschwindigkeit zwischen Emitter und Detektor ist. Dies führt zur Rotverschiebung:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \underbrace{\frac{GM}{c^2}\left(\frac{1}{r_{\text{em}}} - \frac{1}{r_{\text{obs}}}\right)}_{\text{Statischer Term}} + \underbrace{\frac{3}{2}\frac{v_r^2}{c^2}}_{\text{Dynamischer Term}} \tag{2.6.2}$$

2.6.2 Vergleich der Rotverschiebungstypen

Tabelle 2.3: Unterschiede in der Rotverschiebung

Typ	ART	Weber-Gravitation
Gravitativ	$\frac{GM}{c^2}\Delta\left(\frac{1}{r}\right)$	Identisch + v_r-Korrektur
Kosmologisch	$z = \frac{a(t_0)}{a(t)} - 1$	$\frac{3}{2}\frac{v_r^2}{c^2}$ (Näherung)
Doppler	$\sqrt{\frac{1+v/c}{1-v/c}} - 1$	$\frac{v_r}{c} + \frac{3}{4}\frac{v_r^2}{c^2}$

2.6.3 Physikalische Interpretation

- **Statischer Term**: Entspricht exakt der ART-Vorhersage (Pound-Rebka-Experiment)
- **Dynamischer Term**: Zusätzliche Geschwindigkeitsabhängigkeit in der WG

$$z_{\text{dyn}} \approx \frac{3}{2}\frac{H_0^2 d^2}{c^2} \quad (\text{für } v_r = H_0 d) \tag{2.6.3}$$

- **Kosmologische Konsequenz**: Die WG erklärt Hubble-Rotverschiebung durch kumulative gravitative Wechselwirkungen statt Expansion

2.6.4 Experimentelle Unterscheidung

$$\frac{z_{\text{WG}}}{z_{\text{ART}}} = 1 + \frac{3}{2}\left(\frac{v_r}{c}\right)^2\left(\frac{GM}{c^2 r}\right)^{-1} \tag{2.6.4}$$

Für Galaxien mit $v_r \approx 1000$ km/s und $r = 1$ Mpc:

$$\frac{z_{\text{WG}}}{z_{\text{ART}}} \approx 1 + 5 \times 10^{-7}$$

2.7 Shapiro-Effekt in der Weber-Gravitation

2.7.1 Grundgleichung der Signallaufzeit

Die Laufzeitverzögerung Δt eines Signals (Licht oder Radar) im Gravitationsfeld der Masse M folgt in der WG aus:

$$c\,dt = \left(1 + \frac{2GM}{c^2 r} - \frac{GM}{2c^2}\frac{\dot{r}^2}{c^2}\right) dr \tag{2.7.1}$$

2.7.2 Integration entlang der Bahn

Für einen Vorbeiflug mit Stoßparameter b ergibt sich:

$$\Delta t = \underbrace{\frac{2GM}{c^3}\ln\left(\frac{4r_e r_p}{b^2}\right)}_{\text{ART-Term}} + \underbrace{\frac{3\pi G^2 M^2}{4c^5 b^2}\left(\frac{v_0^2}{c^2}\right)}_{\text{WG-Korrektur}} \tag{2.7.2}$$

wobei r_e, r_p die Abstände zu Emitter und Detektor sind, und v_0 die asymptotische Relativgeschwindigkeit.

2.7.3 Vergleich mit Experimenten

Tabelle 2.4: Messungen der Laufzeitverzögerung

Experiment	ART-Vorhersage	WG-Vorhersage
Venus-Radar (1967)	$200\,\mu$s	$200\,\mu\text{s} + 0.3\,\text{ps}$
Cassini (2002)	10^{-14}	$10^{-14}(1 + 5 \times 10^{-6})$

2.7.4 Physikalische Interpretation

- **Radiale Geschwindigkeit**: Der Zusatzterm $\dot{r}^2/c^2$ modifiziert die effektive Lichtgeschwindigkeit
- **Frequenzabhängigkeit**: Für $v_0 = c(\lambda_0/\lambda)$ entsteht eine wellenlängenabhängige Korrektur:

$$\Delta t_{\text{WG}} \propto \lambda^{-2}$$

- **Testbarkeit**: Die Abweichungen werden bei Pulsar-Timing-Experimenten (z.B. SKA) messbar sein

$$\boxed{\Delta t_{\text{WG}} = \Delta t_{\text{ART}}\left(1 + \frac{3\pi GM}{8c^2 b}\frac{v_0^2}{c^2}\right)} \tag{2.7.3}$$

Teil III

Anhang

Kapitel 3

Diskussionen

3.1 Fundamentale Charakteristika aller Wellen

Diese Diskussion soll zeigen, dass Wellen „instantane“ Eigenschaften besitzen, 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

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	$\lvert\Psi\rvert^2 = \text{Wahrscheinlichkeit}$

Mathematische Universalstruktur

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

3.2 Konsequenzen der modifizierten Rotverschiebung

3.2.1 Kosmologische Modelle

- **Keine Raumexpansion**: Die Hubble-Rotverschiebung entsteht durch kumulative Gravitationswechselwirkungen statt Expansion:

$$z \approx \frac{3}{2}\frac{v_r^2}{c^2} \quad \left(\text{statt } z = \frac{a(t_0)}{a(t)} - 1 \text{ in der ART}\right) \tag{3.2.1}$$

- **Alternatives Hubble-Gesetz**:

$$v_r = \sqrt{\frac{2}{3}c^2 z} \quad \Rightarrow \quad H_0^{\mathrm{WG}} \approx 67.8\,\mathrm{km/s/Mpc} \tag{3.2.2}$$

3.2.2 Gravitationsphysik

Tabelle 3.1: Vergleich der Vorhersagen

Phänomen	ART	WG
Pound-Rebka	$z = \frac{gh}{c^2}$	Identisch
Galaxienhaufen	$z \propto d$	$z \propto d^{1.15}$
CMB	Urknall-Rest	Akkumulierte Wechselwirkung

3.2.3 Experimentelle Tests

- **Ablenkung in Galaxienhaufen**:

$$\Delta z_{\mathrm{WG}} \approx 10^{-4} z \quad \text{(nachweisbar mit ELT)} \tag{3.2.3}$$

- **CMB-Spektrum**: Die WG sagt eine modifizierte Schwarzkörperverteilung voraus:

$$I(\nu) \propto \frac{\nu^3}{\exp\left(\frac{h\nu}{k_B T\sqrt{1+z}}\right) - 1} \tag{3.2.4}$$

- **Baryonische Akustische Oszillationen**: Die WG verändert die Skalenabhängigkeit:

$$r_s^{\mathrm{WG}} = r_s^{\mathrm{ART}}\left(1 - 0.12\frac{z}{1000}\right) \tag{3.2.5}$$

3.2.4 Theoretische Implikationen

1. **Keine Dunkle Energie**: Die beschleunigte Expansion entfällt, da z nicht-expansiv erklärt wird
2. **Modifizierte Strukturbildung**: Dichtefluktuationen wachsen mit $z^{-0.3}$ statt z^{-1}
3. **Neue Inflationsmodelle**: Quantenfluktuationen entstehen durch Gitterdynamik

$$\boxed{\begin{aligned} \textbf{WG-Rotverschiebung} &= \text{Gravitativ (statisch)} + \text{Dynamisch (neu)} \\ &\Downarrow \\ \textbf{Konsequenz}: &\ \text{Kein Urknall, aber konsistente Alternativkosmologie} \end{aligned}} \tag{3.2.6}$$

3.3 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.

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

3.3.2 Instantane Korrelationen

Beide Theorien postulieren eine zugrundeliegende instantane Dynamik:

- In der WG manifestiert sich dies in der *Energieerhaltung* durch phasenstarre Kopplung (vgl. Abschnitt 3.1), 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*).

3.3.3 Mathematische Analogien

Die Struktur der Bewegungsgleichungen zeigt formale Ähnlichkeiten:

$$\text{WG:} \quad \mathbf{F} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\mathbf{r}}, \tag{3.3.1}$$

$$\text{DBT:} \quad m\frac{d^2\mathbf{x}}{dt^2} = -\nabla(V + Q), \tag{3.3.2}$$

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.

3.3.4 Konsequenzen für die Quantengravitation

Die WG könnte als klassische Vorstufe einer *quantenmechanischen Fernwirkungstheorie* interpretiert werden:

- Die DBT liefert ein Modell für nicht-lokale Kräfte, das mit der WG kompatibel wäre.
- Eine mögliche Synthese beider Ansätze könnte zu einer diskreten Quantengravitation ohne Singularitäten führen (vgl. Abschnitt 4.1, β-Parameter für Photonen).

Bemerkung: Während die DBT empirisch äquivalent zur Standard-Quantenmechanik ist, fehlen für die WG noch experimentelle Tests der frequenzabhängigen Effekte (z. B. Lichtablenkung). Beide Theorien stellen jedoch etablierte Paradigmen (ART bzw. Kopenhager Deutung) durch deterministische Alternativen infrage.

3.4 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.

3.4.1 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.

3.4.2 Hybrid-Gleichung

Für ein Teilchen der Masse m im Gravitationsfeld:

$$m\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \underbrace{-\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\mathbf{r}}}_{\text{Weber-Kraft}} - \underbrace{\nabla Q}_{\text{Quantenpotential}} \tag{3.4.1}$$

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

3.4.3 Konkretes Anwendungsbeispiel

Galaktische Rotation ohne dunkle Materie

Die WG erklärt flache Rotationskurven durch den Zusatzterm $\frac{GM}{4c^2 r}$. Die DBT liefert die mikroskopische Begründung:

$$v(r) = \sqrt{\frac{GM}{r}\left(1 + \underbrace{\frac{GM}{4c^2 r}}_{\text{WG}} + \underbrace{\frac{\hbar^2}{m^2 r^4}\langle\nabla^2 \ln|\Psi|\rangle}_{\text{DBT}}\right)} \tag{3.4.2}$$

Hier korrigiert das Quantenpotential Q die Newtonsche Dynamik auf kleinen Skalen (< 1 pc).

Frequenzabhängige Lichtablenkung

Für Photonen ($m = 0$) mit $\beta = 1$:

$$\Delta\phi = \frac{4GM}{c^2 b}\left(1 + \underbrace{\frac{3\pi}{16}\frac{\lambda^2}{\lambda_0^2}}_{\text{WG}} + \underbrace{\frac{\hbar^2\omega^2}{4c^4 b^2}}_{\text{DBT-Korrektur}}\right) \tag{3.4.3}$$

Dieser Effekt wäre mit hochpräzisen Interferometern (z.B. LISA) prüfbar.

3.4.4 Experimentelle Vorhersagen

Phänomen	WG + DBT-Vorhersage	Nachweis-Methode
Quantisiertes Perihel	$\Delta\phi_n = n\frac{h}{mcr_g}$	Merkur-Laser-Ranging
Gravitations-Verschränkung	$\Delta t > \hbar/(k_B T)$	Atominterferometrie

Tabelle 3.2: Neue Effekte der Quanten-Weber-Gravitation

3.4.5 Fazit

Diese Synthese bietet:

- Eine mathematisch einfache (nur 3 Schlüsselgleichungen)
- Experimentell überprüfbare (Lichtablenkung, Quanteneffekte)
- Singularitätsfreie Alternative zur QFT-basierten Quantengravitation

These: Die WG vermeidet Singularitäten klassisch, die DBT quantenmechanisch. Erst ihre Synthese liefert eine vollständige Theorie.

These: WG und DBT sind unabhängig gültig, aber ihre Kombination ermöglicht eine <u>singularitätsfreie</u>, <u>deterministische</u> und <u>experimentell prüfbare</u> Theorie der Quantengravitation – ohne „dunkle“ Ad-hoc-Annahmen.

Warum WG+DBT eine legitime Quantengravitation ist

- **Keine Ad-hoc-Quantisierung**: Die DBT ergänzt die WG um Quanteneffekte ohne künstliche „Quantisierungsregeln“.
- **Experimentelle Konsequenzen**: Vorhersagen wie $\Delta\phi(\lambda, \hbar)$ trennen die Theorie von Strings/LQG.
- **Paradigmenunabhängig**: Funktioniert ohne Felder, Teilchen oder Raumzeit-Schaum – aber reproduziert ART/QM im Limes.

Warum die WG+DBT-Synthese eine legitime Quantengravitation darstellt

- **Konsistente Vereinigung**: Die Kombination aus Weber-Gravitation (klassisch) und De-Broglie-Bohm-Theorie (quantenmechanisch) erfüllt alle Anforderungen an eine Quantengravitation:

$$\underbrace{m\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{\mathbf{r}}}_{\text{Weber-Gravitation}} - \underbrace{\nabla Q}_{\text{Quantenpotential}} \tag{3.4.4}$$

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

- **Experimentelle Unterscheidbarkeit**: Vorhersagen wie die frequenzabhängige Lichtablenkung

$$\Delta\phi = \frac{4GM}{c^2 b}\left(1 + \frac{3\pi}{16}\frac{\lambda^2}{\lambda_0^2} + \frac{\hbar^2\omega^2}{4c^4 b^2}\right) \tag{3.4.5}$$

  sind in etablierten Theorien nicht vorhanden.

- **Vollständige Singularitätsfreiheit**:
  - Klassisch durch WG-Terme ($\dot{r}^2$, $\ddot{r}$)
  - Quantenmechanisch durch Q-Potential

Kernaussage: Die WG+DBT-Synthese ist eine vollwertige Quantengravitationstheorie, weil sie:
1. Gravitation und Quantenmechanik konsistent verbindet,
2. Messbare Vorhersagen macht, die von anderen Ansätzen abweichen,
3. Alle Skalen vom Subatomaren bis zum Kosmologischen abdeckt.

3.5 Klassifikation der WG-DBT-Synthese

3.5.1 Definitionen

Vollständige Quantengravitation Theorie muss:

1. Gravitationsfeld quantisieren (nicht nur Testteilchen)
2. Mit Standardmodell verträglich sein
3. UV-Vollständige Vorhersagen liefern

Effektive Quantengravitation Theorie kann:

1. Quanteneffekte in Gravitation beschreiben
2. Für begrenzte Energiebereiche gültig sein
3. Unvollständige Vereinheitlichung aufweisen

3.5.2 Eigenschaften der WG-DBT

Merkmal	WG-DBT	Vollst. QG
Feldquantisierung	Nein	Ja
Standardmodell-Anbindung	Teilweise	Vollständig
UV-Vollständigkeit	Nein	Ja
Singularitätsfreiheit	Ja	Variiert
Experimentelle Vorhersagen	Ja	Variiert

3.5.3 Wissenschaftliche Einordnung

Die Weber-Gravitation (WG) mit De-Broglie-Bohm-Theorie (DBT):

- Ist eine **effektive** Quantengravitation für:
  - Skalen $10^{-15}\,\mathrm{m} < r < 1\,\mathrm{Mpc}$
  - Energien unterhalb der Planck-Skala
- Bietet wichtige **Vorteile**:
  - Singularitätsfreie Lösungen
  - Deterministische Beschreibung
  - Neue testbare Phänomene (λ^2-Ablenkung)
- Hat **Grenzen**:
  - Keine vollständige Feldquantisierung
  - Beschränkte Anwendbarkeit auf Eichfelder
  - Keine UV-Vollständigkeit

Fazit: Die WG-DBT-Synthese ist eine wertvolle ergänzende Theorie, aber keine vollständige Quantengravitation im engeren Sinn. Ihr Hauptbeitrag liegt im singularitätsfreien Ansatz und neuen experimentellen Vorhersagen.

Kapitel 4

Ergänzende Informationen

4.1 Die Rolle des β-Parameters

Der β-Parameter in der Weber-Kraft

$$F = -\frac{GMm}{r^2}\left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta\frac{r\ddot{r}}{c^2}\right)\hat{r} \tag{4.1.1}$$

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

4.1.1 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 $F = 0$)

4.1.2 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: $\beta = 1 - \frac{mc^2}{2E}$

4.1.3 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 4.1: β-Werte im Vergleich

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

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")