

WDB-Theorie
Eine effektive Quantengravitation

Dipl.-Ing. (FH) Michael Czybor

24. Juli 2025

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Motivation | 1 |
| 1.1.1 | Dogmatismus und blinde Flecken der modernen Physik | 2 |
| 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 | 4 |
| 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 |
| 2 | Weber-Elektrodynamik | 7 |
| 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 Komponentenzzerlegung | 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 |
| 3 | Weber-Gravitation | 15 |
| 3.1 | Herleitung der Weber-Gravitation | 15 |
| 3.1.1 | Test am Merkur-Perihel – und warum die Theorie scheiterte | 15 |
| 3.1.2 | Physikalische Bedeutung des beta-Parameters | 16 |
| 3.1.3 | 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 WG | 17 |
| 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 | 18 |
| 3.2.7 | Kosmologische Implikationen | 19 |
| 3.2.8 | Bahngleichung 1. Ordnung | 19 |
| 3.2.9 | Bahngleichung 2. Ordnung | 19 |

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

Viele Schüler und Studierende erleben den Physikunterricht als frustrierend und unverständlich. Besonders die moderne Physik – mit der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) und der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) – wirkt oft unphysikalisch und voller logischer Widersprüche. Energie scheint unter bestimmten Bedingungen unendlich zu werden, Überlichtgeschwindigkeit wird in manchen Fällen postuliert, obwohl sie eigentlich unmöglich sein soll, und Begriffe wie „dunkle Energie“ oder „dunkle Materie“ wirken wie Platzhalter für unser Unverständnis.

Ein grundlegendes Problem liegt in den Widersprüchen zwischen ART und SRT. Die SRT baut auf Inertialsystemen auf, also Bezugssystemen, die sich gleichförmig und unbeschleunigt bewegen. Laut ART gibt es keine perfekten Inertialsysteme, da jede Masse die Raumzeit krümmt und damit Beschleunigungen erzeugt. Schon allein dieser Widerspruch wirft Fragen auf: Wenn Inertialsysteme streng genommen punktförmig sein müssten, um frei von jeder Krümmung zu sein, bräuchte man unendlich viele davon – und damit auch unendlich viele verschiedene Lichtgeschwindigkeiten, da diese vom Bezugssystem abhängt.

„Einstein’s postulates contain inherent contradictions when applied to real gravitational systems, challenging the universality of special relativity.“ [7]

Hinzu kommt, dass viele Konzepte der modernen Physik unserer Intuition widersprechen. Die Quantenmechanik verlangt, dass Teilchen gleichzeitig Wellen sind und erst durch Beobachtung einen definierten Zustand annehmen.

„The observer-dependent collapse of the wavefunction is not a fundamental feature of nature but a limitation of the standard interpretation.“ [4]

Die ART beschreibt eine gekrümmte Raumzeit, die sich kaum jemand wirklich vorstellen kann, und die SRT führt zu scheinbar paradoxen Zeitdehnungen und Längenkontraktionen. Selbst der Urknall als Anfangspunkt des Universums wirft Fragen auf: Wie kann etwas aus dem Nichts entstehen? Warum gibt es überhaupt eine Singularität, wenn doch unsere physikalischen Gesetze dort versagen?

All diese Punkte zeigen, dass die moderne Physik noch lange nicht abgeschlossen ist. Statt blind akzeptierte Theorien als absolute Wahrheit zu betrachten, sollten wir die Widersprüche hinterfragen und nach konsistenteren Erklärungen suchen.

1.1.1 Dogmatismus und blinde Flecken der modernen Physik

Die Probleme gehen noch tiefer. Die heutige Physik leidet unter einem gewissen Dogmatismus – Theorien wie die ART oder die Quantenfeldtheorie werden oft unhinterfragt als absolute Wahrheit akzeptiert, obwohl sie fundamentale Schwächen aufweisen. Der Peer-Review-Prozess, der eigentlich Qualität sichern soll, fungiert oft als Filtermechanismus, der unorthodoxe, aber möglicherweise richtige Ansätze aussortiert, während etablierte, aber fragwürdige Modelle weiterhin dominieren.

„Theoretical physics has become stuck in a paradigm that values mathematical elegance over empirical testability, leading to a stagnation of genuine progress.“ [8]

Ein Beispiel dafür sind die Singularitäten in der ART. Wenn die Gleichungen an einem Punkt völlig versagen, warum sollte die Theorie in ihrer unmittelbaren Umgebung noch gültig sein? Trotzdem werden Schwarze Löcher und Urknall als Tatsachen behandelt, obwohl die zugrundeliegende Mathematik dort zusammenbricht. Ähnlich verhält es sich mit den Standardmodellen der Teilchenphysik und Kosmologie: Sie funktionieren in begrenzten Rahmen, doch sobald man sie extrapoliert, ergeben sich unsinnige Konsequenzen – unendliche Energien, kausalitätsverletzende Wurm Löcher oder ein unendliches Multiversum mit parallelen Realitäten.

1.1.2 Spekulation statt Fortschritt

Besonders auffällig ist der Stillstand der theoretischen Physik seit etwa 100 Jahren. Nach den revolutionären Durchbrüchen der Quantenmechanik und Relativitätstheorie zu Beginn des 20. Jahrhunderts gibt es kaum noch echte Neuerungen. Stattdessen dominieren hochspekulative Ideen wie Zeitreisen, Wurm Löcher oder höhere Dimensionen – Konzepte, die mehr mit Science-Fiction als mit empirischer Wissenschaft zu tun haben.

Es ist an der Zeit, die Grundlagen kritisch zu hinterfragen. Anstatt immer kompliziertere Modelle auf wackeligen Annahmen aufzubauen, sollte die Physik zurück zu einer streng logischen, nachvollziehbaren Methodik finden. Nur so kann sie wieder zu einer echten Wissenschaft werden, die die Natur erklärt – statt sie mit mathematischen Abstraktionen zu verschleiern.

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 Hintergrundstrahlung (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.“
[1]

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.“ [2]

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 vertrat die Auffassung, dass alle Lichtphänomene – einschließlich Interferenz und Beugung – ausschließlich durch Photonen als Teilchen erklärt werden können. Dies wirft die Frage auf: Brauchen wir überhaupt ein Welle-Teilchen-Dualismus, oder ist die Wellennatur nur ein statistischer Effekt der Quantenmechanik?

1.2.2 Widersprüche in der QED: Überlichtschnelle Photonen und Pfadintegrale

In der Quantenelektrodynamik (QED) werden Photonen im Pfadintegral-Formalismus über alle möglichen Wege summiert – einschließlich solcher, die scheinbar mit Überlichtgeschwindigkeit verlaufen. Mathematisch mittelt sich dies zwar zu korrekten Ergebnissen, doch physikalisch stellt sich die Frage:

- 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.“ [6]

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 Lichtgeschwindigkeit 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:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

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

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

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:

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

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:

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left[1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \frac{2r\ddot{r}}{c^2} \right] \hat{r} \quad (1.1)$$

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:

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

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) [5] 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 Maxwell'schen 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 oder den bereits erwähnten verschränkten Quantenzuständen. Während die lokale Kausalität durch Differentialgleichungen mit Randbedingungen beschrieben wird, folgt die systemische Kausalität einem Variationsprinzip, das das gesamte System simultan optimiert. Das Quantenpotential [4]

$$Q(\mathbf{r}, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 \sqrt{\rho(\mathbf{r}, t)}}{\sqrt{\rho(\mathbf{r}, t)}} \quad (1.2)$$

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 (1.1) 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 des Feldes 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 (1.1).

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:

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

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 |

$$F_{\text{Weber}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d^2} \left[1 - \frac{v^2}{c^2}\right] \approx 2,29 \times 10^{-8} \text{ N} \quad (2.1)$$

2.2.2 Strahlungsdämpfung harmonischer Schwingung

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

$$\text{Maxwell: } P = \frac{e^2 \omega^4 x_0^2}{6\pi\epsilon_0 c^3} \cos^2(\omega t) \quad (2.2)$$

$$\text{Weber: } F_{\text{damp}} = -\frac{e^2 \omega^2 \dot{x}}{4\pi\epsilon_0 c^3} \quad (2.3)$$

2.2.3 Interpretation der Ergebnisse

- **Actio=Reactio:** Während die Maxwell-Theorie eine Asymmetrie in der magnetische Kraftkomponente von $2F_B$ zeigt, bleibt in der Weber-Elektrodynamik die Symmetrie gewahrt.

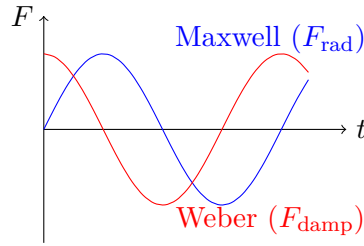


Abbildung 2.1: Zeitlicher Verlauf der Rückwirkungskräfte

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

$$\tau_{\text{Weber}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mc^3} \approx 6,3 \times 10^{-24} \text{ s} \quad (2.4)$$

- **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. 1.1), lässt sich durch Ausdrücken von \dot{r} und \ddot{r} durch Vektorgößen verallgemeinern. Für den Relativvektor $\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$ gilt:

Umrechnung der zeitlichen Ableitungen

1. Erste Ableitung:

$$\dot{r} = \frac{d}{dt} \|\vec{r}\| = \frac{\vec{r} \cdot \dot{\vec{r}}}{r} = \hat{r} \cdot \vec{v} \quad (2.5)$$

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

2. Zweite Ableitung:

$$\begin{aligned} \ddot{r} &= \frac{d}{dt} \left(\frac{\vec{r} \cdot \vec{v}}{r} \right) \\ &= \frac{\|\vec{v}\|^2 + \vec{r} \cdot \vec{a}}{r} - \frac{(\vec{r} \cdot \vec{v})^2}{r^3} \\ &= \frac{v^2 - (\hat{r} \cdot \vec{v})^2}{r} + \hat{r} \cdot \vec{a} \end{aligned} \quad (2.6)$$

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

2.3.2 Vollständige vektorielle Form

Durch Einsetzen in Gl. (1.1) ergibt sich die „**vektorielle Form**“:

$$\vec{F}_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left\{ \left[1 - \frac{v^2}{c^2} + \frac{2r(\hat{r} \cdot \vec{a})}{c^2} \right] \hat{r} + \frac{2(\hat{r} \cdot \vec{v})}{c^2} \vec{v} \right\} \quad (2.7)$$

2.3.3 Physikalische Interpretation

Die vektorielle Form zeigt explizit:

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

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

Hier zeigt sich:

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

2.3.5 Grafische Darstellung der Kraftkomponenten

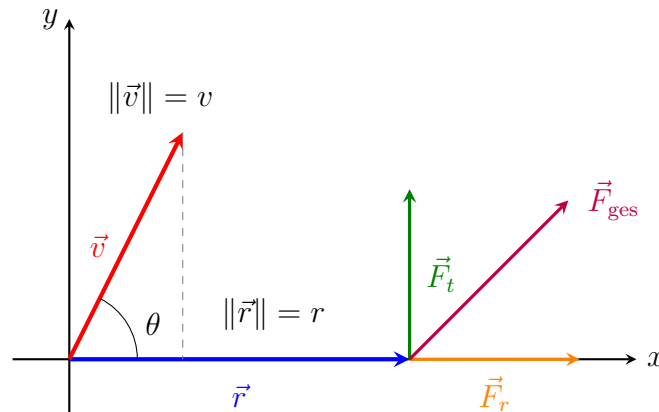


Abbildung 2.2: Visualisierung der vektoriellen Weber-Kraftkomponenten.

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

\vec{F}_{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:

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

$$\vec{F}_t = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left[\frac{2v_r v_t}{c^2} \right] \hat{t} \quad (2.10)$$

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 ($\theta = 0^\circ$)

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left[1 - \frac{v^2}{c^2} + \frac{2ra}{c^2} \right] \hat{r} \quad (2.11)$$

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

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

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 [3]
 - 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:

$$\omega_{\text{Weber}} = \omega_p \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{v_0^2}{c^2}} \quad (2.13)$$

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 Feldtheorie 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 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

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,

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

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

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

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.

Die Weber-Gravitation (WG) bietet eine alternative Beschreibung gravitativer Phänomene durch eine Erweiterung des Newtonschen Gravitationsgesetzes um geschwindigkeits- und beschleunigungsabhängige Terme. Die zentrale Gleichung der WG lautet:

$$\vec{F}_{\text{WG}} = -\frac{GMm}{r^2} \left(1 - \frac{\dot{r}^2}{c^2} + \beta \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right) \hat{r}, \quad (3.1)$$

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 β -Parameter ist eine zentrale Größe in der Weber-Gravitation, die das Verhältnis zwischen beschleunigungs- und geschwindigkeitsabhängigen Termen in der modifizierten Gravitationskraft bestimmt; β 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:

$$h = \sqrt{GMa(1 - e^2)}. \quad (3.2)$$

3.1.2 Physikalische Bedeutung des beta-Parameters

Der Parameter β 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.

3.1.3 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:

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

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 λ :

$$\Delta\phi = \frac{4GM}{c^2 b} \left(1 + \frac{3\pi}{16} \frac{\lambda^2}{\lambda_0^2} \right). \quad (3.3)$$

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 Δt eines Signals im Gravitationsfeld wird durch β modifiziert. Die integrierte Verzögerung entlang der Bahn beträgt:

$$\Delta t = \frac{2GM}{c^3} \ln \left(\frac{4r_e r_p}{b^2} \right) + \frac{3\pi G^2 M^2}{4c^5 b^2} \left(\frac{v_0^2}{c^2} \right). \quad (3.4)$$

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

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

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 | β | Konsequenz |
|----------------------|---------|------------------------------|
| Elektrodynamik | 2 | Magnetische Wechselwirkungen |
| Gravitation (Massen) | 0.5 | Periheldrehung des Merkur |
| Photonen | 1 | Frequenzabhängige Effekte |

Der β -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 Weber-Gravitation (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:

$$z \approx \frac{GM}{c^2} \left(\frac{1}{r_{\text{em}}} - \frac{1}{r_{\text{obs}}} \right) + \frac{3}{2} \frac{v_r^2}{c^2} \quad (3.5)$$

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:

$$z \approx \frac{3}{2} \frac{H_0^2 d^2}{c^2} \quad (3.6)$$

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 WG

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:

$$H_0^{\text{WG}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{c}{d} \sqrt{z} \approx 67.8 \text{ km/s/Mpc} \quad (3.7)$$

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:

$$\frac{z_{\text{WG}}}{z_{\text{ART}}} = 1 + \frac{3}{2} \left(\frac{v_r}{c} \right)^2 \left(\frac{GM}{c^2 r} \right)^{-1} \quad (3.8)$$

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- Λ 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:

$$r(\phi) = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(\kappa\phi)}, \quad (3.9)$$

$$\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1 - e^2)}}. \quad (3.10)$$

Wobei κ 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:

$$\Delta\phi = 2\pi \left(\frac{1}{\kappa} - 1 \right), \quad (3.11)$$

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

Winkel- und Bahngeschwindigkeit:

$$\omega(\phi) = \frac{h}{a^2(1 - e^2)^2} [1 + e \cos(\kappa\phi)]^2 \quad (3.12)$$

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

3.2.9 Bahngleichung 2. Ordnung

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

$$r(\phi) = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(\kappa\phi + \alpha\phi^2)}, \quad (3.14)$$

$$\alpha = \frac{3G^2 M^2 e}{8c^4 h^4}, \quad (3.15)$$

$$\kappa = \sqrt{1 - \frac{6GM}{c^2 a(1 - e^2)} + \frac{27G^2 M^2}{2c^4 a^2(1 - e^2)^2}}. \quad (3.16)$$

In Gleichung (3.14) 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.

Literaturverzeichnis

- ¹H. Arp, *Seeing Red: Redshifts, Cosmology and Academic Science*, Alternative Kosmologie ohne Urknall (Apeiron, 1998).
- ²A. K. T. Assis, *Weber's Electrodynamics*, Moderne Rekonstruktion der Weber-Elektrodynamik (Kluwer Academic, 1994).
- ³A. 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).
- ⁴D. Bohm, „A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden"Variables“, *Physical Review* **85**, 166–193 (1952).
- ⁵A. 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).
- ⁶J. Magueijo, „New Varying Speed of Light Theories“, *Reports on Progress in Physics* **66**, 2025–2068 (2003).
- ⁷A. Rubčić und H. Rubčić, *The Thorny Way of Truth*, Widersprüche in Einsteins Postulaten (Apeiron, 1998).
- ⁸L. Smolin, *The Trouble with Physics*, Kritik an Stringtheorie und Physik-Establishment (Houghton Mifflin, 2006).