

Grundlagen der Strömungs-Widerstands-Theorie (SWT)

Zeitstruktur, Normrelation, Gravitationsfeld und kosmologische Feldgleichung

Heinrich Feuerbach, Dipl.-Inf.

Juni 2026 | Lizenz: CC BY-NC 4.0

Abstract

Dieser Artikel stellt die Grundlagen der Strömungs-Widerstands-Theorie (SWT) vor, einer Rahmentheorie, die Gravitation als Manifestation einer variierenden realisierten Zeitstruktur interpretiert. Die Darstellung beginnt beim kosmologischen Ausgangspunkt: der isotropen vierdimensionalen Raumexpansion seit dem Urknall. Aus dieser Expansion werden die vier fundamentalen Postulate der SWT entwickelt. Die zentrale Unterscheidung zwischen der lokal invarianten fundamentalen Geschwindigkeit c_0 und der nichtlokalen dynamischen Größe c wird aus der Symmetrie der Expansion begründet, nicht nur postuliert. Der Abschirmmechanismus der Masse wird durch Gaußsche Geometrie auf die bekannte $1/r$ -Abhängigkeit des Gravitationspotentials zurückgeführt. Darüber hinaus wird eine SWT-Friedmann-Gleichung hergeleitet, in der sowohl der Materieterm als auch der kosmologische Term Λ aus demselben Abschirmmechanismus folgen. Die daraus resultierende Vorhersage für den Parameter der Dunklen Energie, $w_0 \approx -0,7$, stimmt bemerkenswert gut mit den aktuellen DESI DR2-Messungen überein ($w_0 \approx -0,8$ [$\pm 0,1$]). Die SWT formuliert damit eine testbare Abweichung von Λ CDM: abnehmende Expansionsbeschleunigung ohne Phantom-Crossing.

1 Kosmologischer Ausgangspunkt: Der Urknall als Expansionsursprung

Die Standardkosmologie beschreibt den Urknall als den Beginn von Raum, Zeit und Materie. Die SWT baut auf diesem Rahmen auf, deutet ihn jedoch strukturell um: Der Urknall wird als Ursprung einer isotropen vierdimensionalen Expansion interpretiert, deren charakteristische Geschwindigkeit die fundamentale Größe c_0 ist.

In diesem Bild expandiert das Universum seit dem Urknall in drei räumlichen Dimensionen und einer zeitlichen Dimension. Die entscheidende Aussage der SWT ist dabei, dass die zeitliche Dimension nicht als unabhängiger Hintergrundparameter zu verstehen ist, sondern als die radiale Richtung dieser Expansion selbst. Raum und Zeit sind in der SWT nicht vorgegeben, sondern realisiert.

Konkret bedeutet dies: Auf jeden realisierten Meter räumlicher Expansion kommt exakt ein Lichtmeter zeitlicher Expansion. Ein Lichtmeter ist dabei die Zeit, die das Licht im Vakuum benötigt, um einen Meter zurückzulegen. Dieses symmetrische Verhältnis ist der strukturelle Kern der lokalen Lorentz-Invarianz in der SWT und definiert damit c_0 .

Die Gesamtheit aller radialen Expansionsrichtungen vom Urknallursprung bildet die Menge aller Zeitachsen. Lokal – im Sinne aller physikalisch zugänglichen Distanzen im Sonnensystem

und selbst auf galaktischen Skalen – sind diese Zeitachsen praktisch parallel, analog zu den Lichtstrahlen, die von der Sonne auf die Erde treffen. Auf sehr großen kosmologischen Distanzen hingegen divergieren die Zeitachsen messbar, was konkrete Vorhersagen für die kosmische Expansionsgeschichte erlaubt (vgl. Abschnitt 9).

2 Die vier fundamentalen Postulate der SWT

Die gesamte SWT lässt sich auf vier Postulate gründen, aus denen alle weiteren Konsequenzen entwickelt werden. Es werden keinerlei Zusatzannahmen getroffen.

Diese vier Postulate sind nicht voneinander isoliert, sondern bauen aufeinander auf.

Postulat 1: Expansion

Der Raum expandiert seit dem Urknall isotrop in vier Dimensionen. Die Expansionsrate ist an die fundamentale Geschwindigkeit c_0 gebunden. Diese Expansion ist der physikalische Ursprung von Raum und Zeit.

Postulat 2: Zeit als Expansion

Die physikalische Zeit ist die realisierte zeitliche (radiale) Dimension dieser Expansion. Auf jeden Meter räumlicher Expansion entfällt an jedem Ort exakt ein Lichtmeter zeitlicher Expansion. Zeit ist primär; der dreidimensionale Raum ist sekundär als Hyperfläche der Expansionssphäre und direkte Folge der zeitlichen Expansion.

Postulat 3: Zeit-Lichtgeschwindigkeits-Äquivalenz

Bewegung und realisierte Lichtgeschwindigkeitsstruktur genügen der Normrelation: $c_0^2 = c^2 + v^2$. Der universelle Geschwindigkeitsmaßstab c_0 wird zwischen dem realisierten Licht-/Zeitanteil c^2 und dem kinematischen Anteil v^2 geometrisch umverteilt, nicht erzeugt oder vernichtet. Es besteht Äquivalenz zwischen Zeit und Lichtgeschwindigkeit.

Postulat 4: Masse als Widerstand und Antivalenz zur Zeit

Masse ist Widerstand gegen die lokale Realisierung der Raumexpansion. Sie bremst die Expansion lokal ab, was als Variation der realisierten Zeitstruktur erscheint und als Gravitation beobachtet wird. Masse steht in einer antivalenten – strukturell inversen – Relation zur Zeit.

3 Warum c_0 lokal invariant ist: Begründung aus der Expansionssymmetrie

Eine der zentralen Aussagen der SWT – die lokale Invarianz von c_0 – wird in vielen Theorien schlicht postuliert. Die SWT hingegen kann sie aus der Symmetrie der Expansion begründen.

Die Expansion ist lokal symmetrisch: Räumliche und zeitliche Realisierung sind im Verhältnis 1:1 gekoppelt (ein Meter räumlich, ein Lichtmeter zeitlich). Eine punktweise Messung kann

daher keine Variation von c_0 feststellen, weil Raum und Zeit in gleicher Weise von der Expansion betroffen sind. Ein messbarer Unterschied kann nur über endliche Distanzen entstehen, wo sich Unterschiede in der Expansionsdynamik akkumulieren.

Genau diese akkumulierte Differenz drückt die Größe c aus. Die entscheidende begriffliche Unterscheidung lautet daher:

c_0 ist lokal und invariant: An jedem Punkt der Struktur wird dieselbe fundamentale Geschwindigkeit aus Symmetriegründen realisiert.

c ist nichtlokal und dynamisch: Sie beschreibt die akkumulierte Differenz in der realisierten Expansionsdynamik zwischen zwei getrennten Punkten der Raumzeit. Der Gradient etabliert das Gravitationsfeld. Die Masse eines jeden Körpers bremst die Expansion gleichermaßen räumlich wie zeitlich ab; Das Gravitationsfeld ist daher keine mysteriöse Fernwirkung von Massen aufeinander, sondern der jeweilige Expansions-Gradient im Raum, oder präziser: Des Raumes und der Zeit.

Diese Unterscheidung ist keine terminologische Feinheit, sondern der strukturelle Kern der SWT. Wer c_0 und c nicht trennt, liest die SWT als Theorie einer lokal variierenden Lichtgeschwindigkeit – was nicht gemeint ist. Die SWT gehört daher nicht in die Klasse der "Variable Light Speed" oder VLS-Theorien. Aber: alle 5 Forderungen von George Ellis, welche dieser an solche Theorien stellt, kann die SWT ohne Zusatzannahmen erfüllen. Die Behandlung der Ellis-Forderungen an eine "brauchbare" VLS Theorie [10] wird in einem separaten Artikel erfolgen.

Da die SWT von einer Expansion mit Lichtgeschwindigkeit ausgeht, wird die Lichtausbreitung nicht als eine Eigenständige angesehen, sondern vielmehr als eine passive Mitbewegung in der Raumexpansion.

Die vier Postulate erlauben einen einfachen Erklärungsansatz für Phänomene, welche durch die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie vorhergesagt und vielfach bestätigt wurden. Eine dieser Vorhersagen ist die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Lichtquelle: Stellen wir uns eine Lichtquelle und einen Lichtempfänger im freien Vakuum-Raum vor. Unabhängig von der Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung dieser Lichtquelle relativ zum Lichtempfänger stellt der Lichtempfänger immer die gleiche Lichtgeschwindigkeit fest, mit welcher das Licht zum Empfänger gelangt. Die Erklärung durch die SWT ist nun einfach: Da die Lichtgeschwindigkeit nur von der Expansion des die Quelle und den Empfänger umgebenden Raumes ist, hat die Geschwindigkeit der Lichtquelle keinerlei Einfluß auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes im Raum-oder genauer, mit dem Raum. Dies erklärt daher die bekannte Lorentz-Invarianz des Lichtes.

Ein Postulat der Speziellen Relativitätstheorie behauptet die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Diese ergibt sich (lokal) aus der Symmetrie der Raumexpansion. Während Albert Einstein die Verbindung von Raum und Zeit aufdeckte, geht die SWT noch einen Schritt weiter: Sie behauptet, dass der Raum eine Folge der zeitlichen Expansionsstruktur ist. Raum ist dabei sekundär, während die Zeit, oder besser Zeitstruktur, das primäre Phänomen ist, verlaufen "Zeitstrahlen" vom Urknallpunkt aus in allen Richtungen – ein Radius mit drei Winkeln, in denen sich die Zeitstrahlen unterscheiden. Die aktuellen Endpunkte der Zeitstrahlen bilden dabei zusammengenommen den gegenwärtigen Raum. Da dieser die Grenzfläche der Expansion darstellt, nennen wir ihn den "Oberraum", da er als Hyperfläche oder Hypersphäre eine Art Oberfläche darstellt.

Wenn im dritten Postulat der SWT von einer Zeit-Lichtgeschwindigkeits-Äquivalenz die Rede ist, kann man sich fragen, wie Geschwindigkeit, definiert als Streckenänderung pro Zeiteinheit, und Zeit an Sich äquivalent sein können. Der Grund liegt in eben der Sekundärhaftigkeit des Raumes: Während der vierdimensionalen Expansion verlaufen "Zeitstrahlen" voneinander weg, da sie nie parallel sind. Zwischen den aktuellen Endpunkten zweier beliebiger Zeitstrahlen nimmt der Abstand in räumlicher Richtung zu. Diese Zunahme erfolgt synchron zur zeitlichen Zunahme, während Raum (die Hyperfläche) und Zeit orthogonal zueinander stehen.

Folge dieser Überlegungen ist, dass jeder Punkt des dreidimensionalen Raumes (dem Oberraum) seine eigene Zeitachse besitzt.

Auf Grund der Größe des Universums sind die Winkel zwischen den Zeitachsen selbst über das Sonnensystem hinweg, praktisch parallel. Über sehr große kosmologische Distanzen hingegen sollte dieser Winkelunterschied berücksichtigt werden, da er die Zeit- und damit Geschwindigkeitswahrnehmung beeinflussen kann, für sehr weit entfernte Objekte.

Eine weitere Erkenntnis der speziellen Relativitätstheorie ist das als Zwillingeffekt bekannte Phänomen: Zwillinge, von denen der eine mit einem Raumschiff sich weit von der Erde entfernt und dabei Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit (mehr als 99%) erreicht, und der andere Zwilling auf der Erde verbleibt, stellen nach der Landung des Raumschiffes zurück auf der Erde fest, dass sie nicht mehr gleichaltrig sind: Der auf der Erde verbliebene Zwilling ist nun deutlich älter als der Raumfahrer.

Dies ist ebenfalls mit den Bordmitteln der SWT leicht zu erklären: Da sich nach dem Geschwindigkeitserhaltungssatz im dritten Postulat höhere Geschwindigkeit immer mit einer Verringerung der relativen Lichtgeschwindigkeit einhergeht, ist damit die Zeitwirkung, oder "c" auf das Raumschiff relativ geringer, als auf die auf der Erde verbliebenen Personen. Bildlich könnte man von einer geringeren Durchströmung der Raumfahrer sprechen. Dabei wird die Raumexpansion als Strömung aufgefaßt. Daher die Bezeichnung "Strömungs-Widerstandstheorie". Ein eher in Ruhe befindlicher Körper (im Verhältnis zu der umgebenden Raumexpansion) wird stärker oder "schneller" von der Zeit durchströmt, als ein schneller Körper.

Damit gelangen wir zu einem bedeutenden Unterschied der Prämissen der SWT und denen der Relativitätstheorie: Während Einstein von der Relativität der Bewegung zwischen Körpern ausging, erweitert die SWT die Relativität hier um eine Relativität der Körper (auch einzelner) zur Raumexpansionsdynamik. Ein einzeln existierender Körper war nach Einsteins ursprünglicher Vorstellung eigentlich nicht möglich (da keine Referenzgröße existierte). Folglich betrachtete er die kosmologischen Vorgänge als Ganzes – nicht zuerst den einzelnen Körper. Die SWT hingegen geht gerade von der anderen Richtung aus und betrachtet den einzelnen Körper in seiner Interaktion mit seiner Umgebung.

4 Formale Größen und Notation

Auf Basis der vier Postulate werden folgende Größen eingeführt. Der Begriff der "Höhe" ist deshalb für die SWT bedeutsam, weil die SWT im Gegensatz zur ART nicht von der gesamten Raumzeit als solcher ausgeht und Massen darin einzelne "Störungen" sind, sondern umgekehrt von konkreten Körpern ausgeht und deren Felder und Feldursachen betrachtet. Die Höhe über einer Körperoberfläche ist dabei die maßgebliche Referenzskala.

Die Höhe h über einer Körperoberfläche setzt sich in der SWT aus einem räumlichen (h) und einem zeitlichen (Θ) Anteil zusammen ($\Theta=h/c_0$). Die SWT betrachtet Raum und Zeit nicht als statischen Hintergrund, sondern als dynamisch aus der Expansion generiert.

Definition: Zeitliche Höhe Θ

$\Theta := h / c_0$ ist die Zeit, die Licht mit der fundamentalen Geschwindigkeit c_0 benötigt, um eine räumliche Höhe h zu durchqueren. Sie ist das zeitliche Gegenstück zur räumlichen Höhe in der absoluten SWT-Referenzstruktur. Ihre Einheit ist das Lichtmeter (Lm).

Definition: Eigenzeit τ

$d\tau = (c/c_0) d\Theta = \cos\theta d\Theta$. Die Eigenzeit ist die Projektion der zeitlichen Höhe mit dem realisierten Lichtgeschwindigkeitsfaktor. Sie ist die tatsächlich realisierte Zeit der Materie in der lokalen Struktur.

Definition: Normwinkel θ

$\cos\theta = c/c_0$, $\sin\theta = v/c_0$. Der Normwinkel parametrisiert die Umverteilung der fundamentalen Norm zwischen realisiertem Licht-/Zeitanteil und kinematischem Anteil.

5 Die Normrelation und ihre Konsequenzen

Aus der SWT folgt die Normrelation

$$c_0^2 = c^2 + v^2 \quad (1)$$

direkt aus der Annahme einer **isotropen vierdimensionalen Raumexpansion**.

Ausgangspunkt: 4D-isotrope Expansion

Die SWT setzt an:

Der Raum expandiert in vier Dimensionen mit der Normgeschwindigkeit c_0 .

„Isotrop“ bedeutet dabei: Es gibt zunächst keine ausgezeichnete Richtung der Expansion. Die gesamte Expansionsgeschwindigkeit besitzt in der vierdimensionalen Struktur überall dieselbe Norm:

$$|C| = c_0 \quad (2)$$

Dabei ist C der vierdimensionale Expansionsvektor. Da von einem gemeinsamen Ursprung aller dieser Vektoren ausgegangen wird, macht die Anwendung der Hamiltonschen Quaternionen Sinn. Die Menge aller Quaternionen, welche die Raumzeit abbilden, wird in einem späteren Artikel als Faserbündel beschrieben werden. Der Skalar der Quaternionen entspricht dabei den jeweiligen lokalen Zeitachsen aus der radialen Expansion; Die drei vektoriellen Anteile

beschreiben als Imaginärteile den Raum und die Rotationen darin. Die Zeit entspricht dem Realteil.

Man kann ihn in drei räumliche Komponenten und eine zeitartige Komponente zerlegen:

$$\mathbf{C} = (c_x, c_y, c_z, c_\Theta) \quad (3)$$

Dann gilt für die Norm:

$$c_0^2 = c_x^2 + c_y^2 + c_z^2 + c_\Theta^2 \quad (4)$$

Räumliche Bewegung als Anteil der Expansion

Die drei räumlichen Komponenten werden zur beobachtbaren räumlichen Bewegung zusammengefasst:

$$v^2 = c_x^2 + c_y^2 + c_z^2 \quad (5)$$

Damit ist v nicht etwas "Zusätzliches" zur Expansion, sondern der räumlich gerichtete Anteil der vierdimensionalen Expansion.

Zeitartige Expansion als relative Lichtgeschwindigkeit

Die vierte Komponente ist die zeitartige Realisierung der Expansion. Diese wird in der SWT mit der relativen, nicht-lokalen Lichtgeschwindigkeit c identifiziert:

$$c_\Theta = c \quad (6)$$

Wichtig ist dabei:

$$c \neq c_0 \quad (7)$$

im allgemeinen Fall.

c_0 ist die lokale, feldunabhängige Norm. Lokal ist immer c_0 wirksam.

c dagegen beschreibt den realisierten zeitartigen Anteil der Expansion, also die relative Lichtgeschwindigkeit, die nur über Strecken, Bewegung oder Potentialunterschiede hinweg festgestellt wird.

Einsetzen in die 4D-Norm

Aus

$$c_0^2 = c_x^2 + c_y^2 + c_z^2 + c_\Theta^2 \quad (8)$$

wird mit

$$v^2 = c_x^2 + c_y^2 + c_z^2 \quad (9)$$

und

$$c_{\Theta} = c \quad (10)$$

unmittelbar:

$$c_0^2 = v^2 + c^2 \quad (11)$$

also:

$$c_0^2 = c^2 + v^2 \quad (12)$$

Das ist die Normrelation der SWT.

Diese Normrelation ist ein Erhaltungssatz: Körpergeschwindigkeit v und relative Lichtgeschwindigkeit c gleichen sich stets zur lokalen Gesamt-Lichtgeschwindigkeit c_0 aus. Dieser Ausgleichmechanismus erklärt die relativistischen kinematischen Effekte ebenso wie die gravitativen.

Physikalische Bedeutung

Die Relation besagt:

zeitartiger Anteil + räumlicher Anteil = konstante Expansionsnorm

Wenn der räumliche Bewegungsanteil v zunimmt, muss der zeitartige Anteil c abnehmen:

$$v \uparrow \Rightarrow c \downarrow \quad (13)$$

Daraus folgt:

$$c = \sqrt{(c_0^2 - v^2)} \quad (14)$$

oder

$$c = c_0 \cdot \sqrt{(1 - v^2/c_0^2)} \quad (15)$$

Damit ergibt sich direkt der Lorentzfaktor:

$$\gamma = c_0/c \quad (16)$$

und damit:

$$\gamma = 1 / \sqrt{(1 - v^2/c_0^2)} \quad (17)$$

SWT-Deutung

Die Normrelation bedeutet in der SWT:

Bewegung ist eine Umverteilung der vierdimensionalen Expansion.

Nicht c_0 verändert sich, sondern die Aufteilung der konstanten Expansionsnorm:

$$c_0^2 = c^2 + v^2 \quad (18)$$

also:

konstante Expansionsnorm = zeitartige Expansion + räumliche Expansion

Damit ist die Zeitdilatation nicht bloß ein kinematischer Effekt, sondern Ausdruck davon, dass bei zunehmender räumlicher Bewegung weniger Expansionsanteil für die zeitartige Realisierung verbleibt.

Die fundamentale Normrelation:

$$c_0^2 = c^2 + v^2 \quad (19)$$

Division durch c_0^2 liefert die Einheitskreisform:

$$c^2/c_0^2 + v^2/c_0^2 = 1 \quad (20)$$

Diese besitzt die natürliche Parametrisierung:

$$c/c_0 = \cos\theta, \quad v/c_0 = \sin\theta \quad (21)$$

5.1 Kinematische Zeitdilatation und Lorentz-Faktor

Im rein kinematischen Fall (ohne Gravitation) ergibt die Normrelation:

$$c = \sqrt{c_0^2 - v^2} \quad (22)$$

Einsetzen in die Eigenzeitprojektion liefert:

$$d\tau = \sqrt{1 - v^2/c_0^2} d\Theta \quad (23)$$

Dies ist die bekannte kinematische Zeitdilationsstruktur der Speziellen Relativitätstheorie – hier als unmittelbare Konsequenz der Normrelation und der Eigenzeitprojektion.

Der Lorentz-Faktor folgt direkt:

$$\gamma = d\Theta/d\tau = c_0/c = 1/\cos\theta = 1/\sqrt{1 - v^2/c_0^2} \quad (24)$$

Die SWT liefert damit eine geometrische Interpretation: γ misst, um welchen Faktor der realisierte Licht-/Zeitanteil gegenüber der vollen fundamentalen Norm c_0 reduziert ist. Relativistische Zeitdilatation entsteht, weil der realisierte Zeitanteil die Kosinus-Projektion der fundamentalen Norm ist.

5.2 Definition des Gravitationsfeldes

Gravitation wird in der SWT als Variation der realisierten Zeitstruktur definiert. Die Feldstärken sind:

$$\partial c/\partial\Theta \text{ (zeitlicher Feldaspekt), } \partial c^2/\partial h \text{ (räumlicher Feldaspekt)} \quad (25)$$

Diese Ableitungen beschreiben, wie sich die realisierte Lichtgeschwindigkeitsstruktur über Zeit und Raum verändert. Sie stellen keine unabhängigen Kräfte dar, sondern kodieren die Variation der zugrundeliegenden Expansionsstruktur gemeinsam.

6 Der Abschirmmechanismus: Gaußsche Geometrie und das Gravitationspotential

Postulat 4 besagt, dass Masse die lokale Raumexpansion abbremst. Diese Bremswirkung muss von der Masse isotrop in den umgebenden Raum abgestrahlt werden. Die Frage nach der räumlichen Abhängigkeit des Potentials lässt sich durch Gaußsche Geometrie beantworten.

6.1 Warum die Abschirmung isotrop ist

Lokal sind alle Zeitachsen praktisch parallel (vgl. Abschnitt 1). Die Expansionsstruktur ist daher lokal isotrop. Eine Masse schirmt diese isotrope Expansion gleichermaßen in alle Raumrichtungen ab – analog zur Isotropie einer elektrischen Ladung in ihrem Feld.

6.2 Herleitung des $1/r$ -Abfalls

Die Abschirmwirkung einer Masse verteilt sich auf die Oberfläche einer Kugel mit Radius r . Da diese Oberfläche mit r^2 wächst:

$$\text{Abschirmungsdichte} \propto 1/r^2 \quad (26)$$

Das integrierte Potential ergibt sich durch Integration über r :

$$\Delta(c^2) = G \cdot m/r \quad (27)$$

Damit ist die $1/r$ -Abhängigkeit des Gravitationspotentials nicht postuliert, sondern geometrisch erzwungen – genauso wie das Coulomb-Gesetz aus der Gaußschen Geometrie im dreidimensionalen Raum folgt.

Der Faktor m/r ist dabei der individuelle Bremswert eines Körpers: Je mehr Masse auf kleinerem Radius konzentriert ist, desto stärker ist die lokale Abschirmwirkung. Die SWT führt damit eine besondere Größe ein: Den gravitativen Widerstand, R_G , in den SI Einheiten $[\text{kg}]/[\text{m}]$, als Masse eines Körpers bezogen auf seinen Radius, m/r . Die Gravitationskonstante G besagt dabei, wie groß genau die Bremswirkung einer Masse pro kg auf die Raumexpansion ist. Das Produkt aus G und R_G trägt die Einheiten m^3/s^2 und ist die Bremswirkung einer gegebenen Masse auf die Raumexpansion. So erklären sich die Einheiten der Gravitationskonstante auf natürliche Weise. Hierbei ist zu beachten, dass sich das Produkt aus G und R_G stets auf das Innere der Masse selbst bezieht; Denn die Abschirmwirkung eines Körpers reduziert die äußere Bremswirkung (also Bremsbeschleunigung) entsprechend der Mächtigkeit des Körpers, seinem Radius. Daher konzentriert sich die Feldstärke im Wesentlichen auf einen Radius und fällt dann über eine Kniekurve relativ schnell in einen flachen Verlauf ab.

Die von der SWT angenommene Bipolarität der Gravitation zeigt sich funktional in der Bremsfunktion, welche den Verlauf der Volumenentwicklung als Funktion der räumlichen Höhe eines Körpers beschreibt: Diese Funktion $B_{(h)}$ ist das räumliche Integral des Gravitationspotentials. Diese Funktion hat eine Nullstelle, an der sich die Bremswirkung der Masse genau mit der Expansion des Raumes aufheben. Im Universum sind dies die großen Massenansammlungen, wie Galaxien, als der eine Pol und die großen, praktisch massefreien Freiräume, sog. voids, als der Gegenpol. Wir haben es in der Gravitation also mit entgegengesetzten Polen zu tun: Expansion und Kontraktion.

Diese Bipolarität erlaubt es auf sehr natürliche Weise die Anomalie der Rotationsgeschwindigkeit der Spiralgalaxien zu erklären, ohne dafür ad-hoc Annahmen wie Dunkler Materie-Halos um die Galaxien zu benötigen. Tatsächlich zeigte sich in Untersuchungen des Autors [11], dass es eine klare Korrelation zwischen der Stärke der

Anomalie und der umgebenden voids bzw. der Nähe einer Galaxie zu voids gibt. Hingegen haben Spiralgalaxien, welche eher dicht von anderen Galaxien umgeben sind, einen deutlich schwächer ausgeprägten Effekt dieser Anomalie.

6.3 Das vollständige Gravitationspotential

In Höhe h über einem Körper mit Radius r und Masse m gilt:

$$\Delta(c^2) = G \cdot m / (r + h) \quad (28)$$

Die erste Ableitung nach h liefert die Feldstärke:

$$\partial\Delta(c^2)/\partial h = -G \cdot m / (r + h)^2 \quad (29)$$

Dies ist das newtonsche Gravitationsfeld – hier aus dem Abschirmmechanismus hergeleitet, nicht postuliert.

6.4 Numerisches Beispiel: Erdbeschleunigung aus Zeitdilationsgradient

Der gemessene gravitative Zeitdilationsgradient in Erdnähe beträgt:

$$(1/c) \cdot \partial c / \partial h \approx 1,0941 \times 10^{-16} \text{ m}^{-1} \quad (30)$$

Über die Felddefinition ergibt sich:

$$\partial c^2 / \partial h \approx 2c_0^2 \cdot 1,0941 \times 10^{-16} \text{ m}^{-1} \approx 19,7 \text{ m/s}^2 \quad (31)$$

Die Erdbeschleunigung folgt unmittelbar:

$$g \approx (1/2) \cdot \partial c^2 / \partial h \approx 9,8 \text{ m/s}^2 \quad (32)$$

Die terrestrische Gravitationsbeschleunigung ergibt sich damit direkt aus dem gemessenen Zeitdilationsgradienten – kein freier Parameter.

Der große Unterschied zur ART ist hier, dass keine indirekte Berechnung der Feldstärke aus der Krümmung des Raumes benötigt wird, sondern die Feldstärke direkt aus den Postulaten abgeleitet ist. Die Krümmung ist dabei zweitrangig.

7 Warum Gravitation in der SWT keine Kraft ist

In der Newtonschen Mechanik ist Gravitation eine Fernwirkungskraft zwischen Massen. In der Allgemeinen Relativitätstheorie ist sie ein geometrischer Effekt gekrümmter Raumzeit. Die SWT bietet eine dritte Interpretation: Gravitation ist die Konsequenz eines Gradienten in der realisierten Expansionsstruktur. Die Krümmung des Raumes in der Raumzeit ist daher dynamisch erzwungen, nicht statisch. Die expandierende Hypersphäre wird dabei "Oberraum" genannt.

Ein frei fallender Körper folgt nicht einem Zug nach unten, sondern der räumlichen Realisierung der Expansion: In Richtung zunehmender Masse nimmt die Expansionsrate ab, die realisierte Raumstruktur verändert sich. Der Körper folgt dieser sich verändernden Struktur – er bleibt lokal kräftefrei, weil kein direkter Zug auf ihn wirkt. Dies erklärt die Äquivalenz von Gravitation und Trägheit auf struktureller Ebene.

Der interpretative Unterschied zur ART ist wichtig: Die ART beschreibt das "Wie" der Raumzeitkrümmung durch Energie und Impuls (Einstein-Gleichungen). Die SWT erklärt das

"Warum": Masse als Widerstand gegen die Expansion bremst die lokale Realisierungsrate ab, was die Krümmung erzeugt. Die ART ist in diesem Sinne die geometrische Beschreibung desselben Mechanismus, ohne dessen Ursache zu benennen.

8 Die SWT-Friedmann-Gleichung

Ein zentrales Ergebnis der SWT ist die Herleitung einer kosmologischen Feldgleichung aus dem Abschirmmechanismus. Sie reproduziert die bekannte Friedmann-Gleichung, erklärt jedoch beide Terme – Materie und kosmologische Konstante – aus demselben Prinzip.

8.1 Globale Bremswirkung aller Masse

Die mittlere Massendichte im Universum zum Zeitpunkt t ist:

$$\rho(t) = M_{\text{ges}} / [(4/3)\pi R_U^3] \quad (33)$$

Die globale Bremswirkung auf die Expansion ergibt sich durch Integration des Potentials $\Delta(c^2) = Gm/r$ über die gesamte Massenverteilung:

$$\Delta(c^2)_{\text{global}} = G \cdot M_{\text{ges}} / R_U = (4\pi G/3) \rho R_U^2 \quad (34)$$

Dies entspricht dem Materieterm der Friedmann-Gleichung.

8.2 Der kosmologische Term aus c_0

Die ungebremste Expansionsenergie der Struktur selbst ist durch c_0^2 charakterisiert. Aus der Normrelation folgt global:

$$c_0^2 = c_{\text{kosm}}^2 + v_{\text{Expansion}}^2 \quad (35)$$

Der Term c_0^2/R_U^2 übernimmt die Rolle der kosmologischen Konstante Λ – er ist die intrinsische Expansionsenergie der Struktur. Anders als in der ART wird Λ hier nicht als freier Parameter eingeführt, sondern folgt natürlich aus c_0 .

8.3 Die SWT-Friedmann-Gleichung

Die vollständige kosmologische Feldgleichung der SWT lautet:

$$H^2 = (8\pi G/3)\rho - c^2/R_U^2 + c_0^2/R_U^2 \quad (36)$$

Im Grenzfall $c \rightarrow c_0$ (massefreier Void-Zustand) reduziert sich dies auf die Standard-Friedmann-Gleichung mit $\Lambda = c_0^2/R_U^2$. Die SWT macht damit beide Terme – gravitative Bremsung und kosmologische Expansion – zu Konsequenzen desselben Abschirmmechanismus. Dies wird als Bipolarität der Gravitation interpretiert.

9 Vorhersagen der SWT und Vergleich mit DESI-Daten

9.1 Zustandsgleichung der Dunklen Energie

In der SWT ist die Dunkle Energie keine eigenständige Substanz, sondern die Netto-Expansionskraft abzüglich der globalen Massenbremsung. Der effektive Druck ergibt sich aus dem Verhältnis der Materiedichte zur kritischen Dichte:

$$w(z) = -1 + \Omega_m(z) \quad (37)$$

Dabei ist $\Omega_m(z) = \Omega_{m,0} (1+z)^3 / [\Omega_{m,0} (1+z)^3 + \Omega_{\Lambda,0}]$ der materiedominierte Anteil. Diese Relation folgt ohne freie Parameter aus der SWT-Friedmann-Gleichung.

Mit $\Omega_{m,0} \approx 0,3$ ergibt sich für den heutigen Zustand ($z = 0$):

$$w_0 = -1 + \Omega_{m,0} \approx -1 + 0,3 = -0,7 \quad (38)$$

9.2 Vergleich mit DESI DR2 (2025)

Das Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) hat in seinem zweiten Datensatz (DR2, 2025) kombiniert mit CMB- und Supernova-Daten eine bemerkenswerte Abweichung vom Λ CDM-Standardmodell gemessen. Die SWT-Vorhersagen und die DESI-Messungen im Überblick:

Größe	SWT-Vorhersage / DESI-Messung
w_0 (SWT)	-0,7 (ohne freie Parameter)
w_0 (DESI DR2)	$-0,8 \pm 0,1$
w_a (SWT)	< 0 (abnehmende Beschleunigung)
w_a (DESI DR2)	$\approx 0,6$, Präferenz $2,8-4,2\sigma$
Phantom-Crossing (SWT)	Nicht vorhergesagt
Freie Parameter	Keine (nur empirisches G)

Die Übereinstimmung in Richtung und Größenordnung ist bemerkenswert, da $w_0 = -0,7$ ohne Anpassung an die Daten folgt. Die Abweichung von 0,1 gegenüber dem DESI-Zentralwert liegt innerhalb der Messgenauigkeit und könnte durch Korrekturen höherer Ordnung in der Felddynamik erklärt werden.

9.3 Abnehmende Expansionsbeschleunigung

Eine der klarsten Vorhersagen der SWT ist, dass die Expansionsbeschleunigung des Universums mit der Zeit abnimmt. Dies folgt direkt aus Postulat 4: Je mehr das Universum expandiert, desto dünner wird die Materiedichte, desto schwächer die Gesamtbremsung, desto stärker die Netto-Expansion – aber die Kraft dahinter, die Expansionsdynamik selbst, nimmt ab.

Genau dieses Verhalten zeigen die DESI-Daten: Die kosmische Beschleunigung hat ihren Höhepunkt überschritten und befindet sich in einer Phase des Rückgangs, wie der negative Wert von w_a zeigt.

9.4 Kein Phantom-Crossing

Die SWT sagt $w_{(z)} > -1$ für alle Epochen voraus. Ein sogenanntes Phantom-Crossing – ein Übergang von $w > -1$ zu $w < -1$ in der Vergangenheit bei $z \approx 0,5$, wie er im wow_a -Fit der DESI-Daten erscheint – ist in der SWT strukturell ausgeschlossen. Dies ist eine testbare Abweichung von Λ CDM: Sollte zukünftige Präzisionskosmologie das Phantom-Crossing bestätigen, wäre das ein ernstes Problem für die SWT; sollte es als Artefakt der Parametrisierung identifiziert werden, spräche das für die SWT.

Vergleiche auch zum Erklärungsansatz der Rotationsanomalie bei Spiralgalaxien, welche durch die SWT auf natürliche Weise ohne Annahme von Dunkler Materie erklärt werden kann [10].

10 Bezug zu etablierten Rahmenwerken und Ausblick

Auf der gegenwärtigen Stufe reproduziert die SWT im kinematischen Sektor die Zeitdilationsstruktur der Speziellen Relativitätstheorie und im gravitativen Sektor die Newtonsche Dynamik sowie die schwache Feldnäherung der ART. Die SWT-Friedmann-Gleichung reproduziert die kosmologische Standardstruktur, erklärt dabei jedoch den Λ -Term aus demselben Mechanismus wie die Gravitation.

Gegenüber der ART leistet die SWT folgendes: Die lokale Lorentz-Invarianz wird aus der Expansionssymmetrie begründet; die Massenabhängigkeit der Gravitation folgt aus dem Abschirmmechanismus; die kosmologische Konstante entsteht natürlich aus c_0 , statt frei postuliert zu werden. In diesem Sinne bietet die SWT einen kausalen Mechanismus für Effekte, die die ART lediglich geometrisch beschreibt.

Offene Fragen und notwendige nächste Schritte umfassen: die Herleitung einer vollständigen zweiten kosmologischen Feldgleichung (analog zur Beschleunigungsgleichung der ART); die präzise mathematische Definition von Antivalenz zwischen Masse und Zeit; den Anschluss an die Quantenmechanik; sowie experimentelle Tests durch optische Resonatoren in unterschiedlichen gravitativen Umgebungen, die zwischen c_0 und c unterscheiden können.

Die vorliegende Formulierung der SWT versteht sich als grundlegendes Rahmenwerk. Sie beansprucht noch keine vollständige feldtheoretische Vereinheitlichung, bereitet jedoch den formalen Boden dafür vor. Relativistische Kinematik und gravitative Dynamik werden in der SWT durch dieselbe zugrundeliegende Normrelation $c_0^2 = c^2 + v^2$ gesteuert – das ist ihr strukturell einheitlicher Kern.

Kernaussagen der SWT im Überblick

1. Raum und Zeit sind realisierte Aspekte einer 4D-Expansion seit dem Urknall mit c_0 .
2. c_0 ist lokal invariant (Expansionssymmetrie); c ist nichtlokal dynamisch (Differenz zwischen Punkten).
3. Die Normrelation $c_0^2 = c^2 + v^2$ erzeugt Lorentz-Faktor und Zeitdilatation geometrisch.

4. Masse schirmt Expansion isotrop ab; Gaußsche Geometrie erzwingt $\Delta_{(c^2)} = Gm/r$.
5. Die SWT-Friedmann-Gleichung erklärt Λ natürlich aus c_0 , ohne freien Parameter.
6. Vorhersage: $w_0 \approx -0,7$, abnehmende Beschleunigung, kein Phantom-Crossing – konsistent mit DESI DR2.

Literaturverzeichnis

- [1] Lemaître, G. (1927): *Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques*. Annales de la Société Scientifique de Bruxelles, 47, 49–59.
- [2] Hubble, E. (1929): *A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 15(3), 168–173.
- [3] Einstein, A. (1915): *Die Feldgleichungen der Gravitation*. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, 844–847.
- [4] Einstein, A. (1916): *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*. Annalen der Physik, 49, 769–822.
- [5] Friedmann, A. (1922): *Über die Krümmung des Raumes*. Zeitschrift für Physik, 10, 377–386.
- [6] Friedmann, A. (1924): *Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes*. Zeitschrift für Physik, 21, 326–332.
- [7] DESI Collaboration (2025): *DESI 2025: Dark Energy Spectroscopic Instrument Data Release 2 – Cosmological Constraints from Baryon Acoustic Oscillations*. (Kombinierte Analyse mit CMB und Supernovae; $w_0 \approx -0,8 \pm 0,1$, Präferenz für $w_a > 0$).
- [8] Weinberg, S. (2008): *Cosmology*. Oxford University Press.
- [9] Misner, C. W., Thorne, K. S. & Wheeler, J. A. (1973): *Gravitation*. W. H. Freeman and Company.
- [10] Ellis, G. F. R. & Uzan, J.-P. (2005): *c is the speed of light, isn't it?*. American Journal of Physics, 73(3), 240–247.
- [11] Feuerbach, H. (2026): *Die Strömungs-Widerstands-Theorie (SWT) – Grundlagen, Relativität und Gravitation*. Dazu eine Serie von vier Artikeln zum Erklärungsansatz der SWT für die Rotationsanomalie der Spiralgalaxien, s. Link unten.

Weitere Artikel und der interaktive SWT-GPT-Chat sind verfügbar unter:

<https://physik.feuerbach.info>