

Allgemeine Relativitätstheorie: Geographie des Raumes

Paul Natterer

2008/2018

(1) Spezielle und allgemeine Relativität

Die Allgemeine Relativitätstheorie bringt auch die beschleunigte Bewegung von Körpern und die Schwerkraft unter das Dach der relativistischen Auffassung von Raum und Zeit. Sie tut dies unter **Preisgabe der zentralen Lehrsätze der speziellen Relativitätstheorie** wie (i) der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und (ii) der auf geraden Linien, Lichtstrahlen und stabilen Inertialsystemen beruhenden Minkowski-Welt. Auch (iii) Zeitdehnung und Längenkontraktion werden nicht mehr auf den relativen Bewegungszustand des Beobachters zurückgeführt, sondern auf die Massenverteilung des Weltraums und (iv) mit der Materie bzw. dem Kraftfeld als absolutem, Raum und Zeit formendem Bezugssystem und/oder der ontologisierten Raumzeit als deren Produkt wird der Äther in veränderter Form als unverzichtbar wieder eingeführt. Die spezielle Relativität wird nun zu einer Theorie minimaler Grenzbereiche ohne Gravitationskräfte. **Anhänger wie Kritiker der Relativitätstheorie sehen daher die beiden Relativitätstheorien auch systemimmanent als kaum kompatibel an.** Im Ergebnis und praktisch ist die Einstein'sche Gravitationstheorie der allgemeinen Relativität mit der klassischen Newton'schen Theorie allerdings identisch außer in exotischen Grenzbereichen extrem starker Felder und mit annähernder Lichtgeschwindigkeit bewegter Körper.

(2) Thesen der allgemeinen Relativitätstheorie

Hier zunächst die wichtigsten Aussagen der allgemeinen Relativitätstheorie nach deren eigenem Selbstverständnis, ohne in eine kritische Diskussion einzutreten.

Die entscheidenden Eckdaten, auf die es in der allgemeinen Relativität ankommt, sind erstens die Gleichwertigkeit von **Beschleunigungskraft** (= Trägheitskraft bei ungleichförmig beschleunigter Bewegung) und **Schwerkraft**. Oder anders gesagt: die Identität von **träger** und **schwerer** Masse.

- Man kann also sagen, dass die enormen Beschleunigungskräfte in einer Zentrifuge oder bei einer Rakete eine Form künstlicher Schwerkraft sind. Raketenmotoren etwa müssen einen gleich großen Schub erzeugen, gleichgültig ob es sich um eine mit der Kraft a beschleunigte Rakete ohne Schwerefeld handelt oder um eine ruhende Rakete im Schwerefeld der Kraft a . Im ersten Fall dient die Schubkraft der Beschleunigung; im zweiten Fall verhindert sie das Fallen im Schwerefeld.

- Oder: In Bezug auf Licht haben beide Kräfte nach der Theorie dieselben drei Wirkungen: (a) Sie **verlangsamen** die Lichtgeschwindigkeit. (b) Sie **krümmen** den Lichtstrahl. (c) Sie **verringern** die Frequenz der Lichtwellen.
- Das zweite wichtige Ergebnis ist, dass das Wesentliche der Schwerkraft nicht deren Existenz selbst ist, da man sie nach den Annahmen genauso gut zur Beschleunigungskraft rechnen könnte. Das Wesentliche der Schwerkraft in der realen Welt ist ihre **Ungleichmäßigkeit** (Inhomogenität), wie sie im Fall von Gezeitenkräften (auch eine Form von Schwerebeschleunigung) beobachtet werden kann.
- Diese Ungleichmäßigkeiten oder Verzerrungen oder Krümmungen kann man durch keine Änderung des Bezugssystems herausfiltern. Ein Bezugssystem ist wie eine Karte der Welt, in die Ereignisse eingetragen werden. Und wie bei der Projektion der 3-dimensionalen Erdkugel auf eine 2-dimensionale Weltkarte Maßstabsverzerrungen nicht zu vermeiden sind, ebenso gilt dies für die raumzeitliche Bahn, die Weltlinie von Körpern, etwa der Erde, im Weltraum.
- Die Weltlinie der Erde ist ein langgestreckte Schraubenlinie. Sie entsteht aus dem Zusammenspiel von Flugrichtung und Geschwindigkeit des Sonnensystems (mit der Erde) und der Pendelbewegung durch die Drehung der Erde um die Sonne. Die Krümmung dieser Schraubenbewegung hängt von der Geschwindigkeit der Bewegung des Sonnensystems (mit der Erde) ab: Je langsamer die Geschwindigkeit, desto größer die Krümmung. Diese räumliche Bahnkurve hängt nicht von der Masse des Körpers ab, der sie durchläuft, sondern von der Krümmung der raumzeitlichen Bahn.
- Das heißt, die Struktur der raumzeitlichen Weltlinie vergrößert oder verringert die räumliche Bahn des Körpers: Die jeweilige Struktur der Geometrie der Raumzeit wirkt wie ein positiv oder negativ beschleunigendes Kraftfeld, das auf die Bahn des Körpers einwirkt und zwar völlig unabhängig von der Masse und Beschaffenheit dieses Körpers. Ein häufig gebrauchter Vergleich ist die kürzeste, direkte Bahn eines Flugzeugs um die gekrümmte Kugeloberfläche der Erde, sagen wir von Frankfurt am Main nach Johannesburg in Südafrika. Jedes Flugzeug gleichgültig welcher Größe und welchen Typs muss aus geometrischen Gründen derselben gekrümmten Bahn auf dem entsprechenden Längengrad der Erde folgen. Man nennt diese Bahn geodätische Linie.
- Der dritte wichtige Punkt ergibt sich aus den Vorherigen: Woher kommt die Krümmung der Weltlinie, z.B. der Schraubenlinie der Erde? Denn der völlig leere kräftefreie Raum hätte die Krümmung 0, wie eine glatte Flüssigkeitsoberfläche. **Krümmungen** entstehen nach unserer Theorie durch **Masse und/oder Energie**, die die ursprüngliche Glätte und Gleichförmigkeit stören. Eine kugelförmige Masse, etwa ein Stern, hat auf den Raum eine ähnliche Auswirkung wie ein Strohhalme auf die Flüssigkeitsoberfläche, die durch ihn trompetenförmig eingedrückt oder heraufgezogen wird.
- Zu dieser Krümmung oder Verformung des Raums durch Masse kommt eine weitere Wirkung beschleunigter Massen: Wie eine beschleunigte elektrische Ladung ein sich ablösendes Wellenfeld erzeugt, die elektromagnetische Strahlung, so erzeugen in der allgemeinen Relativitätstheorie beschleunigte Massen sogenannte Gravitationswellen oder **Gravitationsstrahlung**. Was ist, wenn die Masse und damit das Schwerefeld etwa eines Sterns immer mehr anwächst? Muss dann nicht die davon ausgehende Verzerrung oder Krümmung des Raumes auch immer größer werden? Das ist, so die Theorie, der Fall und kann im Extremfall so weit gehen, dass der Raum sich in sich zurückkrümmen muss. Was man dann vor sich hat, ist ein berühmtes sogenanntes schwarzes Loch.
- Muss weiterhin dann nicht von einem so extrem massereichen Körper eine gigantische Schwerkraft = Beschleunigungskraft ausgehen, die in seiner Nähe alles bis nahe an Lichtgeschwindigkeit beschleunigt? Auch das ist nach der Theorie der Fall. Wir haben

bereits festgestellt, dass bei Lichtgeschwindigkeit der Raum gegen 0 schrumpft und die Zeit in einer ewigen Gegenwart stillsteht. Heißt das in unserem jetzigen Zusammenhang, dass sich eine solche konzentrierte Sternmasse aus Raum und Zeit verabschiedet und sich aus unserer Welt abschnürt? Auch dies ist der Fall. Man nennt dies den **Gravitationskollaps** und das, was jenseits unseres Weltzusammenhangs bleibt oder entsteht eine **Punktsingularität**. Dennoch bleibt ein solches schwarzes Loch indirekt etwas vom Wirkungsmächtigsten im Universum, durch seine riesige Schwerkraft. Es schluckt alle Materie, die in seinen Bannkreis gerät, indem es diese auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Die Röntgenstrahlung, Hawking-Strahlung genannt, die diese Materie zuletzt ausstößt wird ihr **γ -Todesschrei** genannt.

Wie kaum ein anderes Thema sind die letztgenannten Schwarzen Löcher geradezu ein Inbegriff für Astro- und Elementarteilchenphysik geworden. Zugleich zeigen sie, wie hypothetisch, kontrovers und veränderlich die Auffassungen und Lehrstücke der modernen Physik sind. Stephen Hawking etwa, in den 1970er Jahren ein Vordenker der Schwarzen Löcher, spricht sich seit 2014 gegen ihre Existenz aus: [Es gibt keine Schwarzen Löcher](#). Andere Forscher sehen dies inzwischen auch so: [Existieren Schwarze Löcher gar nicht?](#) Vgl. dazu den nächsten Abschnitt.

(3) Klassische Reformulierung der Relativität

Die heute vorliegende astrophysikalische Datenbasis erlaubt — und erzwingt — die Feststellung, dass der sog. **Gravitationslinseneffekt**, eine zentrale Behauptung der allgemeinen Relativitätstheorie, als **falsifiziert** anzusehen ist. Dieser Gravitationslinseneffekt ist die oben angesprochene Krümmung von Lichtstrahlen (und Frequenzverringern von Lichtwellen) durch Masse bzw. Gravitation. Dasselbe gilt für den postulierten physikalischen Zusammenhang zwischen Materie, Masse, Gravitation einerseits und Licht, Strahlung und Elektromagnetismus andererseits: Eine **direkte Interaktion zwischen Schwerkraft und Elektromagnetismus** findet **nirgends** im plasmafreien Vakuumraum statt. Maßgeblich für die physikalische und mathematische Evaluation der entsprechenden Beobachtungsdaten ist Edward Jr. Henry Dowdye, ein renommierter Astrophysiker mit jahrzehntelanger experimenteller Expertise am NASA Goddard Space Flight Center, dem bedeutendsten Weltraum-Forschungszentrum der Welt. Im Fokus von Dowdyes Kompetenz stand die satellitengestützte, terrestrische und extraterrestrische Untersuchung, Messung und technische Nutzung der Wechselwirkung von Materie und Laserstrahlung.

Dowdye, der u.a. einen Abschluss in Atomphysik der Universität Heidelberg besitzt, hat darüber hinaus in Zusammenarbeit mit der mathematisch-naturwissenschaftlichen Spitzenuniversität Deutschlands, dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), eine alternative Theorie für die Beobachtungsdaten entwickelt, welche nach dem Urteil amerikanischer und internationaler Fachkollegen der allgemeinen und auch speziellen Relativitätstheorie mathematisch und denkökonomisch überlegen ist. Mathematiker und Physiker der Universität Karlsruhe haben am Institut für angewandte Mathematik 2003 dieses neue Paradigma mit dem Autor diskutiert, seine „[Homepage](#) und Bücher studiert“ und „dazu auch einen *workshop* veranstaltet, um im Kreis erfahrener Physiker die Ausführungen von Herrn Dowdye zu püfen“ „mit folgendem Gesamtergebnis“:

„Die mathematischen Formeln der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) sind durch die Arbeiten von Herrn Dowdye regelrecht mathematisch und physikalisch auf völlig unabhängigen Wegen und sogar auf der elementaren Basis der Euklidischen Geometrie und der Galileischen Raum-Zeit-Invarianz bewiesen worden. Das ist eine geniale nobelpreisverdächtige Leistung, denn damit ist ein (von Einstein so sehnlich gesuchter) **Zugang zur Erklärung der ‚relativistischen Effekte‘ allein nur mit den Mitteln der Galileischen Raum-Zeit-Physik und des Heuygen’schen Wellenprinzips** gelungen.

Im ersten Eindruck wird man versucht sein anzunehmen, daß das doch damit zu einem Widerspruch zur SRT führen müßte. Doch das genial Elegante an diesem Dowdye’schen Weg ist, daß er die mathematischen Aussagen der SRT voll und ganz bestätigt, zugleich aber zeigt, daß die bisherigen physikalischen Interpretationen unnötig kompliziert und eigentlich wirklichkeitsfremd waren. Die Beweisgänge von Dowdye

zeigen, daß die **relativistischen Effekte durch bekannte Welleneigenschaften in galileischen Koordinaten wirklichkeitsnah erklärt und beschrieben** werden können, was dann zu denselben Formeln der SRT führt. Man kann es auch so sagen: Die SRT gilt, wurde aber unter nicht zulässigen physikalischen Annahmen hergeleitet, dagegen gibt es eine physikalische Herleitung, die dann allerdings die **Galileische Welt im Euklidischen Raum** zugrundelegen muß.“ (Universität Karlsruhe, Institut für angewandte Mathematik, Prof. Dr. E. Kaucher, 15.05.2003)

Die Experten für angewandte Mathematik des Karlsruher Instituts für Technologie haben diese Evaluation während zwei Jahren 2007 und 2008 auf Postgraduierten- und *Undergraduates*-Ebene institutionalisiert und vertieft und das Vorwort zu Dowdys Hauptwerk *Discourses and Mathematical Illustrations pertaining to the Extinction Shift Principle under the Electrodynamics of Galilean Transformations*, kurz: *Extinction Shift Principle* (³2012) beigesteuert:

„Herr Dowdye leistet eine Pionierarbeit, die eine weitere Revolution [in der physikalischen Sicht der Natur] entweder bereits ausgelöst hat oder zumindest bald auslösen wird. Je früher diese **neue und elegante Sicht der Natur des Lichtes, der elektromagnetischen Wellen und der Gravitation** sich etabliert haben wird, desto früher kann das astrophysikalische Weltbild aber auch die Atomforschung wesentlich korrigiert und jeweils technisch verbessert werden [...]

Einstein würde entzückt sein, wenn er die von Dowdye entwickelte **enorm vereinfachte und euklidisch-galileisch mathematisch mögliche Beschreibung aller** (ausnahmslos aller) **Aussagen und Formeln der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie** lesen würde [...] Eine Einstein zufriedenstellende Beschreibung der Phänomene war damals noch nicht sichtbar, z.B. in Form einer klassischen Verbindung von Raum und Zeit. Streng genommen war die vierdimensionale Raum-Zeit-Ereigniswelt ein mathematischer Kunstgriff, um die Paradoxie der Konstanz der (effektiven) Lichtgeschwindigkeit beschreiben zu können. Es ist und wäre aber widersinnig und gegen Einsteins Intentionen, diese mathematische Beschreibung als naturnahe Beschreibung anzusehen.“ (Dr. Edgar Kaucher, Institut für angewandte Mathematik, Technische Universität Karlsruhe)

Eine erste Orientierung über das in Rede stehende Paradigma bietet ein Interview der *Epoch Times* mit Dr. Dowdye vom 19. Juni 2014: Ehemaliger NASA-Physiker ficht Einsteins Relativitätstheorie an: „Viele Beobachtungen durch Astronomen zeigen, dass der **Gravitationslinseneffekt in Wirklichkeit nicht existiert**, wie er in der Relativitätstheorie beschrieben wird. Diese sagt eine Ablenkung von Lichtstrahlen voraus, wenn sie die Gravitationsfelder schwerer kosmischer Objekte passieren. Wenn die Relativitätstheorie an dieser Stelle scheiterte, würde es ihr im Grunde genommen den Teppich unter den Füßen wegziehen“:

„Die Relativitätstheorie [beschreibt] den Gravitationslinseneffekt [wie folgt]: Das **Gravitationsfeld massiver Objekte**, wie Sterne und Planeten, **krümmt vorbeilaufende Lichtstrahlen**. Als Teil der Relativitätstheorie existiert die Idee der Raum-Zeit. Raum und Zeit sind demnach miteinander verbunden. Da das Gravitationsfeld nahe der Oberfläche [massiver Objekte] stärker ist, vergeht die Zeit dort langsamer, wodurch sich **Licht nahe der Oberfläche langsamer** bewegt als weiter entfernt davon. Dies resultiert in eine Krümmung der Bahn des Lichts, das am Objekt vorbeiläuft. Je schwerer das Objekt ist, desto stärker wird das Licht abgelenkt.“

„Das sei aber nicht das, was tatsächlich passiert, so Dowdye. Über die mit Hubble aufgenommenen lichtschwachen Objekte sagt er, dass die beobachteten **Effekte im Infraroten und Ultravioletten sowie im Bereich des sichtbaren Lichts verschwinden**. Aber laut der Relativitätstheorie müssten die Effekte für alle Lichtfrequenzen gelten.“

Dowdyes Erklärung des tatsächlichen astrophysikalischen Phänomens: „Ein Temperaturgradient existiert, wenn sich über eine gegebene Strecke die Lufttemperatur ändert. Die heiße Luft ist weniger dicht als die kühle Luft. Die Photonen (Lichtteilchen) nehmen beim Fallen durch die **Schichten verschiedener Dichte** einen **gekrümmten Weg** zwischen der Sonne und dem Auge des Betrachters. Wir glauben, Licht bewegt sich entlang gerader Linien, aber tatsächlich wählt es den Pfad, der am wenigsten Zeit kostet. Deshalb scheint [z.B. bei einer Fata Morgana] die Luft in der Wüste zu flimmern und in Bodennähe kann man den Effekt von Wellen oder kräuselndem Wasser beobachten.“

„Große Gravitationsgradienten existieren in der Nähe der Oberfläche von massiven Objekten, wie unserer Sonne. Dort kann Lichtkrümmung beobachtet werden. Das bedeutet, die **Gravitationsfeldstärke** ändert sich entlang einer vorgegebenen Strecke und verursacht ein **Gradienten-Profil**, das auf die **Plasma-Atmosphäre der Sonne** wirkt. So wie das Temperaturgefälle auf der Erde die Luftspiegelungen durch Luftdichte-Änderungen bewirkt, wirkt das Gravitationsgefälle auf das Plasma an der Sonnenoberfläche [...] Das Licht wird durch das Plasma gekrümmt und folgt seinem idealen Weg entlang dem Gravitationsgradienten.“

„Ein weiterer ... Punkt ist, dass dieser Linseneffekt nur im Plasma zu passieren scheint. Diese Substanz, Plasma, war zu Einsteins Tagen praktisch unbekannt. Wir haben keine Hinweise auf Lichtablenkung um massive Objekte, ohne dass Plasma involviert ist. **Gravitationslinsen funktionieren nicht über die Krümmung der Raum-Zeit im Gravitationsfeld**, wie es die Relativitätstheorie beschreibt, so Dowdye. Es geht um den **Einfluss des Gravitationsfelds auf das Plasma entlang eines Gradienten**; das Plasma wirkt sich wiederum auf den Weg aus, den das Licht nimmt.“

„Nach der Relativitätstheorie sollte sich Licht überall, wo Gravitation existiert, krümmen. Wenn Gravitation um ein Objekt herum existiert, das über kein Plasma verfügt, sollte sich das Licht nach der Relativitätstheorie dennoch krümmen. Dies geschieht aber nicht [...] **Linseneffekte um Schwarze Löcher**, wie sie in Lehrbüchern gezeigt werden [gibt] es in Wirklichkeit gar **nicht** [...] Es können keine solche Effekte beobachtet werden, wenn man einen Stern hinter einem Schwarzen Loch vorbeiziehen sieht.“

Weiterführende Literatur zur allgemeinen Relativitätstheorie: Meschede, D. (Hrsg.) (2002 [²⁵2015]) *Gerthsen Physik*, 21. Aufl., Berlin / Heidelberg / New York et al., Kap. 17; Reichenbach, H. (1920) *Relativitätstheorie und Erkenntnis-Apriori*, Berlin; und ders. (1928) *Die Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Berlin; Einstein, A. / Infeld, L. (1938) *The Evolution of Physics*, Cambridge [dt.: *Die Evolution der Physik*, Reinbek bei Hamburg 1995]; Werkmeister, W. H. (1975) Kant's Philosophy and Modern Science. In: *Kant-Studien* 66, 35—57; Theimer, W. (1977 [TB 2005]) *Die Relativitätstheorie. Lehre. Wirkung. Kritik*, Bern; Janich, P. (1980) *Die Protophysik der Zeit*, Frankfurt / M.; Van Benthem, J. F. A. K. (1983) *The Logic of Time: a Modal-theoretic Investigation into the Varieties of Temporal Ontology and Temporal Discourse*, Dordrecht; Gloy, K. (1984) Die Kantische Differenz von Begriff und Anschauung und ihre Begründung. In: *Kant-Studien* 75, 1—37; Mittelstaedt, P./Strohmeyer, I. (1990) Die kosmologischen Antinomien in der Kritik der reinen Vernunft und die moderne physikalische Kosmologie. In: *Kant-Studien* 81, 145—169; Born, M. (2003) *Die Relativitätstheorie Einsteins*, 7. Aufl. Berlin/Heidelberg/Oxford [¹1920]; Kane, G. (2003) Neue Physik jenseits des Standardmodells. In: *Spektrum der Wissenschaft* 9/2003, 26—33; Carrier, M. (2009) *Raum-Zeit*, Berlin/New York; Elsfeld, M. (2011) *Einführung in die Naturphilosophie*, 2. Aufl. Darmstadt, Kap. 4, 30—46; Dowdye, E. H. (2012) *Discourses and Mathematical Illustrations pertaining to the Extinction Shift Principle under the Electrodynamics of Galilean Transformations*, 3. Aufl. Greenbelt, MD.