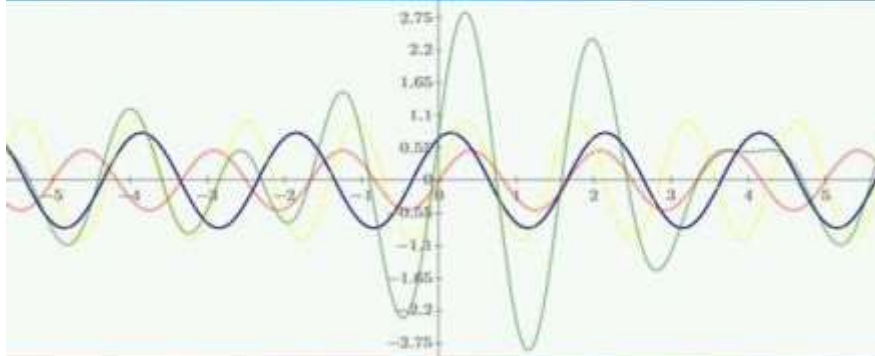


*Walter Orlov*

# Etablierte Theorien der Physik gegen R e a l i t ä t



2. Auflage

# Inhalt

---

Vorwort

Zirp von LIGO

Lichtablenkung am Sonnenrand

Täuschung mit den Gravitationslinsen

Äquivalenzprinzip: Abgekupfert und falsch erweitert

Periheldrehung der Merkurbahn

Evolution des Relativitätsprinzips von Einstein

$E = mc^2$  widerlegt Einsteins Relativität

Synchrotronstrahlung und Lorentz-Transformationen

Gemalte Felder der Relativitätstheorie

Zeitdehnung bestätigt eher Äthertheorie

Unsicherheit radioaktiver Datierung

Alter der Spiralgalaxien

Rotationskurven und Dunkle Materie

Erfundener Welle-Teilchen-Dualismus

Lichtquanten und Photoeffekt

Krumme Wege

Literatur

# Vorwort

---

In diesem Buch habe ich versucht, möglichst sparsam zu mathematischen Mitteln zuzugreifen. Die Fachleute wollen sowieso nicht, meine Überlegungen nachvollzuziehen. Eine noch relativ harmlose Reaktion ist dabei:

„Ich habe ehrlich keine Ahnung, was du mir sagen willst... Um ehrlich zu sein, interessiert es mich allerdings auch nicht besonders.“

Die Kenntnisse in der Schulmathematik werden aber vorausgesetzt. Wer doch ein Interesse an ausführliche Herleitungen mathematischer Gleichungen hat, kann in meinen früheren Publikationen nachschauen, die im Internet unter Adresse <http://www.walter-orlov.wg.am/publikationen/> frei zu Verfügung stehen.

Die Geschichte zeigt, dass man immer das beweisen kann, was man gern will, ohne dabei signifikante Beweise in der Hand zu haben. Besonders betrifft dies die Allgemeine Relativitätstheorie. Als eigentlicher Beweis gilt nicht so das Experiment, sondern mehr die Theorie selbst. Sie beweist sich quasi von allein, experimentelle Ergebnisse sollen sich zufügen.

Es ist es ja zu schade, dass die Aufklärungswerte zurzeit so hinterhältig mit Füßen getreten werden. Etablierte Physik hat für jeden Sonderfall, der aus der Reihe der allgemein anerkannten Vorstellungen tanzt, eine Krücke gefunden – es gab ja genug Zeit dafür. Wenn ich jetzt sage: Diese Deutung ist weithergeholt und einfach falsch, und zeige, warum es so ist, wollen die Meisten die Problematik gar nicht verstehen. Die Autorität etablierter Theorien ist viel stärker als offensichtliche Logik. Nichtsdestotrotz gebe ich nicht auf.

In erstem Kapitel werden wir uns gleich mit letzter wissenschaftlicher Sensation – direktem Nachweis von den Gravitationswellen – befassen. Dabei wird ersichtlich, dass die Methode der Anpassung von den stark verstreuten Messdaten zu theoretischen Vorlagen im Rahmen allgemeiner Relativitätstheorie eine langjährige Tradition hat. In darauffolgendem Kapitel wird die Vorgeschichte detailliert erläutert.

In weiteren Kapiteln werden theoretische Prinzipien der Relativitätstheorie angegriffen. An praktischen Beispielen wird gezeigt, welche Kluft zwischen relativistischen Vorhersagen und experimentellen Daten in Wirklichkeit liegt.

Danach werden kosmologische Probleme wie von Dunkler Materie oder vom Alter des Universums behandelt. Zum Schluss wird noch die Lichtquanten-Hypothese angekratzt.

# Zirp von LIGO

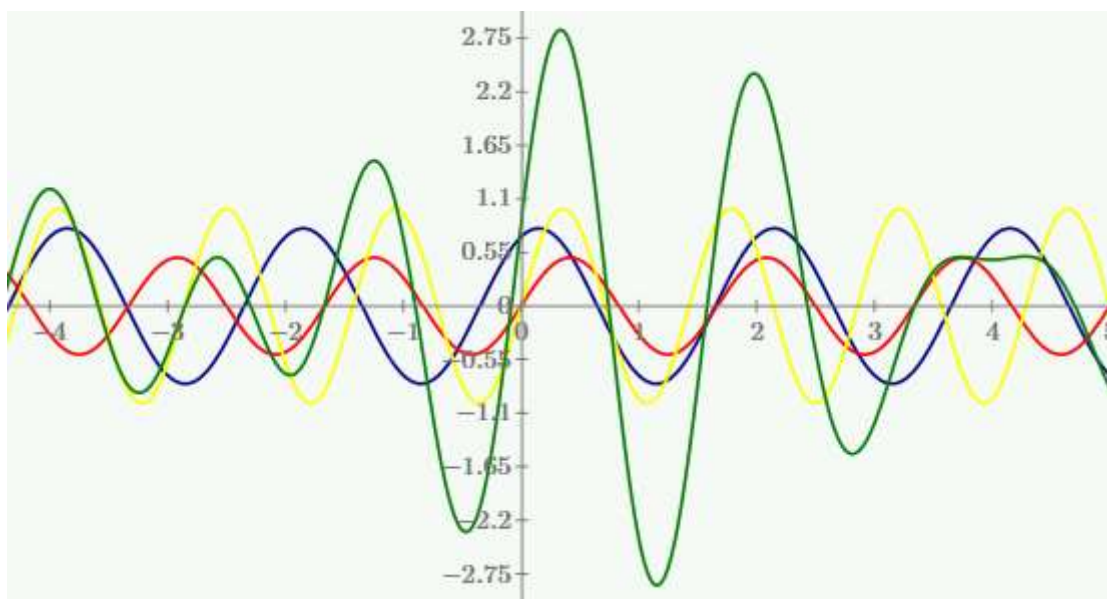
---

Zu erstem Mal sollten die Gravitationswellen am 14.09.2015 von Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) direkt registriert werden [1]. Das Ereignis bekam den Namen GW150914. Es handelt sich um ein ca. 0.2s-kurzes Signal. Eine passende Simulation numerischer Relativitätstheorie ergab, dass dessen Ursache eine Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher in der Entfernung von über 1.3 Milliarde Lichtjahren sein soll.

Eigentlich hätte man von LIGO etwas anders erwartet als nur ein „Zirp“. Zwar hätte man über deutlich viel längere Aufzeichnungen der Gravitationswellen gefreut. Es gibt aber eine Erklärung parat [2]:

„Die beiden Schwarzen Löcher haben sich wohl bereits Millionen, wenn nicht gar Milliarden von Jahren umkreist. Die meiste Zeit haben sie langsam rotiert. Erst als sie sich so nahe gekommen waren, dass sie sich etwa 15 Mal pro Sekunde umkreisten, haben sie für Ligo messbare Gravitationswellen mit einer Frequenz von 30 Hertz abgestrahlt.“

Ferner geht man allerdings davon aus, dass es nicht nur ein Paar Schwarzer Löcher gibt. Eigentlich soll es von den Gravitationswellen, die die LIGO-Detektoren passieren, einfach wimmeln. Dies würde aber zwangsläufig zu Überlagerungen führen, deren Amplituden die ursprünglichen Amplituden um das Mehrfache übersteigen und somit messbar sein könnten. Zum Beispiel, grüne Linie stellt die Summe der drei anderen dar:



Darüber hinaus sollten die LIGO-Detektoren in regelmäßigen Abständen solche Wellenberge aufgezeichnet haben. Davon wird aber nichts berichtet.

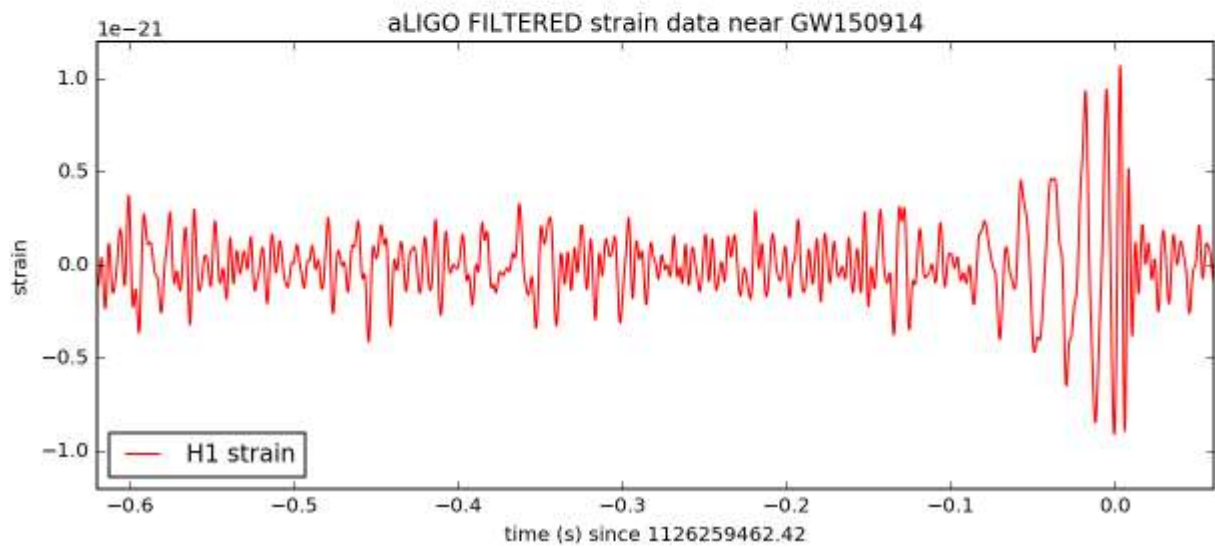
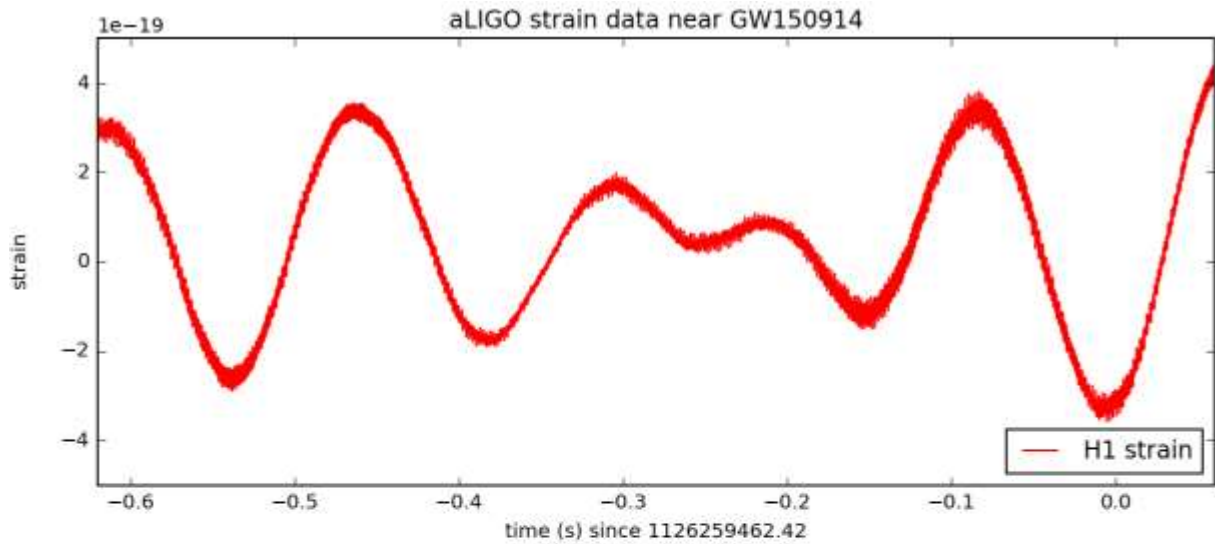
Laut [4] kann es sich aber bei GW150914 nur um ein „echtes astrophysikalisches Ereignis“ handeln. Man spricht von einer Signifikanz von 5.1 Sigma. Umgerechnet zu konkretem Fall der Detektoren-Aufzeichnungen heißt das, dass per Zufall so ein Ereignis nur einmal in 200 Tausend Jahren registriert werden kann.

Selbstverständlich bekommt man den Eindruck und so wird es auch gewollt, dass so ein Ereignis erst nach 200 Tausend Jahren auftreten kann. Das vermittelte Gefühl ist aber täuschend. Als zufällig kann ein Ereignis im allgemein schon gleich, schon in nächster Sekunde passieren, gleichgültig wie unwahrscheinlich es ist. Die Signifikanz über 5 Sigma gibt den Forschern quasi eine Versicherung, dass sie auf dem richtigen Weg sind. Doch das angewendete Datenverarbeitungsverfahren selbst hat eine Macke.

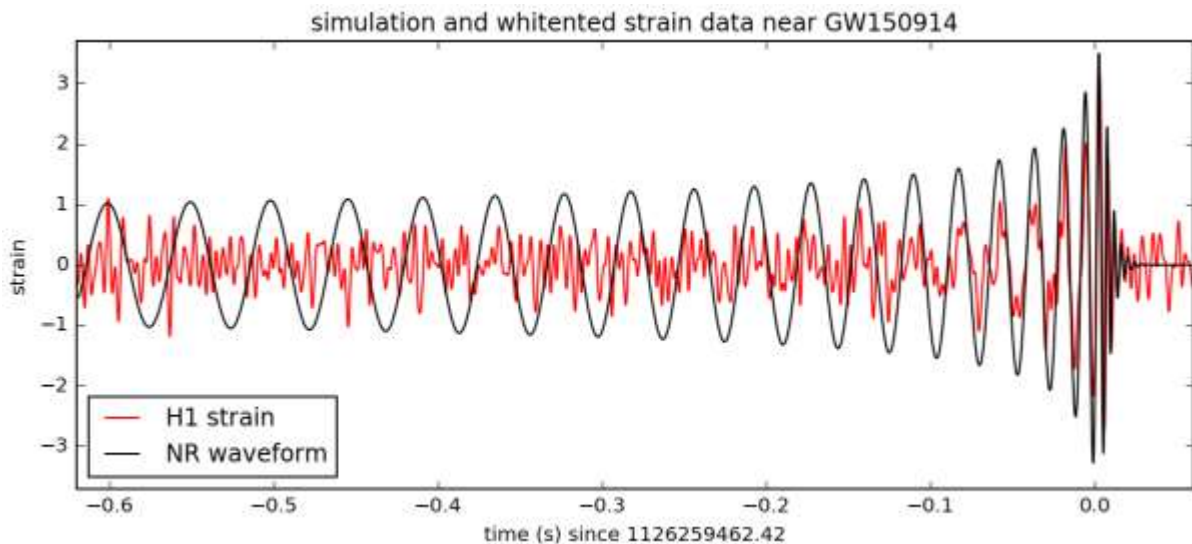
Die Webseite von LIGO Open Science Center (LOSC) [5] bietet gute Möglichkeit, die Messdaten des Ereignisses GW150914 nach allen Regeln an eigenem Computer zu analysieren.

Vor allem müssen die Rohdaten zuerst filtriert werden. In ursprünglicher Form weisen sie niederfrequente Schwingungen auf, die beinahe 1000 Mal stärker sind, als das Nutzsignal.

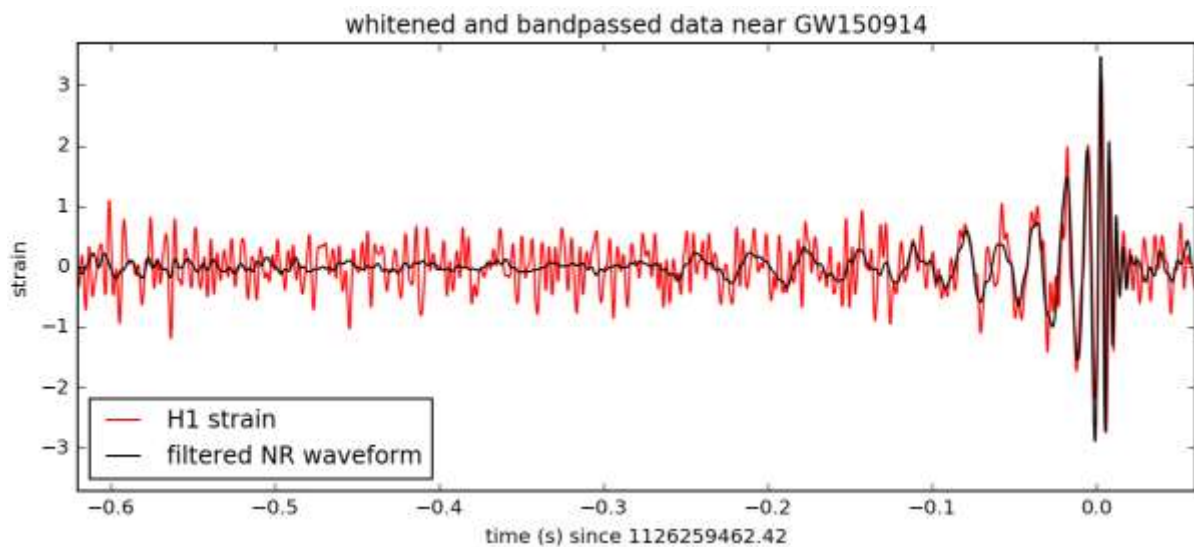
Außerdem sind sie mit einem hochfrequenten Rippel belastet. Nächste Abbildung zeigt am Beispiel von Aufzeichnungen des LIGO-Detektors in Hanford, wie schlimm die Lage anfangs ist und was schließlich verwendete Datenverarbeitung bringt.



Allerdings, versucht man jetzt das bearbeitete Signal direkt mit der Simulation numerischer Relativitätstheorie zu vergleichen, sieht man gleich eine deutliche Diskrepanz.



Besonders der linke Bereich fällt auf: Während die Simulationskurve schon starke Schwingungen aufweist, ist das Nutzsignal im Rauschen noch nicht zu erkennen. So kann man keine wirkliche Übereinstimmung feststellen. Wo ist der Fehler? – Durch Filtration wurden nicht nur die Störungen unterdrückt, sondern auch das Signal selbst geändert. Man braucht also, die Daten numerischer Simulation, genauso wie die Rohdaten, auch zu filtern, damit der Vergleich berechtigt wird. Abbildung unten zeigt in diesem Fall eine offensichtliche Übereinstimmung.



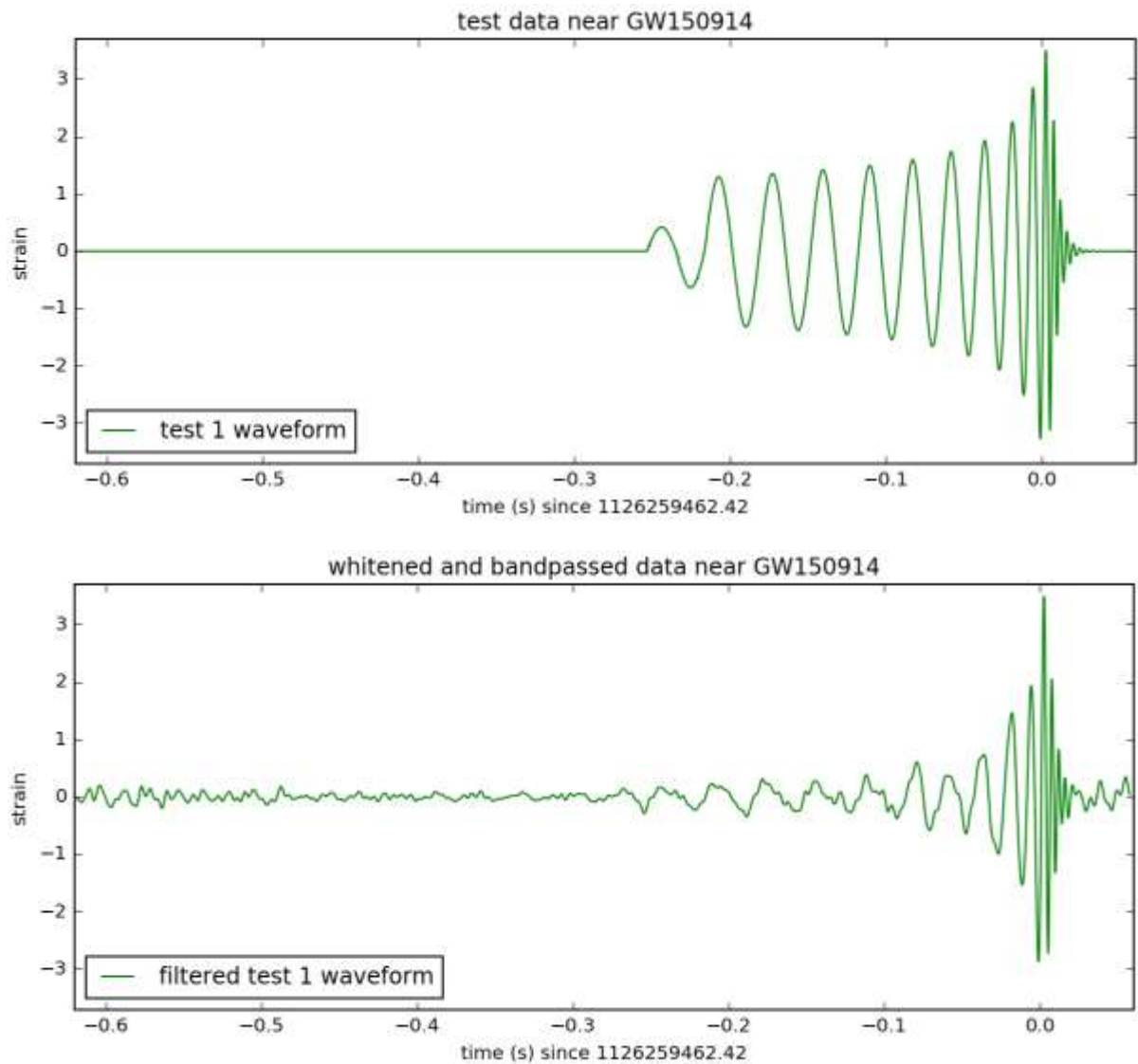
Deshalb war die Freude der Forscher sehr groß, als sie diese Übereinstimmung sahen. Der Fund wurde zu einer Sensation. Allerdings ist der letzte Schritt auch gleichzeitig eine schwache Stelle der Datenverarbeitung.

Eigentlich fehlt es an einer Rücktransformation, die erlaubte, aus gefilterter Vorlage originale Vorlage wiederherzustellen. Sonst ist relativistischer Ursprungs des Signals nicht eindeutig belegt.

Wenn wir uns letzte Abbildung wieder anschauen, stellen wir fest, dass sich die Vorlage in linker Hälfte durch die Datenverarbeitung praktisch zu einer Gerade degradiert hat. Und aus einer Gerade einen Sinusoid wieder zu bekommen, ist offensichtlich das Ding der Unmöglichkeit. Darüber hinaus ist hier die Rücktransformation einfach unmöglich.

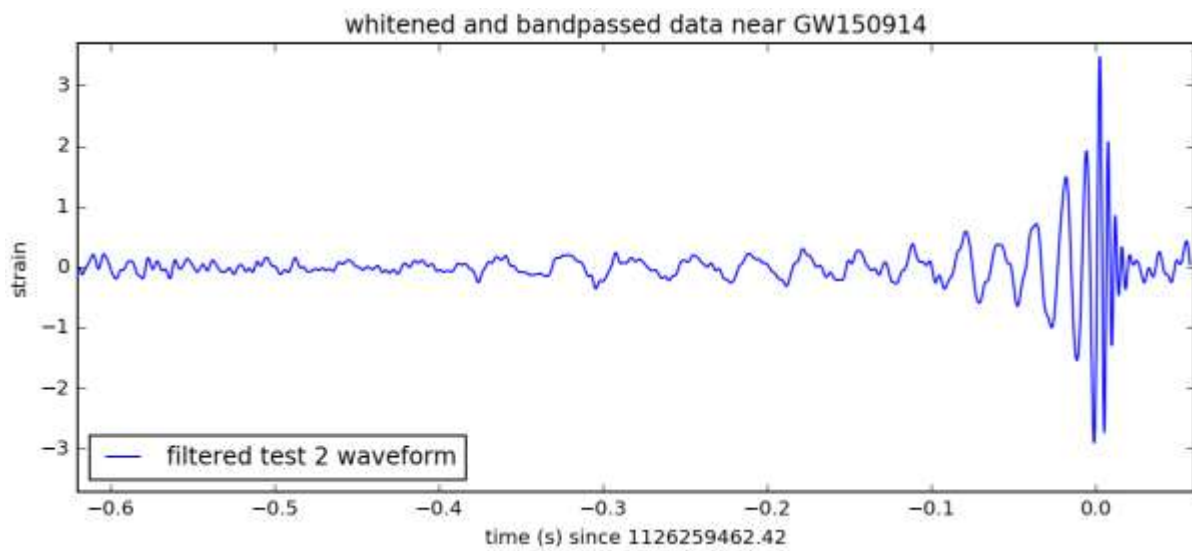
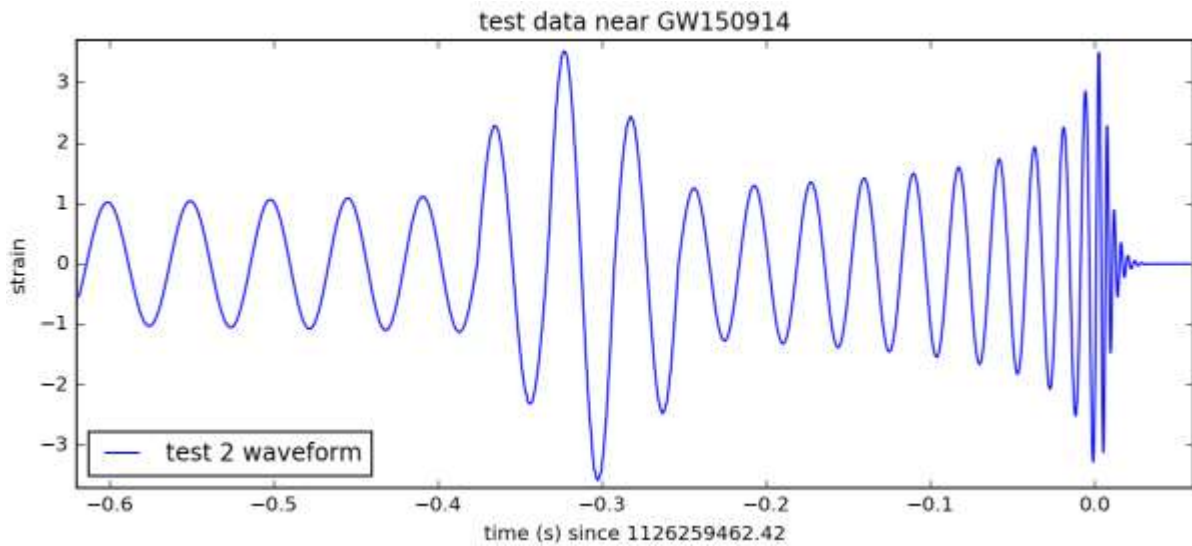
Ferner kann die Vorlage eine abweichende Form haben, nichtdestotrotz wird dieselbe Datenverarbeitung immer fast gleiche gefilterte Kurve als Ergebnis liefern. Dies wird mit nächsten Abbildungen verdeutlicht.



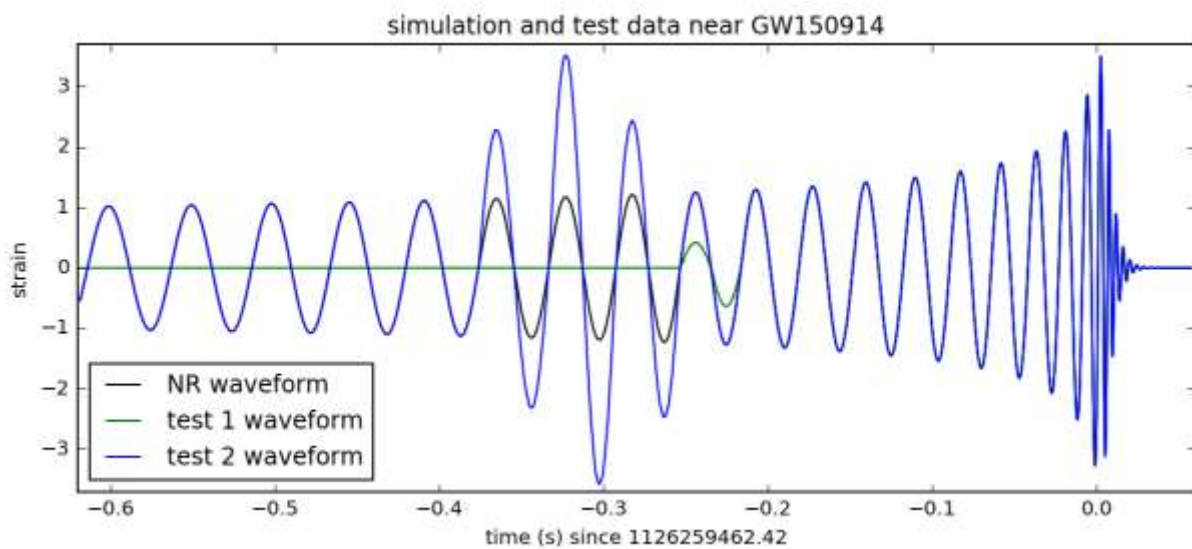


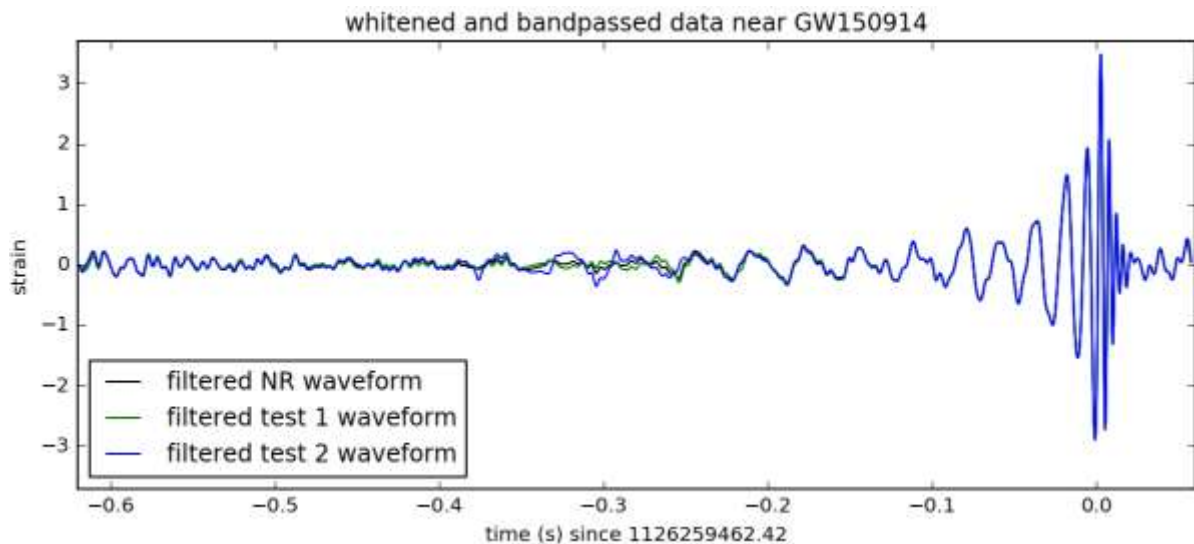
Zum Beispiel, kann der Anfang relativistischer Vorlage ohne weitere Konsequenzen auf die Null gesetzt werden, weil dieser für die Datenverarbeitung irrelevant ist.

Andersrum, ändert der Aufschwung vor dem Ereignis das Resultat der Filtration nur geringfügig, sodass zurückgebliebene zusätzliche Welligkeit den Rauschpegel wiederum nicht überschreitet.



Und noch eine Abbildung zeigt alle drei Kurven, die Simulation numerischer Relativitätstheorie einschließend, vor und nach der Filtration zusammen.





Im Bereich des eigentlichen Ereignisses, wo das maximale Signal-Rauschen-Verhältnis erreicht wird, fallen alle drei Kurven zusammen. Deshalb dürfen die zwei Test-Kurven für die Beschreibung des Ereignisses GW150914 genauso gut geeignet sein wie relativistische Kurve selbst.

Die Anzahl so geänderter Vorlagen kann offensichtlich unendlich viel sein. In dieser Hinsicht bleibt wirkliches Aussehen des ursprünglichen Signals im Grunde genommen unbekannt.

Die Problematik wird weiterhin bestehen, solange die Daten der Computersimulation vor dem Vergleich mit den Messdaten zusätzlich bearbeitet werden, wodurch eindeutige Entsprechung zwischen originalen Simulationsdaten und bearbeiteten Simulationsdaten verloren geht.

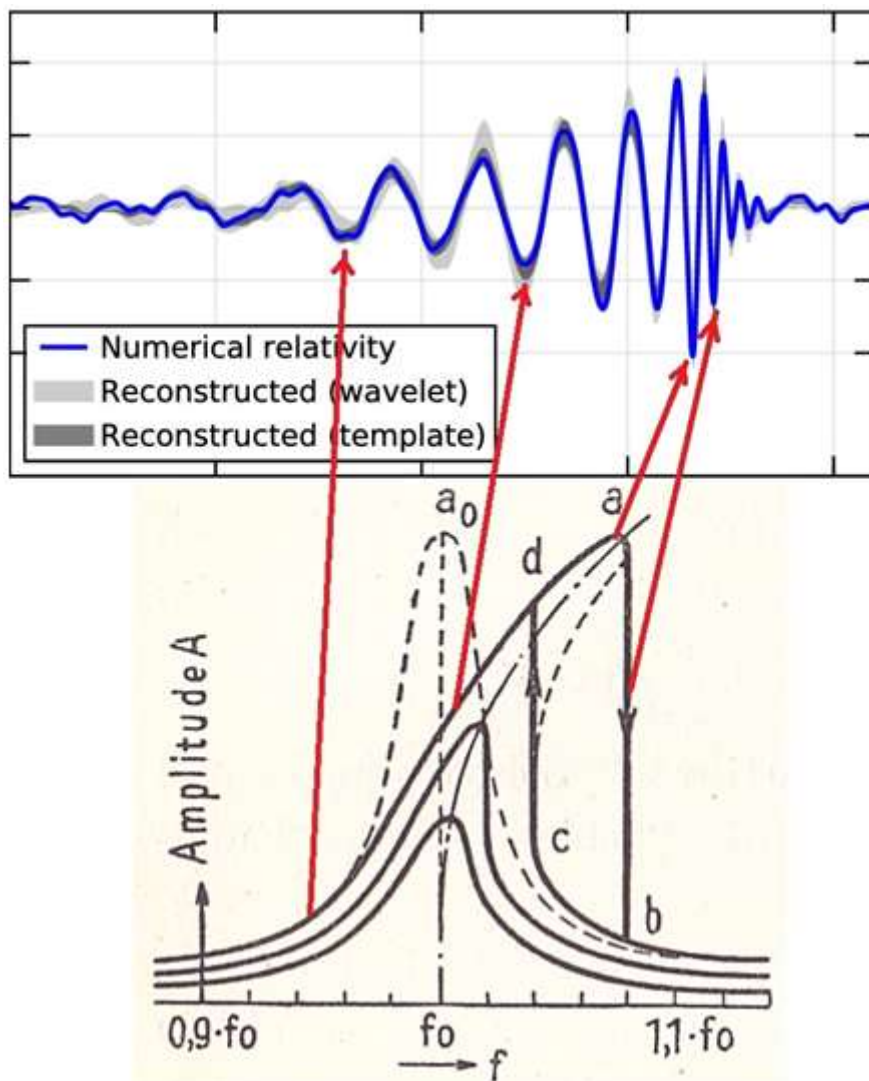
Praktische Lösung sieht so aus: Die Störungen sollen so weit unterdrückt werden, dass sich die Fittation der Daten erübrigt. Die Messdaten könnten dann mit der Simulation numerischer Relativitätstheorie direkt verglichen werden. Auf diese Weise würde schon ein unverkennbarer Beweis erbracht.

Ferner habe ich noch deswegen den Zweifel, dass es sich um echtes kosmisches Ereignis handeln sollte, weil der Augenblick der angeblichen Verschmelzung von Schwarzen Löchern einem Schwingungsphänomen sehr ähnelt. Bei der Entrümpelung eines alten Bücherschranks habe ich das Buch „Einführung in die Schwingungslehre“ von Dr. H. Barkhausen [6] zum Glück nicht weggeworfen. Dort ist unter anderem eine sogenannte Kipperscheinung beschrieben, die bei unsymmetrischer Resonanz auftreten kann.

„Nimmt man bei stärkerer Erregung Resonanzkurven, d.h. die Amplituden  $A$  in Abhängigkeit von der Frequenz  $f$  der erregenden Kraft auf, so erhält man oft

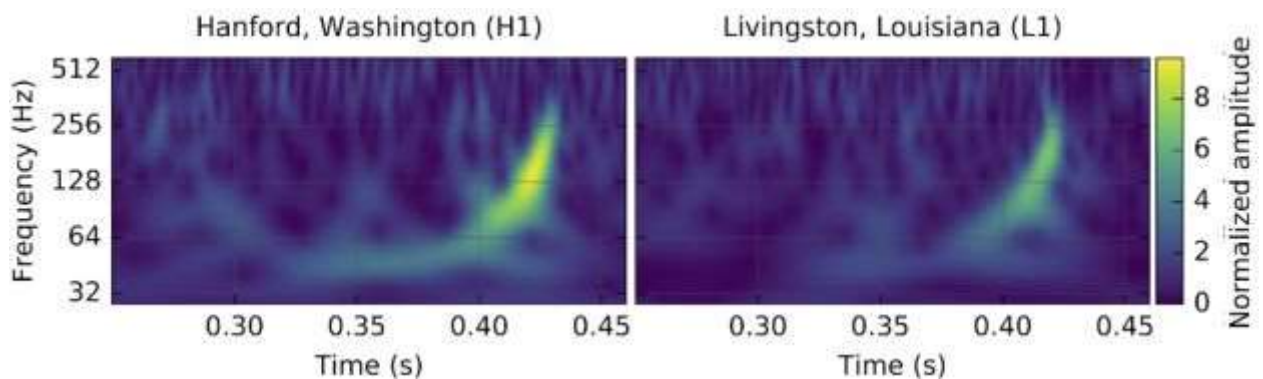
unsymmetrische, verbogene Resonanzkurven. Bei noch stärkerer Erregung treten sprunghafte Änderungen auf. Z.B. sinkt die große Amplitude  $a$  bei einer ganz kleinen Steigerung der Frequenz ganz plötzlich bis auf den kleinen Ausschlag  $b$  zusammen.“

Und genau solch ein Verhalten beobachten wir bei Messkurven der Gravitationswellendetektoren. Ich habe die Abbildung aus dem Buch mit dem LIGO-Ereignis zusammengefügt und mit roten Pfeilen auf Übereinstimmungen hingedeutet.

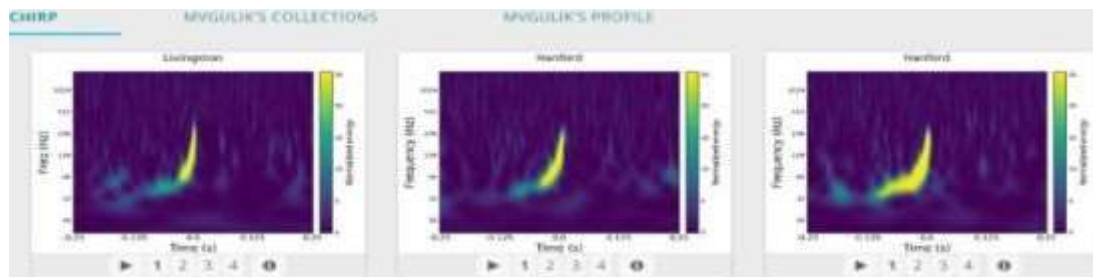


Man kann sogar sagen, dass es sich durchaus um ein Paradebeispiel der Kipperscheinung handeln könnte. Ferner, um die Laien mit der Wissenschaft in Berührung zu bringen, wurde extra wissenschaftliche Plattform „Gravity Spy“ gegründet [7]. Die Freiwilligen sollen die Störungen, die Glitches, die in den

Aufzeichnungen von den LIGO-Detektoren vorkommen, katalogisieren. Als Arbeitswerkzeug werden die Spektrogrammen eingesetzt. Grob geschätzt sind es 475 Kollektionen mit 10-12 Glitches, also insgesamt rund 5000 Glitches... und ca. 100 davon sehen den anerkannten Gravitationswellen-Signalen verblüffend ähnlich. So sind die Spektrogrammen des Ereignisses GW150914



und so, zum Vergleich, die Spektrogrammen von drei sogenannten Chirps



Rund 100 Chirps aus dem Gravity Spy Katalog scheinen herrenlos, einzeln zu sein, also, keinen Partner von anderem Detektor zu haben... Wie kann es aber sein, dass die Gravitationswellen einen Detektor passieren und den anderen verpassen? Es sei denn, dass diese 100 Chirps nur Glitches, also, lediglich die Störungen sind, die unabhängig von einander in jedem Detektor auftauchen können. Und wenn sie fast gleichzeitig in beiden Detektoren erscheinen, soll es auf einmal heißen, dass sie einen kosmischen Ursprung haben? Die LIGO-Mitarbeiter sind wohl sehr sehr übermutig.

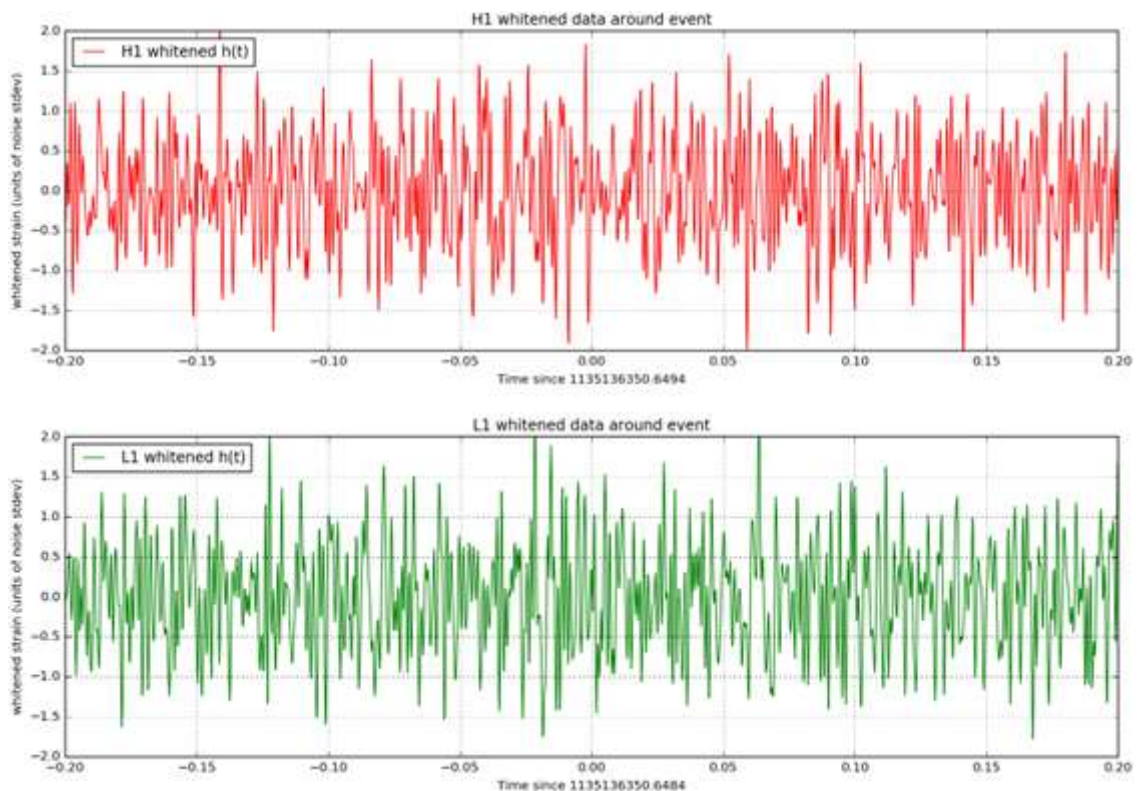
Eigentlich habe ich die ganze Zeit gehofft, dass das Scheitern mit der Registrierung von den Gravitationswellen die Physiker zur Besinnung anregt... Doch sie haben sich offensichtlich anders überlegt. Sie griffen schließlich nach

gleicher Methode, die schon gleich am Anfang für die Bestätigungen Allgemeiner Relativitätstheorie und zwar bei der Beobachtung der Lichtablenkung am Sonnenrand angewendet wurde.

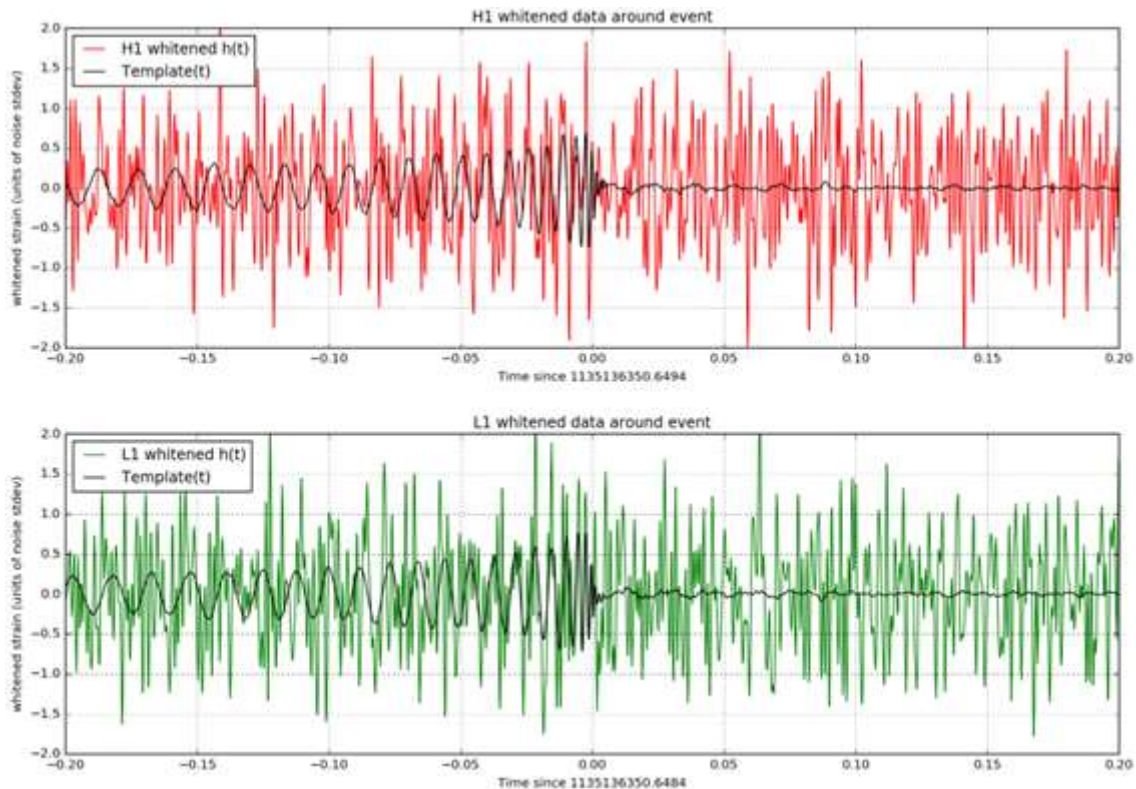
Man nahm die wild verstreuten Messpunkte und machte die Aussage über quasi versteckte Gesetzmäßigkeit. Mithilfe der Wahrscheinlichkeitslehre berechnete man danach den Fehler, der eigentlich beliebig groß sein dürfte, denn am Ende zählte sowieso nur die Aussage: Beobachtungen liefern theoretische Werte. Somit war die Theorie bestätigt. Dass dabei auch radikal andere Gesetzmäßigkeiten zu verschmierter Verteilung sogar mit kleinerer Abweichung passten, wurde schlicht verschwiegen.

Die Geschichte wiederholt sich. Anstatt definitiv erkennbare Raumzeitschwingungen zu präsentieren, suchen die Forscher nach bestimmten Mustern im Rauschen. Man berechnet unterschiedliche Verschmelzungsvorgänge und schaut, welche von ihnen zu den Anomalien am besten passen. Und so auf einmal wird die Existenz sowohl von Schwarzen Löcher als auch von Gravitationswellen bestätigt. Phantasie ich?

Betrachten wir zweite Gravitationswelle GW151226 [8]. Betrachten wir sogar nicht die Rohdaten, sondern bearbeitende „whitened data“. Also, raten wir mal, wo das Signal versteckt ist:



„Ausgefuchste Computeralgorithme von LIGO“ haben aber ein folgendes Signal identifiziert (schwarze Linie):



Man kann also relativistische Vorlagen so stark und so oft filtern, bis sie schließlich zu jedem Rauschen passen würden. Dass die LIGO-Leute dies noch ernst meinen, ist einfach bedauerlich.

Aber prinzipiell können sie ihr Ding nämlich so durchziehen. Hie und da, ab und zu, wird es wieder zu unerwarteter Unregelmäßigkeiten in den Aufzeichnungen der Detektoren kommen. Wieder werden sie als Folge der Verschmelzung von Schwarzen Löchern gedeutet. Überprüfen kann man das sowieso nicht. Man kann also für unerreichbare kosmische Entfernungen von Millionen bis hin zu über eine Milliarde Lichtjahren alles Mögliche behaupten. Auf diese Weise werden die Ereignisse eher von irdischer Herkunft auf den Himmel projiziert, im Prinzip, genauso wie es die Astrologen früher mit der Erfindung vom Tierkreis gemacht haben.

Laut Meldungen sollte LIGO-Team einen Doppelten Nachweis erbracht haben:  
1. Direkte Messung von Gravitationswellen; 2. Bestätigung der Existenz von Schwarzen Löchern.

Aus meiner Sicht gehört doppelt aber eher in Nenner als in Zähler, also, bei doppeltem Nachweis handelt es sich in Wirklichkeit sozusagen um einen halben Nachweis. Ein normaler, d.h. echter und einfacher Nachweis (bzw. Beweis) ist

durch keine Glieder bedingt, die erst selbst experimentell nachgewiesen (bzw. bewiesen) werden sollen.

Im Fall LIGO kann man bei gemessener Kurve von Gravitationswellen reden, wenn sie durch Verschmelzung zweier Schwarzen Löcher erzeugt wurden. Gibt es sie aber wirklich? Im Grunde genommen ist die Existenz von Schwarzen Löchern lediglich eine theoretische Annahme.

Wie lange wollen die Physiker diese Pseudoforschung noch betreiben, ist schwer zu schätzen. Wie gesagt, ich habe erwartet, dass sie schon jetzt aufhören, nun hat es sich gerade so herausgestellt, dass sie es lieber stur weitermachen. Dann kann man nur mit dem Kopf schütteln.



# Lichtablenkung am Sonnenrand

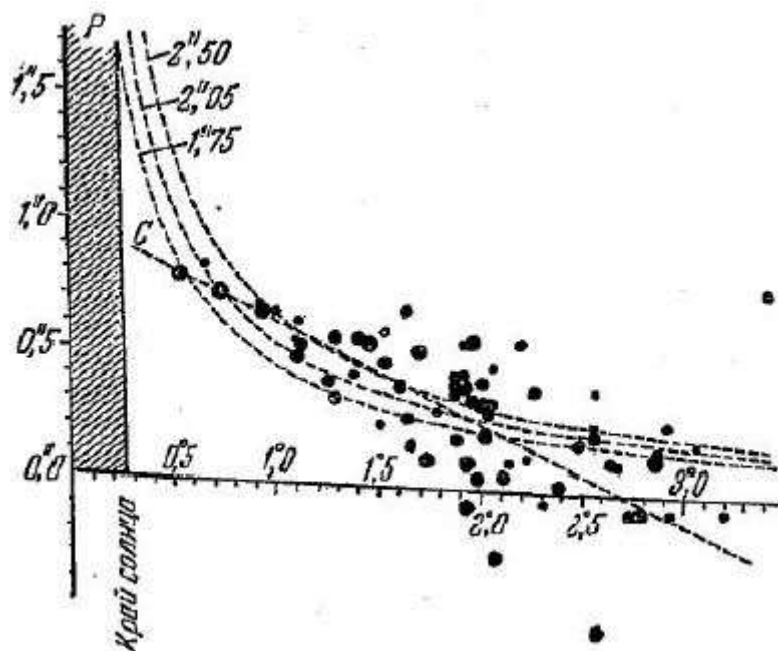
---

Man spürt eine gewisse Begeisterung, wenn manche Physiker über triumphierenden Aufstieg der Relativitätstheorie berichten.

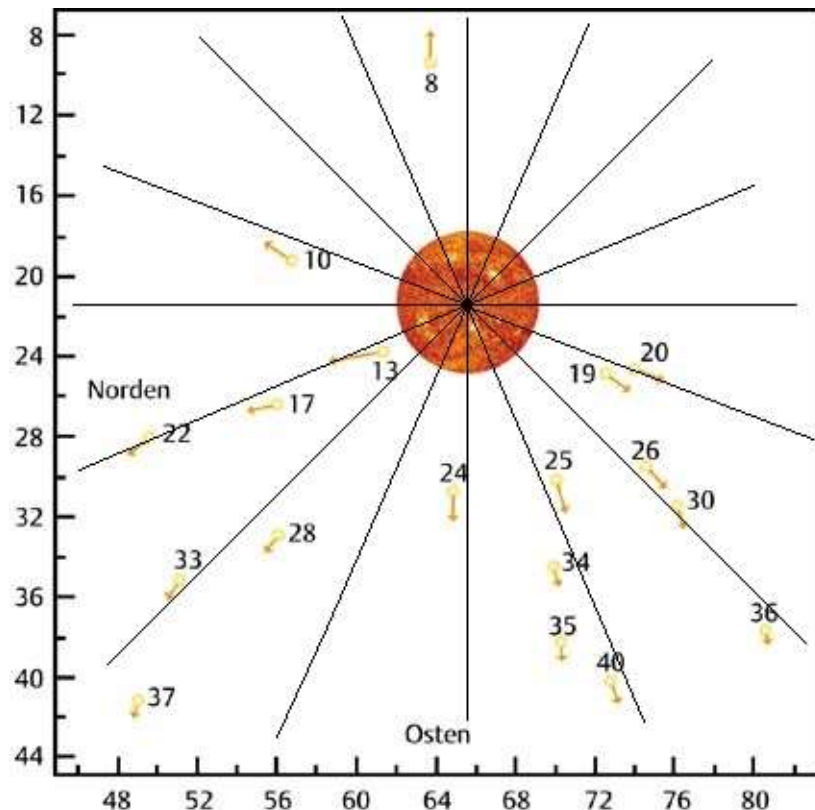
„Der erste erfolgreiche Versuch, die gravitationsbedingte Lichtablenkung zu messen, fiel in das Jahr 1919... Die Auswertung zeigte, dass das Sternenlicht tatsächlich abgelenkt worden war, und zwar in einem Maße, die mit den Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie, nicht aber mit den auf der Newtonschen Physik basierenden Rechnungen vereinbar war. Dieses Ergebnis erregte großes Aufsehen, machte Einstein über Nacht weltbekannt und führte dazu, dass er der bislang einzige Wissenschaftler ist, für den jemals eine Konfetti-Parade ("ticker-tape parade") auf dem New Yorker Broadway abgehalten wurde.“ [9]

Aber auch viele Jahre später blieb das Zweifel, ob beobachtende Lichtablenkung an der Sonne Allgemeine Relativitätstheorie wirklich bestätigt. Das Hauptproblem besteht darin, dass die Messergebnisse so stark verstreut sind, dass nicht nur relativistische Kurve zu ihnen passt.

1956 zeichnete Mikhailov in seiner Arbeit [10] das folgende Diagramm und meinte dabei, dass bei der Auswertung der Beobachtungsergebnisse auch eine einfache Gerade ganz gut abschneidet.



Außerdem findet keine rein radiale Verschiebung der Sterne statt. Das nächste Bild zeigt beobachtende Änderung der Position der Sterne während Sonnenfinsternis Potsdamer Expedition 1929 [11]. In das Bild habe ich extra Geraden aus dem Sonnenzentrum heraus nach außen gezeichnet. Vielleicht mit einer Ausnahme von Nummern 20, 28, 34 und 40 zeigen restliche Verschiebungsvektoren mehr oder weniger zur Seite.



Wenn die Lichtablenkung allein durch die Gravitationskraft verursacht wäre, könnte man davon ausgehen, dass die Verschiebung der Sterne streng radial stattgefunden hätte.

Da es aber nicht der Fall ist, kann man nicht ganz ausschließen, dass die Brechung des Lichtes in der Sonnenkorona zu gesamtem Bild beiträgt. Die Unregelmäßigkeiten in der Sonnenkorona, etwa durch die Verwirbelungen, könnten durchaus seitliche Verschiebungen bedingen.

Ferner nicht nur Einstein interessierte sich für die Lichtablenkung am Sonnenrand. Manche anderen Forscher machten eigene Voraussagen. Deshalb ist es nicht verkehrt, wenn wir einen Vergleich machen.

Als Datenbank wird für uns das Diagramm aus der Arbeit [12] dienen. Das ist deshalb möglich, weil dort ziemlich präzise Darstellung der Messergebnisse von drei Expeditionen 1919, 1922 und 1929 zu finden ist. Hohe Qualität originaler Abbildung erlaubt die Koordinaten der Messpunkte genau zu bestimmen. Insgesamt sind es 99 Messpunkte. Für kostenlose mathematische Software „FreeMat“ können sie als zwei Vektoren gefasst werden.

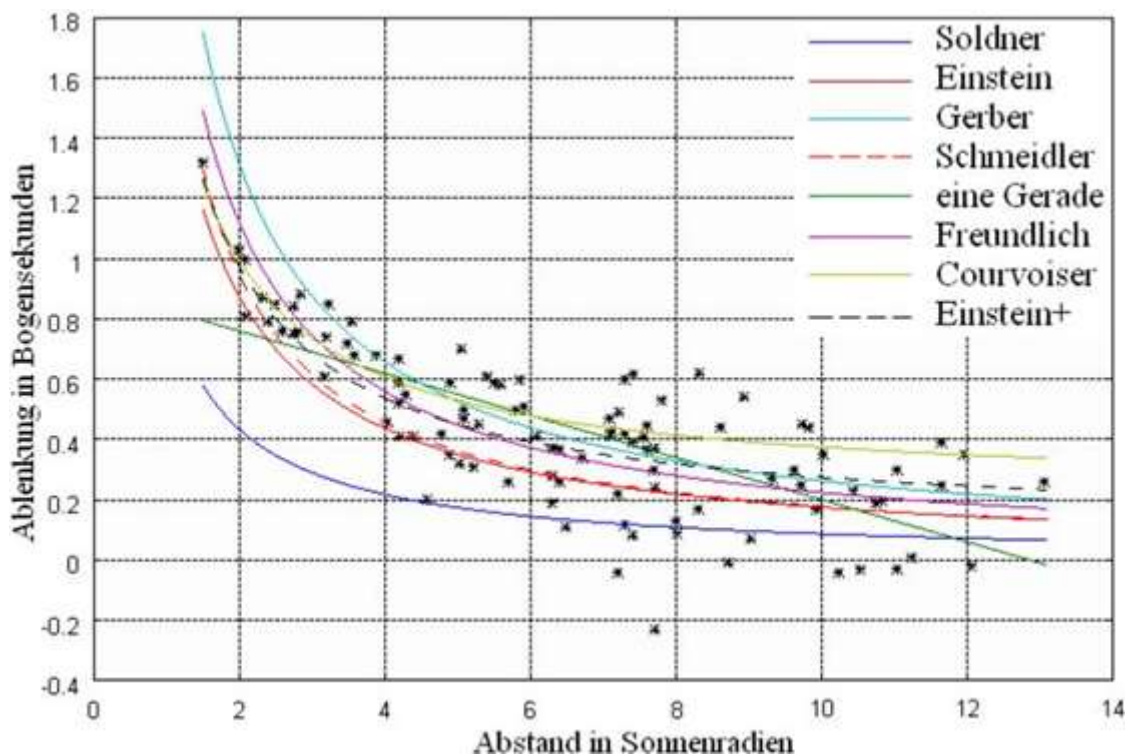
Der erste gibt den Abstand an

$x = [1.5 \ 1.99 \ 2.08 \ 2.09 \ 2.32 \ 2.4 \ 2.49 \ 2.6 \ 2.75 \ 2.75 \ 2.8 \ 2.84 \ 3.17 \ 3.19 \ 3.24 \ 3.49 \ 3.54 \ 3.58 \ 3.89 \ 4.03 \ 4.19 \ 4.19 \ 4.19 \ 4.2 \ 4.29 \ 4.39 \ 4.58 \ 4.78 \ 4.89 \ 4.89 \ 5.03 \ 5.04 \ 5.08 \ 5.09 \ 5.21 \ 5.28 \ 5.4 \ 5.5 \ 5.59 \ 5.69 \ 5.79 \ 5.85 \ 5.9 \ 6.09 \ 6.29 \ 6.29 \ 6.3 \ 6.4 \ 6.4 \ 6.49 \ 6.7 \ 7.09 \ 7.09 \ 7.1 \ 7.2 \ 7.2 \ 7.21 \ 7.3 \ 7.3 \ 7.3 \ 7.4 \ 7.4 \ 7.41 \ 7.55 \ 7.6 \ 7.6 \ 7.7 \ 7.71 \ 7.71 \ 7.71 \ 7.8 \ 7.99 \ 8.01 \ 8.31 \ 8.31 \ 8.61 \ 8.72 \ 8.92 \ 9.02 \ 9.31 \ 9.61 \ 9.72 \ 9.73 \ 9.82 \ 9.92 \ 10.02 \ 10.23 \ 10.43 \ 10.52 \ 10.73 \ 10.82 \ 11.03 \ 11.03 \ 11.23 \ 11.64 \ 11.64 \ 11.95 \ 12.04 \ 13.05];$

und der zweite die dazugehörige Verschiebung der Sterne

$y = [1.32 \ 1.03 \ 1.0 \ 0.81 \ 0.87 \ 0.79 \ 0.85 \ 0.76 \ 0.75 \ 0.84 \ 0.76 \ 0.88 \ 0.61 \ 0.74 \ 0.85 \ 0.72 \ 0.79 \ 0.68 \ 0.68 \ 0.46 \ 0.67 \ 0.59 \ 0.52 \ 0.41 \ 0.55 \ 0.41 \ 0.2 \ 0.42 \ 0.35 \ 0.59 \ 0.32 \ 0.7 \ 0.47 \ 0.5 \ 0.31 \ 0.45 \ 0.61 \ 0.59 \ 0.58 \ 0.26 \ 0.5 \ 0.6 \ 0.51 \ 0.41 \ 0.28 \ 0.19 \ 0.37 \ 0.37 \ 0.26 \ 0.11 \ 0.34 \ 0.47 \ 0.41 \ 0.43 \ -0.04 \ 0.22 \ 0.49 \ 0.6 \ 0.42 \ 0.12 \ 0.08 \ 0.39 \ 0.62 \ 0.41 \ 0.45 \ 0.37 \ 0.3 \ 0.37 \ 0.24 \ -0.23 \ 0.53 \ 0.13 \ 0.09 \ 0.62 \ 0.17 \ 0.44 \ -0.01 \ 0.54 \ 0.07 \ 0.27 \ 0.3 \ 0.25 \ 0.45 \ 0.44 \ 0.17 \ 0.35 \ -0.04 \ 0.23 \ -0.03 \ 0.19 \ 0.2 \ 0.3 \ -0.03 \ 0.01 \ 0.39 \ 0.25 \ 0.35 \ -0.02 \ 0.26];$

Zusammen mit theoretischen und empirischen Kurven ergibt sich folgendes Bild.



„Einstein+“ ist eine Näherung von mir. Intuitiv erriet ich, dass der relativistischen Approximation quasi ein „Offset“ fehlt. Ein Tick höher – nur 0.1" ( " = Bogensekunde) – und sie gehört schon zu den Besten.

„Soldner“ stellt klassische Hyperbel dar. Sie wurde von Soldner 1801 hergeleitet [13] und wird durch einfache Formel beschrieben:  $0.87''/r$ , wobei  $r$  der Abstand von der Sonne in Sonnenradien ist. Die Kurve liegt abseits und gibt die Verteilung offensichtlich nicht wieder. Man kann aber noch die Lichtbrechung in der Sonnenkorona in Betracht ziehen. In dieser Hinsicht ist die Formel von Courvoisier interessant.

„Courvoisier“. 1932, ausgehend von der Annahme, dass die Lichtablenkung allein durch die Lichtbrechung bedingt ist, unternahm Courvoisier den Versuch, die passende empirische Formel zu finden. Laut seiner Rechnung hatte die Summe quadratischer Abweichungen minimalen Wert für  $1.55''/r + 0.22''$  [14]. Andererseits ist Courvoisiers Formel teils hyperbolisch, d.h. sie kann wiederum als Zusammenspiel von Lichtablenkung nach klassischer Mechanik und Beugung der Lichtstrahlen in der Sonnenkorona verstanden werden:  $0.87''/r + [0.68''/r + 0.22'']$ .

„Einstein“ hat einen doppelten gegenüber dem klassischen Zähler:  $1.75''/r$ .

„Freundlich“ ist empirische Hyperbel von den Autoren der Arbeit, die wir als Datenquelle benutzen [12]:  $2.24''/r$ . Zur Begründung schrieben sie: „Man sieht ganz unverkennbar, daß die theoretische (untere) Hyperbel von den Werten nicht dargestellt wird.“ Unter „theoretische (untere) Hyperbel“ wurde relativistische Hyperbel gemeint. Deshalb schlugen sie eigene (obere) Approximation vor (siehe das vorherige Originaldiagramm).

„Gerber“ ist auch eine Hyperbel:  $2.63''/r$ . Sie wurde von Roseveare 1982 [15] aufgrund der Gravitationsgleichungen, die Paul Gerber 1898 publiziert hatte [16], hergeleitet. Zwar stimmte Gerbers Formel für die Periheldrehung der Planeten mit der von Einstein, die er erst 18 Jahre später im Rahmen seiner Allgemeinen Relativitätstheorie hergeleitet hatte, dafür fiel aber die Lichtablenkung in 1.5 Mal größer aus.

„Schmeidler“: 1985 systematisierte Felix Schmeidler die Resultate vorheriger Beobachtungen und stellte fest, dass in nächster Nähe von der Sonne – näher als 5 Sonnenradien – wächst die Größe der Lichtablenkung merklich schneller, als Allgemeine Relativitätstheorie voraussagt. Deshalb schlug er eine empirische Korrektur vor. Seine Abhängigkeit lautet  $1.75''/r + 0.3''/r^2$  [17].

„eine Gerade“ ist eben nur eine Gerade.

Visuell passen alle Kurven mit der Ausnahme von klassischer einigermaßen gut zu den stark verstreuten Messpunkten. Welche aus ihnen passt aber am besten? Um das herauszufinden, berechnet man üblicherweise die Summe quadratischer Abweichungen:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2$$

Je kleiner ist sie, desto besser gibt testende Funktion

$$f(x)$$

reale Verteilung  $y$  wieder. Ergebnisse sind in nächster Tabelle präsentiert.

| Platzierung | Autor       | Abhängigkeit         | Typ         | $S$    |
|-------------|-------------|----------------------|-------------|--------|
| 1.          | Freundlich  | $2.24"/r$            | empirisch   | 2.5776 |
| 2.          | Einstein+   | $1.75"/r + 0.1"$     | empirisch   | 2.5789 |
| 3.          | Schmeidler  | $1.75"/r + 0.3"/r^2$ | empirisch   | 3.1919 |
| 4.          | eine Gerade | $-0.07"r + 0.9"$     | empirisch   | 3.3288 |
| 5.          | Gerber      | $2.63"/r$            | theoretisch | 3.4613 |
| 6.          | Courvoisier | $1.55"/r + 0.22"$    | empirisch   | 3.4710 |
| 7.          | Einstein    | $1.75"/r$            | theoretisch | 3.4883 |
| 8.          | Soldner     | $0.87"/r$            | theoretisch | 10.923 |

Was wir herausgefunden haben, ist folgendes:

- Empirische Approximationen sind besser, das heißt, keine der Theorien beschreibt realen Vorgang ausreichend gut.
- Schlechter als relativistische Näherung ist nur klassische.
- Dass sogar eine einfache Gerade ganz gute Approximation liefert (drei Plätze über Relativitätstheorie), spricht für ziemlich schwache Aussagekraft dieser Art experimenteller Bestätigung überhaupt.

Selbstverständlich können die Anhänger der Relativitätstheorie erwidern: Das war damals, jetzt ist es aber alles genau zu Gunsten der Allgemeinen Relativitätstheorie gemessen. Dann schauen wir – wie.

Wenn heutige Forschungsberichte faktisch undurchschaubar sind, stolperte ich über eine Arbeit aus dem Jahr 1932: Robert J. Trümpler. Die Ablenkung des Lichtes im Schwerfeld der Sonne. Zeitschrift für Astrophysik, Vol. 4, p.208, 1932. Hier erkennt man noch die Hintergründe.

„Die Potsdamer Expedition zur Beobachtung der Finsternis vom 9. Mai 1929 hat kürzlich die Beobachtungsergebnisse der 8,5m-Horizontal-Doppelkamera bezüglich der Lichtablenkung im Schwerfeld der Sonne publiziert. Nach Berechnung der Autoren Freundlich, von Klüber und von Brunn ergeben diese Beobachtungen für die Lichtablenkung  $E$  am Sonnenrand den Betrag  $E = 2'',24 \pm 0'',10$  (m. F.), der wesentlich größer ist als der aus der allgemeinen Relativitätstheorie folgende Wert  $1'',75$ . Dieses Resultat widerspricht nicht nur der Theorie, sondern auch den an der Finsternis von 1922 gemachten Beobachtungen. Es erscheint daher notwendig, seine Ableitung einer sorgfältigen kritischen Prüfung zu unterziehen.“

Und nach einigen Manipulationen der Daten steht für Trümpler fest:

„Lichtablenkung am Sonnenrande  $E = 1'',75 \pm 0'',19$  (m. F.) Dieses Resultat ist mit der allgemeinen Relativitätstheorie völlig im Anklang und bestätigt die an den Finsternissen von 1919 und 1922 gemachten Beobachtungen. Der mittlere Fehler ist zwar durch die Hinzufügung einer neuen Unbekannten etwas angewachsen, erscheint aber in Anbetracht der unsymmetrischen Verteilung der Sterne und der vielen aus den Beobachtungen zu bestimmenden Instrumentalkonstanten recht befriedigend. Jedenfalls verdient das Resultat neben den bisherigen Beobachtungen dieses Effektes einiges Gewicht.“

Wir sehen also, dass schon damals, vor über 80 Jahren, die Beobachtungsergebnisse dann „einiges Gewicht“ bekamen, wenn sie den Vorhersagen Allgemeiner Relativitätstheorie genau entsprachen. Und wenn es nicht der Fall war, wurden die Daten so geschickt präpariert, dass am Ende jedoch gewünschte Übereinstimmung herauskam.

Trümpler erwähnte die Beobachtungsergebnisse der Sonnenfinsternis von 1922. Er nahm selbst an dieser Expedition teil. Zusammen mit Campbell berechnete er  $1.74''$ . Anscheinend hätte er seine zweifelhafte Methode schon damals ausprobiert, denn 1956 bearbeitete Mikhailov die Daten von derselben Expedition neu und gelang zu  $2.05''$  [10].

Ich denke, bevor wir weiter fortfahren, sind noch ein paar Bemerkungen zur Person Erwin Freundlich angebracht. Im Satz, den ich oben zitiert habe, meinte

er (zusammen mit zwei anderen Wissenschaftlern), dass die Relativitätstheorie durch die Beobachtungen nicht bestätigt worden sei. Das hat mich zuerst gewundert, denn er als Verfechter der Relativitätstheorie dargestellt wird. Und jetzt schreibt er irgendwas dagegen.

In Physik Journal wird sein Wandeln kurz erläutert [18]. Anfangs war er tatsächlich für die Relativitätstheorie sehr begeistert. Er wollte diese unbedingt experimentell beweisen. Doch scheiterte durch unglückliche Umstände (Krieg) seine Expedition 1914 in Krim. Und jetzt folgt das Zitat:

„Nun, da sich das Blatt zu Einsteins Gunsten gewendet hatte und dessen Relativitätstheorie anerkannt und bewundert wurde, vollzog Freundlich eine weitere Karriere schädigende Wendung. Denn die gemessenen Werte für die Rotverschiebung und die Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne lagen nicht im Rahmen dessen, was Einstein vorhersagte.“

Interessant ist in dieser Hinsicht die Reaktion von Einstein:

„Dieser meinte dazu in einem Brief an Born: Es ist eigentlich merkwürdig, daß die Menschen meist taub sind gegenüber den stärksten Argumenten, während sie stets dazu neigen, Meßgenauigkeiten zu überschätzen.“

In Grunde genommen ist das dasselbe, was ich bereits im Vorwort gemeint habe: Die Relativitätstheorie selbst ist quasi der erste und beste Beweis, jedenfalls wird es so in der Praxis gehandelt.

Es gib ein Strichwort: „Platon ist mein Freund und Aristoteles auch, meine liebste Freundin aber ist die Wahrheit!“ Für die Naturforscher sollte so eine Anstellung als vorbildlich angesehen werden. Die Autoritäten dürfen das Streben nach der Wahrheit nicht überschatten. Danach handelte auch Erwin Freundlich.

Zurück zu unserer Analyse. So stellt sich die Frage heraus: Was wurde eigentlich 1919 bei Konfetti-Parade auf dem New Yorker Broadway gefeiert, wenn noch 10 Jahre später ergab sich aus den Beobachtungen der Lichtablenkung an der Sonne gar keine Bestätigung für Allgemeine Relativitätstheorie? Auch 1956 beklagte Mikhailov völlige Unsicherheit in dieser Sache [10]. Schmeidler konnte 1985 die Diskrepanz in der Sonnennähe nicht einfach so ignorieren [17]. Da gab es bestimmt noch welche, die nicht wegschauen konnten. Doch die Mainstream-Gemeinde wollte wegschauen.

„Mit dem ESA Satelliten Hipparcos wurden zwischen 1989 und 1993 die Positionen von etwa 100 000 Sternen jeweils etwa 100 Mal vermessen. Dabei variierte der Winkel zur Sonne zwischen  $47^\circ$  und  $133^\circ$ . Die gemessenen Sternenpositionen stimmen nach Berücksichtigung der Bewegung der Sonne, der Sterne, der Erde und des Satelliten mit gravitativer Lichtablenkung durch die Sonne, wie sie die Allgemeine Relativitätstheorie vorhersagt, innerhalb der Meßgenauigkeit von 0.3% überein.“ [19]

Nun erinnern wir uns an Schmeidlers Grenze von 5 Sonnenradien und machen einfache Rechnung. Dem Sonnenradius entspricht  $16' = 0.27^\circ$ . Daher entsprechen dem Blickwinkel von  $47^\circ$  grob  $47^\circ/0.27^\circ = 176$  Sonnenradien und 176 Sonnenradien 35-mal größer als 5 Sonnenradien! In der Tat, um endlich eine vernünftige Bestätigung zu bekommen, hat man einfach weggeschaut.

Aber das ist nicht alles. Es gib mehr zu bemängeln. Warum wurde eigentlich jeder Stern 100 Mal vermessen? Normalerweise macht man das, um den Mittelwert bei stark verstreuten Messdaten zu ermitteln. Wahrscheinlich was es hier auch der Fall. Wie wurden dann die Daten verarbeitet? Oben habe meine Approximation „Einstein+“ vorgeschlagen. Sie schaffte sogar auf 2. Platz. Dabei habe ich bloß eine kleine stetige Verschiebung zu relativistischer Hyperbel zugefügt:  $1.75''/r + 0.1''$ . Bei einer Datenverarbeitung kann sie aber lediglich als systematischer Fehler abgetan werden und sieh da, man hat eine perfekte Übereinstimmung.

Ferner könnten wir hier sogar mit einer Unterschiebung zu tun haben. Anscheinend wurde die Raumkrümmung in Wirklichkeit nicht so bestätigt wie berücksichtigt.

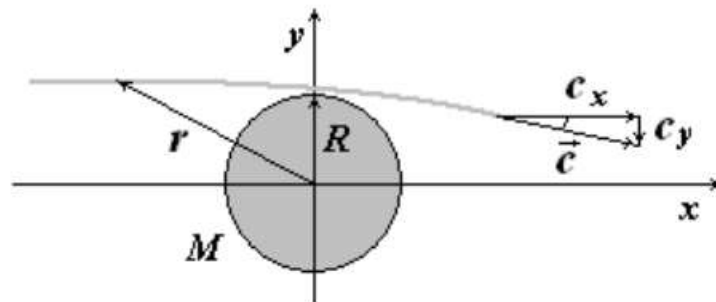
„Vor Hipparcos waren relativistische Effekte in der optischen Astrometrie nicht von Bedeutung. Hipparcos musste die Lichtablenkung an der Sonne berücksichtigen (nur die Sonne!) und die Lorentz-Transformation richtig machen. Hipparcos konnte deshalb das sogenannte isotropic coordinate system benutzen, das eine auf die Sonne zentrierte, sphärisch symmetrische Metrik beschreibt, und in dem der Lichtweg eines Photons im Sonnensystem eine Hyperbel ist.“ [20]

Ehrlich gesagt, möchte ich meinen Augen nicht trauen, als ich das gelesen habe. Unter Berücksichtigung wird eigentlich ganz anders gemeint als unter Bestätigung. Die Begriffe sind nicht einmal verwechselnd ähnlich. Da läuft wirklich was schief.



Zum Schluss möchte ich gern noch die Herleitung klassischer Formel zeigen. Sie ist einfach, wenn man die Angelegenheit nicht so streng physikalisch als Keplerproblem zum Finden der Bewegungsgleichungen, sondern eher geometrisch ansieht.

Nehmen wir an, dass sich der Lichtstrahl zunächst nur in  $x$ -Richtung ausbreitet. Durch die Anziehung der schweren Masse bekommt sein Geschwindigkeitsvektor noch die  $y$ -Komponente. Das Verhältnis der  $y$ -Komponente zum Betrag gesamter Geschwindigkeit wird uns den Ablenkungswinkel liefern (Abbildung).



Die Änderung der  $y$ -Komponente der Lichtgeschwindigkeit beträgt:

$$dc_y = g_y dt$$

Währenddessen sind

$$g_y = G \frac{M R}{r^2 r}$$

und

$$dt = \frac{dx}{c} = d \frac{\sqrt{r^2 - R^2}}{c} = \frac{r}{c \sqrt{r^2 - R^2}} dr, x \geq 0$$

Und wieder zusammen

$$dc_y = G \frac{M R}{r^2 r} \cdot \frac{r}{c \sqrt{r^2 - R^2}} dr = G \frac{M R}{r^2 c \sqrt{r^2 - R^2}} dr, x \geq 0$$

Weil die Integration auch im negativen Bereich durchgeführt werden soll, kommt es zum doppelten Wert des Integrals:

$$c_y = 2R \frac{GM}{c} \int_R^\infty \frac{dr}{r^2 \sqrt{r^2 - R^2}} = 2 \frac{GM}{Rc}$$

Daher ist der Ablenkungswinkel:

$$\delta = 2 \frac{GM}{Rc^2}$$

Für die Sonne ergibt sich 0.87". Und dies ist sozusagen die Urformel. Sowohl historisch als auch physikalisch bildet sie die Grundlage aller anderen Formel für die Lichtablenkung im Gravitationsfeld.

# Täuschung mit den Gravitationslinsen

---

Gravitationslinse ist ein alternativer Begriff für die Lichtablenkung im Gravitationsfeld, wird aber bezüglich nicht einzelner Sternen, sondern großräumiger Erscheinungen wie galaxiengroße Ringe und anderen symmetrischen Erscheinungen angewendet. Davon findet man genug im Weltall. Allerdings überzeugen mich präsentierte Fotos nicht. Es ist nicht so, dass ich prinzipielle Existenz der Gravitationslinsen bezweifele. Allein nach klassischem Gravitationsgesetz dürfen sie existieren. Die Aufnahme zeigen jedoch ganz gewöhnliche kosmische Formationen, zwar stark verschmiert, aber sie haben rein materielle Zwillingbrüder und Schwester. Betrachten wir ein paar Beispiele.

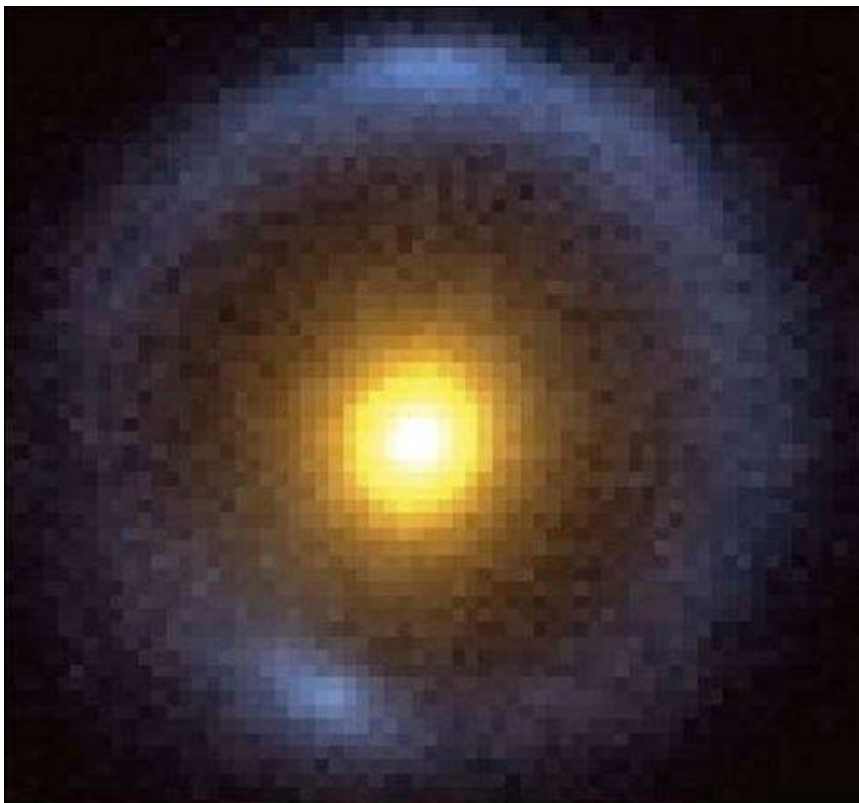


[21]

Wenn wir genauer hinschauen, erkennen wir, dass zwischen zwei Halbringen und spitzen Enden des Ellipsoids zwei schwach leuchtende Übergangszonen existieren. Das darf also ganz normale SB-Galaxie sein, so wie etwa NGC1097 [22].

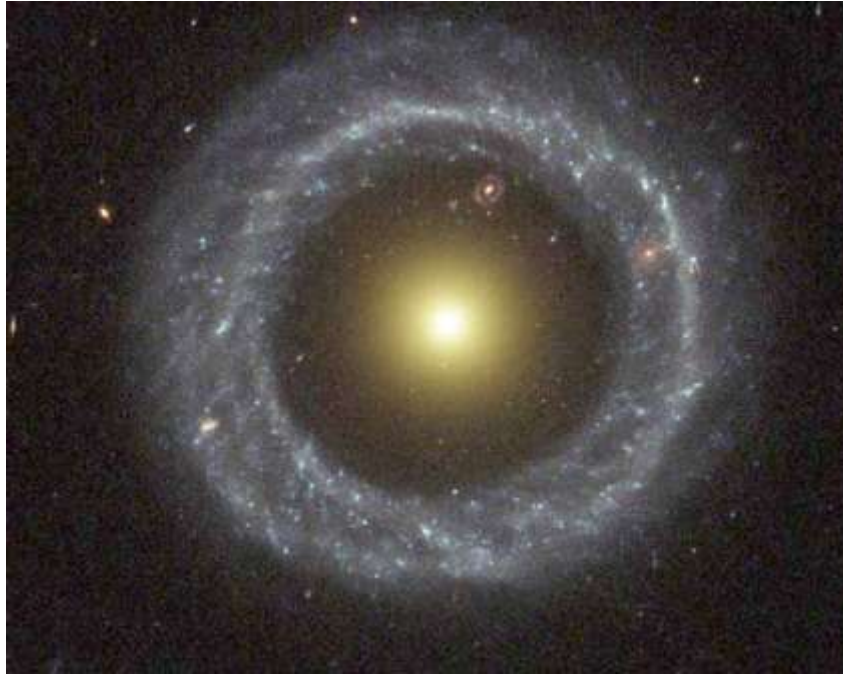


Ein weiterer Einstein-Ring ist zwar fast perfekt [23]

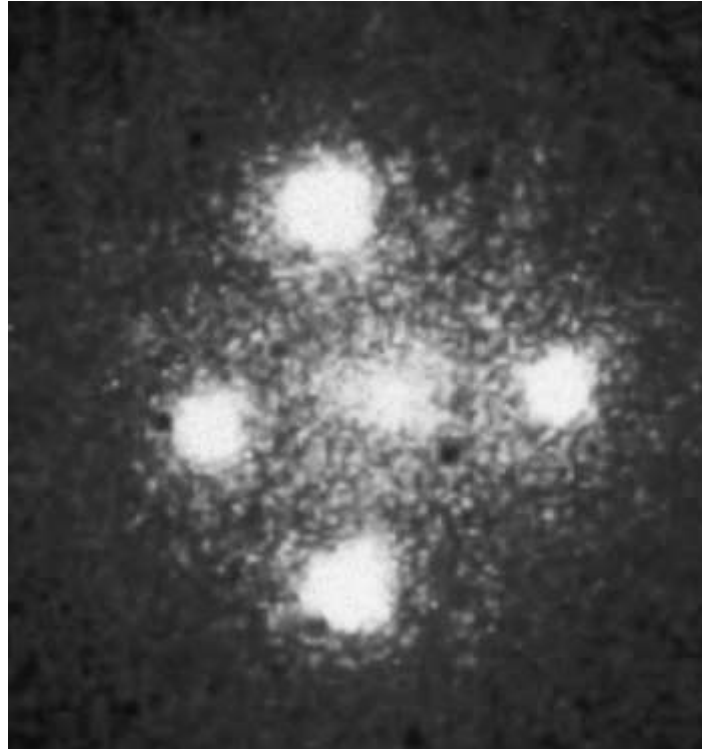


False-colour image of the gravitational lens B1938+666. The background galaxy (blue) is made into an Einstein ring by the lensing effect of gravity of a galaxy closer to Earth (yellow).  
Image credit: Chris Fassnacht/UC Davis graphic.

aber in nächster Nähe werden solche Strukturen offensichtlich für Ring-Galaxien gehalten [24]



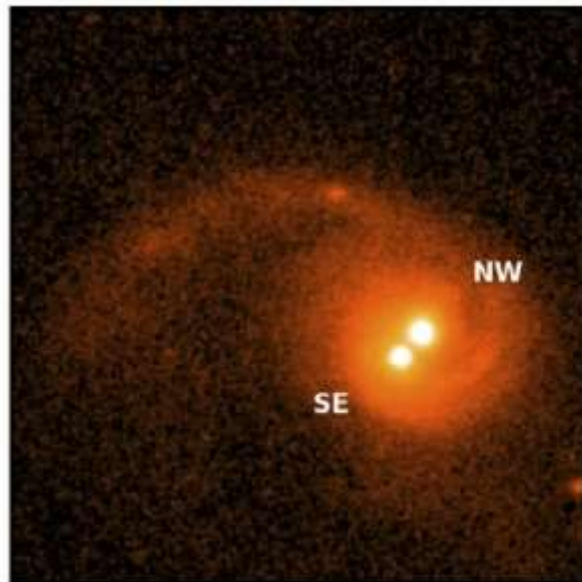
Bei berühmtem Einstein-Kreuz [25]



fällt auf, dass die vier Abbildungen eines Quasars gar nicht verzerrt (gezogen oder gebogen) sind. Sie behalten also ihre Kugelform. Außerdem befinden sich alle fünf Objekte genau in der Mitte einer dunklen Spiralgalaxie, das heißt an der Stelle des galaktischen Kerns (Bulge) [26].



Darüber hinaus kann tatsächlich um ein außergewöhnliches Phänomen handeln und zwar um eine mehrkernige Galaxie. (Weil die Objekte ungefähr gleich groß sind, ist es nicht verwunderlich, dass sie auch nah identische Spektren haben dürfen.) In dieser Hinsicht ist die Galaxie CID-42 interessant [27].



Überraschenderweise wird sie nicht als Gravitationslinsen-Phänomen, sondern als Folge der Kollision von zwei kleinen Galaxien interpretiert.

Wir haben uns nur drei Beispiele angeschaut. Die Liste der Objekte, die für die Folgerung des Gravitationslinseneffekts gehalten werden, ist aber groß. Wer Lust hat, kann hobbyweise versuchen, auch restlich Erscheinungen zu entlarven.

# Äquivalenzprinzip: Abgekupfert und falsch erweitert

---

Das Äquivalenzprinzip von Einstein sieht dem Newtonschen sechsten Zusatz verblüffend ähnlich. Um darauf zu kommen, reicht es einfach zu vergleichen.

*Newton:*

„Zusatz 6. Wenn Körper sich unter einander auf irgendeine Weise bewegen, und gleiche beschleunigende Kräfte nach parallelen Richtungen auf sie einwirken; so fahren alle fort, sich auf dieselbe Weise unter einander zu bewegen, als wenn sie nicht durch jene Kräfte angetrieben würden. Jene Kräfte werden nämlich, indem sie gleich stark (nach Verhältnis der Grösse der zu bewegenden Körper) und nach parallelen Richtungen wirken, alle Körper (was die Geschwindigkeit betrifft) nach dem 2. Gesetz gleich fortbewegen, und daher nie die Bewegung und Lage unter einander ändern.“ [28]

*Einstein:*

„Dann stieß ich auf den glücklichsten Gedanken meines Lebens... Für einen Beobachter, der sich im freien Fall vom Dach eines Hauses befindet, existiert – zumindest in seiner unmittelbaren Umgebung – kein Gravitationsfeld. Wenn nämlich der fallende Beobachter einige andere Körper fallen läßt, dann befinden sie sich im Bezug auf ihn im Zustand der Ruhe oder gleichförmigen Bewegung, unabhängig von ihrer chemischen oder physikalischen Natur. Der Beobachter hat das Recht, seinen Zustand als ‚in Ruhe‘ zu interpretieren.“ [29]

Im Postulat spielt die Gravitationskraft die Rolle von den „gleichen beschleunigenden Kräften“. Deshalb ist das Äquivalenzprinzip ein offensichtlicher Sonderfall vom Zusatz 6. Bewusst oder unbewusst erinnerte sich Einstein an Newtons Folgerung und machte daraus den Grundstein für neue – Allgemeine – Relativitätstheorie.

Das Äquivalenzprinzip schien hilfreich zu sein, um die Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne auf dem alternativen Wege herzuleiten, als es Soldner vor über 200 Jahren tat [13]. Die Idee war folgende: Schickt man in einem beschleunigten Weltraumlabor, zum Beispiel in einer Rakete, den Lichtstrahl senkrecht zur Beschleunigungsrichtung, hätte man ihn zum Boden abgelenkt gesehen. Da laut Äquivalenzprinzip Beschleunigung und Gravitationsbeschleunigung vertauschbar sind, ist derselbe Vorgang in



ruhendem Erdlabor zu erwarten. Folglich sollte das Gravitationsfeld im allgemein das Licht ablenken.

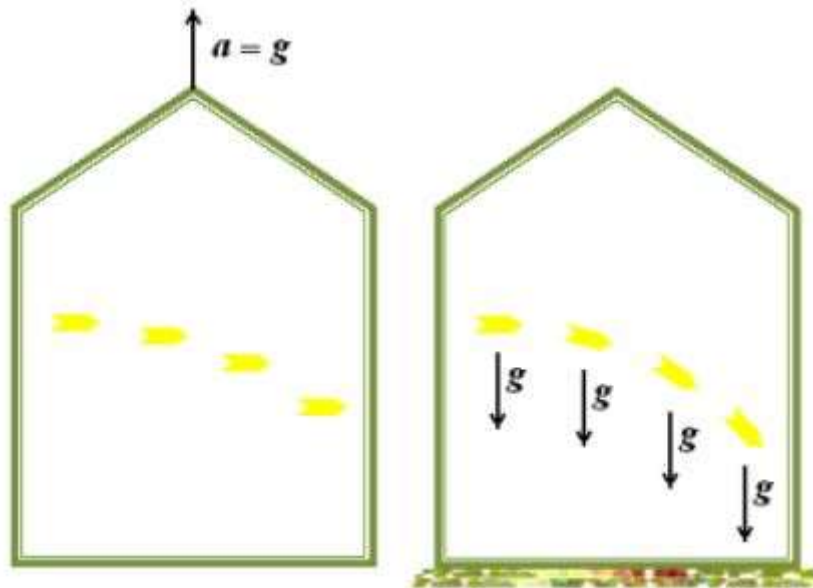
Komplizierter Gedankengang? Immerhin begründete Soldner dasselbe einfacher: „...aus den allgemeinen Eigenschaften und Wechselwirkungen der Materie“. Überflüssige Komplexität ist ein typisches Merkmal von Einsteins Gedankenexperimenten. Wen wollte er übermissten? In der Natur geht es sowieso einfacher. Das werden wir später am Beispiel der Messung der Zeitdehnung nochmal sehen.

Aber auch wenn wir Einsteins Darstellung annehmen, werden wir bei genauem Hinschauen einen Gedankenfehler merken. Um die Anfangsgeschwindigkeit des Weltraumlabor nicht berücksichtigen zu müssen, betrachten wir nur den Beginn des Experiments, also, das Moment, wenn die Raketentriebwerke erst angezündet werden. Gleichzeitig wird ein kurzer Lichtimpuls in horizontale Richtung gesendet. Offensichtlich gehört er zum ursprünglichen Ruhesystem des Weltraumlabor, wo er sich streng geradlinig horizontal mit der Vakuumlichtgeschwindigkeit bewegt.

Dass währenddessen das Weltraumlabor beschleunigt wird, kann der Lichtimpuls nicht mitkriegen. Er bewegt sich frei im Raum von einer Wand zur anderen. Es gibt keine Wechselwirkung zwischen dem Lichtstrahl und der Hülle der Rakete. Deshalb gleicht die horizontale Komponente seiner Geschwindigkeit im ursprünglichen Ruhesystem des Weltraumlabor stets der Vakuumlichtgeschwindigkeit (nächste Abbildung, links).

Anders sieht die Situation im Erdlabor aus. Hier wechselwirkt der Lichtimpuls in jedem Punkt des Raumes mit dem Gravitationsfeld der Erde.

Dementsprechend ändert er seine Fahrriichtung ständig, wodurch sein Weg stärker als im Weltraumlabor gekrümmt wird (nächste Abbildung, rechts).

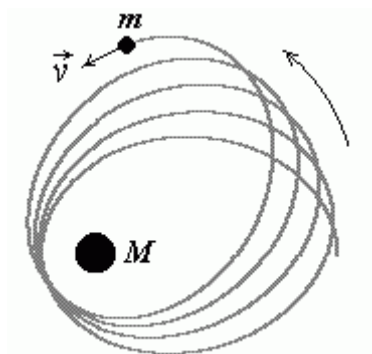


Im Erdlabor handelt es sich nicht um die scheinbare Verbiegung des Lichtstrahles aus der Sicht des Reisenden in beschleunigter Rakete, sondern um eine reale Lichtablenkung, die zwangsläufig sowohl zu stärkerer Krümmung als auch zur Verlängerung der Laufstrecke führt. Darüber hinaus ist das Ersetzen des Gravitationsfeldes durch Beschleunigung im leeren Raum nicht gleichwertig. Die allgemeine Relativitätstheorie von Einstein hat wackelndes Fundament.

# Periheldrehung der Merkurbahn

---

In zweiter Hälfte des 19. Jahrhunderts versuchten die Wissenschaftler Newtons Gravitationsgesetz so weit zu modifizieren, dass dieses mit genauen Beobachtungen der Planetenbewegung wieder in Übereinstimmung käme. Es ging vor allem um die Deutung anomaler Drehung der Merkurbahn. Außer Einstein sollen dabei wenigstens noch zwei weitere Namen erwähnt werden: Newcomb und Gerber.



„Um die Jahrhundertwende schuf SIMON NEWCOMB, ebenfalls auf der Grundlage der NEWTONSchen Mechanik, eine verbesserte Theorie der Bewegung der Planeten. Zur Erklärung der relativistischen Periheldrehung nahm er an, daß die Gravitationskraft  $F$  zwischen zwei Massen  $M_1$  und  $M_2$  nicht exakt mit dem Reziproken des Quadrats der Entfernung  $r$  abnimmt, sondern um einen Betrag davon abweicht. Es sollte gelten

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^{2+\delta}}$$

Damit war nach seiner Theorie ein gewisser Teil der Periheldrehung eine Folge der nicht exakten Gültigkeit des Gravitationsgesetzes... NEWCOMB benutzte den Wert

$$\delta = 0.0000001612$$

Diese einfache Rechnung führt für den Planeten Merkur auf eine Periheldrehung  $\approx 43''$  pro Jahr, den Wert, der später zwanglos aus der allgemeinen Relativitätstheorie abgeleitet werden konnte.“ [30]

Die Formel ist wegen der Einfachheit sehr praktisch und etwa für die Computersimulationen der Planetenbewegung mit leistungsschwachem Heimcomputer passt wunderbar. Einen theoretischen Wert hat sie allerdings so gut wie keinen, weil physikalischer Hintergrund für zusätzlichen Beitrag unklar ist.

Ganz anders ist es aber im Falle der Gravitationsgleichungen von Paul Gerber. Als Gehrcke "Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie" von Einstein gelesen hatte, schöpfte er offensichtlich den Verdacht, dass er manche Sachen bereits irgendwo gesehen hätte. So fasste er zusammen [31]:

„...Dieser Wunsch liegt besonders nahe, weil die Theorie Einsteins zu einer Beziehung zwischen Lichtgeschwindigkeit und Perihelbewegung des Merkur geführt hat, und weil der Betrag 41", um den der Merkur pro Jahrhundert von der Newtonschen Mechanik abweicht, quantitativ aus der Theorie herauskommt. Dieses Ergebnis hat viel Aufsehen erregt, und Einstein hat nicht versäumt, die Übereinstimmung mit der Erfahrung als überzeugend für die Richtigkeit seiner Theorie hinzustellen. Einstein hat aber nicht darauf aufmerksam gemacht, daß eine andere, viel einfachere Theorie der Gravitation, diejenige von Gerber, schon vor 18 Jahren zu dem gleichen Ergebnis führte...“

Ferner zeigte Gehrcke kurz, wie Gerber zu seinem Gravitationspotential kam, und machte folgende Schlussfolgerung:

„Gerber wandte sein Potential auf die Bewegung eines Planeten um die Sonne an und leitete eine Perihelbewegung ab... berücksichtigt man die Bedeutung der Buchstaben, so sieht man, daß die Formel von Einstein mit der von Gerber identisch ist...“

Man könnte meinen, es läge hier ein großer Zufall vor, und Einstein sei ohne Kenntnis der Gerberschen Arbeit zu dem gleichen Ergebnis gekommen. Eine solche Annahme wird dadurch erschwert, daß die Gerbersche Abhandlung sich in der bekannten Mechanik von Mach erörtert findet, und daß Einstein erst kürzlich seine genaue Bekanntschaft mit diesem Buche gelegentlich eines Nachrufes auf Mach dargelegt hat.

Man mag über die Gerbersche Theorie denken wie man will, jedenfalls geht soviel aus ihr hervor, daß es nicht notwendig ist, relativistische Betrachtungen anzustellen, um die Gerbersche Formel für die Perihelbewegung des Merkur abzuleiten.“

Mit den Buchstaben und Darstellung ist es wirklich ein ganzes Durcheinander. War es eine Absicht von Einstein? Nichtsdestotrotz konnte Gehrcke das Original erkennen. Einstein selbst stritt ab, von Gerbers Arbeit gewusst zu haben, und äußerte sich verärgert [32]:

„Aber die Fachleute sind nicht nur darüber einig, daß Gerbers Ableitung durch und durch unrichtig ist, sondern die Formel ist als Konsequenz der von Gerber an die Spitze gestellten Annahmen überhaupt nicht zu gewinnen. Herrn Gerbers Arbeit ist daher völlig wertlos, ein mißglückter und irre-parabler theoretischer Versuch. Ich konstatiere, daß die allgemeine Relativitätstheorie die erste wirkliche Erklärung für die Perihelbewegung des Merkur geliefert hat. Ich habe die Gerbersche Arbeit ursprünglich schon deshalb nicht erwähnt, weil ich sie nicht kannte, als ich meine Arbeit über die Perihelbewegung des Merkur schrieb; ich hätte aber auch keinen Anlaß gehabt, sie zu erwähnen, wenn ich von ihr Kenntnis gehabt hätte.“

In der Tat waren Gerbers Annahmen nicht gerade offensichtlich, deshalb erntete seine Theorie viel Kritik. So schrieb Oppenheim [33]:

„Man sieht, daß die Aufgabe, die sich P. Gerber stellte, im wesentlichen nur darin bestand, einen physikalisch plausiblen Grund für die Verallgemeinerung des einfachen C. Neumannschen Ansatzes für das retardierte Potential... zu finden. Inwieweit die Begründung, wie er sie durchführt, stichhaltig ist und die Physiker befriedigt, darüber enthalte ich mich jeder Entscheidung.“

Wie wir schon alle wissen, haben sich die Physiker für Einsteins Theorie entschieden. Aber bevor sollten sie schweigend Einsteins das Trick akzeptieren, das er in „Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie“ (1915) [34] selbst enthüllt hat:

„Der Flächensatz gilt also in Größen zweiter Ordnung genau, wenn man die **„Eigenzeit“ des Planeten** zur Zeitmessung verwendet.“

Also, in Einsteins Rechnung wird der Aufenthaltsort des Planeten wie üblich im Bezugssystem des Schwerpunktes bestimmt, doch die Zeit von der Uhr des bewegten Planeten abgelesen...

Warum brauchte Einstein das?

Aus mathematischer Sicht geht es um die Lorentz-Faktoren in den Formeln für relativistische Energie und Drehimpuls. Sie können mithilfe relativistischer Zeitdehnung folgend einfach weggerechnet werden:

$$dt = \frac{d\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{dt}{d\tau} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow E = m_0 c^2 \frac{dt}{d\tau}$$

$$\vec{L} = \frac{m_0 [\vec{r} \times \vec{v}]}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \vec{L} = m_0 [\vec{r} \times \vec{v}] \frac{dt}{d\tau}$$

Wobei  $\tau$  die Eigenzeit des Planeten und  $t$  die Zeit im Bezugssystem des Schwerpunktes sind. Die Effekte der Speziellen Relativitätstheorie werden also entfernt und übrig bleibt der Energiesatz ohne Lorentz-Faktoren.

Ist das möglich? Ja, klar – die Schwarzschild-Metrik arbeitet sowieso mit diesem Gemisch. Anders gefragt: Darf man so machen? Warum sind also die Lorentz-Faktoren so schlimm?

Das Problem bereitet relativistische Masse, die in den Formeln für relativistische Energie und Drehimpuls vorkommt. Danach sollte der Planet ein Tick schwerer und dementsprechend wegen der Energieerhaltung sich ein Tick langsamer bewegen als man nach den Bewegungsgleichungen erwartet hätte.

Es wäre noch nur halb so schlimm gewesen, wenn sich der Planet in perfektem Kreis bewegt hätte, denn die von der Sonne zum Planet führende Strecke in gleichem Zeitabschnitt überall gleiche Flächen überstrichen hätte.

Relativistische Masse wird erst dann richtig zum Problem, wenn sich der Planet auf einer elliptischen Bahn bewegt. Im Perihel, also in nächstem zur Sonne Punkt, hat der Planet maximale Geschwindigkeit und dementsprechend ist er schwerer als bei maximaler Entfernung im Aphel, wo er minimale Geschwindigkeit hat. Deshalb verliert der Planet an der Geschwindigkeit in Perihel stärker als im Aphel. So würde im Perihel die von der Sonne zum Planet führende Strecke in gleichem Zeitabschnitt kleinere Fläche überstreichen als im Aphel.

Dadurch wird Keplers Flächensatz selbstverständlich verletzt (Abbildung [35]).



Einstein gab dies auch zu, aber gleichzeitig konnte er mithilfe der „Eigenzeit“ des Planeten“ relativistische Masse leicht aus der Rechnung entfernen. Einfach so... nur, weil sie dort unpassend war und Probleme bereitete...

Ferner führt die Berücksichtigung relativistischer Masse zu zusätzlicher Drehung des Perihels um 7" im Jahrhundert [36], also insgesamt ergeben sich 50" anstatt beobachteter 43" im Jahrhundert. So große Abweichung von +16% spricht für sich.

Keplers Flächensatz ist eigentlich ein Sonderfall von allgemeinerem Erhaltungsgesetz des Drehimpulses. Der Drehimpuls seinerseits ist eindeutig an ein gewähltes Bezugssystem gebunden: Nach der Definition gleicht dieser

$$\vec{L} = m[\vec{r} \times \vec{v}]$$

wobei  $m$  die Masse des Planeten,  $v$  dessen Geschwindigkeit und  $r$  der Vektor, der aus dem Ursprung des Koordinatensystems zum betrachteten Punkt im Raum gezeichnet wird, sind. Bei der Berechnung der Planetenbewegung ist dieses Bezugssystem das Bezugssystem des Schwerpunktes. Logischerweise sollte auch die Zeit in demselben Bezugssystem gemessen werden, was auch immer gemacht wird. Dies macht sogar die Essenz spezieller Relativitätstheorie aus: Jeder Beobachter hat eigenes 4-dimensionales Bezugssystem, wo 4-te Dimension die Zeit ist. Auf strenge Trennung der Zeiten wird im Rahmen spezieller Relativitätstheorie sehr penibel geachtet.

In Allgemeiner Relativitätstheorie werden aber 3 Dimensionen von einem Bezugssystem und 4-te Dimension von anderem Bezugssystem genommen und zu einem Mischmasch-Bezugssystem zusammengeführt. Soll so etwa hohe Physik aussehen?

Wenn der Drehimpuls nicht erhalten bleibt, heißt das, dass ein zusätzliches Drehmoment auftaucht. Währenddessen bewegen sich die Planeten in zentralem Schwerefeld der Sonne, das prinzipiell, weil es eben zentral ist, keine Drehmomente erzeugen kann. Man muss also einfach zugestehen, dass

relativistische Gleichungen in den Mülleimer gehören, anstatt nach den zweifelhaften Umwegen, wie das Mixen von den Bezugssystemen, zuzugreifen.

Nichtdestrotz erklärt wissenschaftliche Weltgemeinschaft seit 100 Jahren Einsteins List für legitim.



# Evolution des Relativitätsprinzips von Einstein

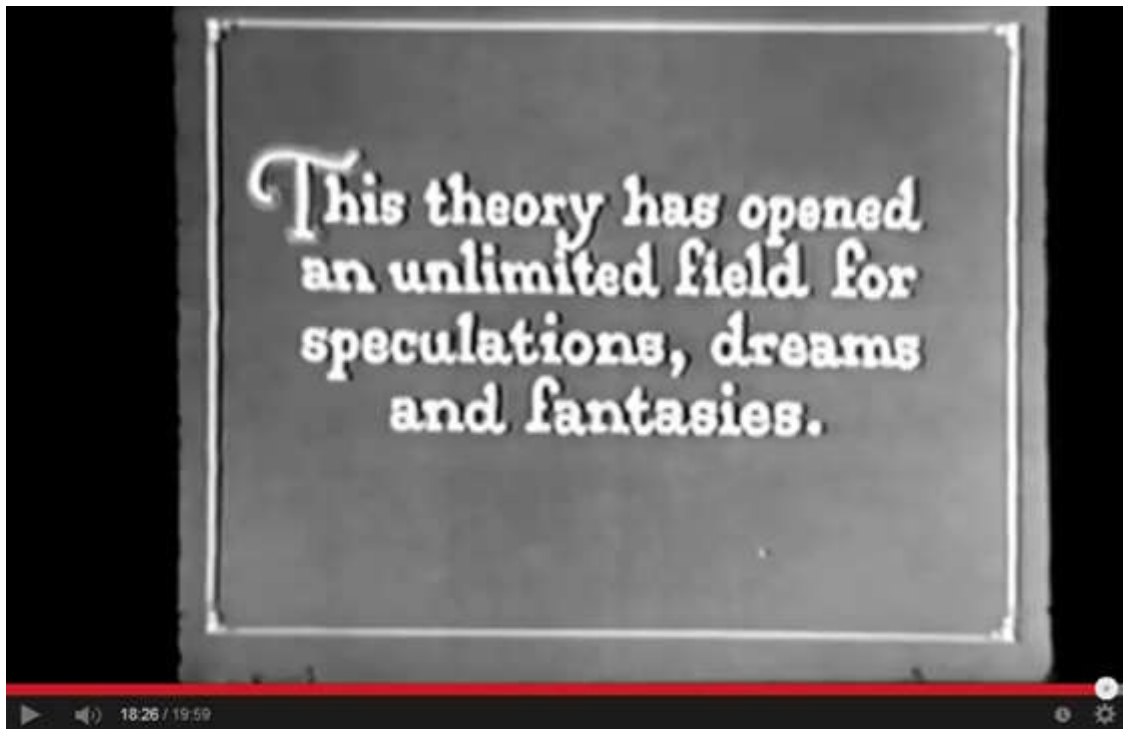
---

Bevor sich die Menschen für die Relativitätstheorie begeistern könnten, sollten sie erst verstehen, wie dringend wichtig das Relativitätsprinzip sei. In „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“ (1916) widmete Einstein sogar mehrere Kapitel dieser Problematik zu. Abschließend schrieb er:

„...es ist mein Hauptziel, diese Theorie so zu entwickeln, daß der Leser die psychologische Natürlichkeit des eingeschlagenen Weges empfindet und daß die zugrunde gelegten Voraussetzungen durch die Erfahrung möglichst gesichert erscheinen.“

Vermutlich trauten die Leute von damals der Einsteins Logik eher zurückhaltend. Man sollte diese deshalb extra realitätsgerecht präsentiert werden. Daran ist es ja nichts Verwerfliches, andererseits bezeugt das, dass Einsteins Gedanken in ihren reinen ursprünglichen Formen keinen direkten Bezug zur Praxis hatten.

Nicht nur Einstein selbst, sondern auch seine Bewunderer setzten sich eifrig für die Popularisierung der Relativitätstheorie ein. Dies nahm manchmal ziemlich komische Formen an. 1923 erschien ein Film. Womit die Leute damals geködert wurden, zeigt schon folgendes Screenshot.



The Einstein Theory of Relativity (Max Fleischer, 1923)

Den heutigen Physikern wären solche Parolen einfach peinlich gewesen.

Bemerkenswert ist auch das Feuilleton vom Physiker Hans Reichenbach „Die Relativitätstheorie in der Streichholzschachtel“ (1922). Mit Spot versuchte er die Bürger, die an der Relativitätstheorie Zweifel hatte, lächerlich zu machen. Lesen wir ein paar Ausschnitte.

„Personen:

A. Der Herr mit dem gesunden Menschenverstand.

P. Der Physiker.

A. Nicht wahr, Herr Physiker, die Relativitätstheorie ist doch barer Unsinn...“

P will aber A umstimmen und holt die Streichholzschachtel heraus:

„...Also ich behaupte, dass ich Ihnen in 2 Minuten die ganze Relativitätstheorie experimentell beweisen werde.

A. Mein Herr, ich muss doch bitten ...

P. Nein, ich bitte. Nämlich um Aufmerksamkeit. Also bitte, sehen Sie her. Ich halte in der linken Hand die Schachtel und bewege mit der Rechten das Streichholz daran entlang. Sehen Sie, es brennt.

A. Ja natürlich.

P. Sehen Sie. Nun halte ich ein neues Streichholz in der rechten Hand, aber diesmal halte ich diese Hand still, und bewege die Schachtel entlang. Sehen Sie, es brennt auch.

A. Aber das ist doch ganz selbstverständlich ...

P. Sehen Sie, jetzt finden Sie es auch selbstverständlich. Nämlich das ist genau das was Einstein sagt...“

Zilch! – Und die Relativitätstheorie ist bewiesen!

Ernsthaft wird mit solch einer Vorführung nicht einmal das Galiläische Relativitätsprinzip bewiesen, weil die Beobachter A und P ihr Bezugssystem nicht wechseln: Länge-, Geschwindigkeits- und Zeitmessungen finden in beiden Fällen in einem und demselben Bezugssystem statt. Was hier lediglich gezeigt wird, ist es, dass es oft nicht die absolute, sondern die relative Geschwindigkeit von Bedeutung ist.

Übrigens hatte Reichenbach die Idee für das Streichholz-Experiment bei Einstein abgeguckt. Nicht der bekannte Michelson-Morley-Versuch stieß Einstein auf Idee eines neuen Relativitätsprinzips, sondern relative Bewegung des Magneten und des Leiters. Folgend begann er seine berühmteste Arbeit „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ (1905):

„Daß die Elektrodynamik Maxwells – wie dieselbe gengenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt – in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen, ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. Das beobachtbare Phänomen hängt hier nur ab von der Relativbewegung von Leiter und Magnet, während nach der üblichen Auffassung die beiden Fälle, daß der eine oder der andere dieser Körper der bewegte sei, streng voneinander zu trennen sind.“

Wonach Einstein suchte, war irgendwas für feine Denker und zwar die Symmetrie in der Beschreibung. Es war quasi der Beginn des Weltlaufs um eine universelle Beschreibung der Welt, der noch bis heute andauert.

Die Steigerung der Ansprüche ist in „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“ ganz deutlich zu erkennen. Das Relativitätsprinzip spezieller Relativitätstheorie ist schon nicht gut genug und braucht deshalb eine Erweiterung. Erst sieht diese eher harmlos aus:

„Die Gesetze der Physik müssen so beschaffen sein, daß sie in bezug auf beliebig bewegte Bezugssysteme gelten.“

Danach erscheint aber „die Forderung“:

„Dies kommt auf die Forderung hinaus: Die allgemeinen Naturgesetze sind durch Gleichungen auszudrücken, die für alle Koordinatensysteme gelten, d.h. die beliebigen Substitutionen gegenüber kovariant (allgemein kovariant) sind.“

Das klingt schon nach einem Manifest einer Weltformel-Bewegung. Aus der Geschichte der Physik wissen wir aber, dass danach allerdings die Quantenmechanik in die Quere kam und immer noch den Mitgliedern der Bewegung die ganze Stimmung versaut.

Außerdem, wie hoch das Relativitätsprinzip gepriesen wird, so „brutal“ ist es auch. Es ist nicht nur so, dass jeder Beobachter schlicht seine Sichtweise für richtig hält, sondern er erklärt auch die Beobachtungen in anderen Bezugssystem für falsch. So ist zum Beispiel mit Einsteins Synchronisation der Uhren: Die Uhren, die in einem Bezugssystem synchron sind, laufen aus der Sicht der Beobachter anderer Bezugssysteme immer asynchron. Sie sind also für die Messung physikalischer Vorgänge nicht geeignet. Deshalb können beide Beobachter von relativ zu einander bewegenden Bezugssystemen ruhig behaupten, dass die Zeit bei anderem langsamer geht. Ihre Behauptungen sind quasi wertlos. Jeder Beobachter beansprucht die ganze Wahrheit allein für sich und die Anderen irren sich halt. Das wurde in Wirklichkeit aus vielversprechenden Formulierungen.

Wollen wir nach einem physikalischen Modell suchen, um sich relativistische Geschehnisse besser vorstellen zu können, erweist sich die Suche als ziemlich einfach: Jedes Bezugssystem besitzt ein eigenes ruhendes Lichtmedium – Äther. Auf diese Weise kann sicher gewährleistet werden, dass Maxwells Elektrodynamik, die aufgrund der Annahme der Ätherexistenz entwickelt wurde, in jedem Bezugssystem gilt. Alle elektromagnetischen Phänomene sehen dann in allen Bezugssystemen gleich aus, wie es von Einsteins Relativitätsprinzip auch verlangt wird. Die Geschwindigkeitsbegrenzung ist sowieso durch das Lichtmedium bedingt. Die Relativitätstheorie ist somit quasi eine Multi-Äther-Theorie. Das wird geschickt mit dem Gerede über die Geometrie des Raum-Zeit-Kontinuums verdeckt. Der Schwerpunkt wird aus physikalischer Welt in mathematische Welt verschoben, wo die Axiome das Sagen haben. Man glaubt, dass die Natur nach menschlichen Dekreten, sogenannten Postulaten, funktionieren vermag. Eine

Geschwindigkeitsbegrenzung ist lediglich die Folge der Geometrie... Doch in einer physikalischen Welt muss es dafür eine physikalische Ursache geben. Und so sei die Relativitätstheorie in der Tat eine Multi-Äther-Theorie.

In der Praxis führte dieser physikalische Nonsens bisher zu keinem Problem, weil es noch kein Experiment durchgeführt wurde, das den theoretischen Voraussetzungen in vollem Umfang genüge. Messungen und Beobachtungen werden im Laborsystem durchgeführt, das so oder so an Gravitationsfeld der Erde gekoppelt ist. Es gab kein Experiment, wo zwei Experimentatoren mit gleichen Messeinrichtungen sich relativ zueinander bewegten und gleichzeitig beieinander die Messungen machten und einander beobachteten. Immer sind es etwa ein Beschleuniger, der fest im Erdboden verankert ist, oder die Detektoren auf der Erdoberfläche oder gar Satelliten im Gravitationsfeld der Erde.

Meiner Meinung nach kann das Gravitationsfeld durchaus auf ein ausgezeichnetes Bezugssystem zeigen. Gravitationsfeld könnte das Lichtmedium mitschleppen bzw. es sei das Medium selbst. In Wirklichkeit mag ich aber nicht viel spekulieren. Ich möchte nur darauf hinweisen, dass die hunderten von Experimenten, die die Relativitätstheorie beweisen sollten, überprüfen vielleicht die Formeln, aber nie das Relativitätsprinzip von Einstein selbst.

# E = mc<sup>2</sup> widerlegt Einsteins Relativität

Auf Idee einer Art Äquivalenz zwischen Masse und Energie kamen Physiker schon vor Einstein (etwa Poincare und Hasenöhr), trotzdem wird deren Entdeckung dem Einstein zugeschrieben. Als eine der Begründungen für diese verkehrte Lage dient wohl die Behauptung, die Formel sei eine gesetzmäßige Folgerung spezieller Relativitätstheorie, Einstein würde also die Formel ohnehin herleiten. Allerdings geht es mir nicht so um historische Gerechtigkeit, sondern mehr um eine experimentelle Widerlegung der Relativitätstheorie.

Wie? Kann  $E = mc^2$  die Relativitätstheorie widerlegen? Die Formel selbst ist doch glänzend durch den Massendefekt bei der Kernspaltung bestätigt worden!

Das bedeutet aber nicht automatisch, dass dadurch auch die Relativitätstheorie bestätigt ist, denn die Beziehung zwischen Masse und Energie wurde vor Einstein und ohne sein Relativitätsprinzip vermutet.

Die Herleitung selbst von berühmtester Formel ist durch Experiment seit rund 70 Jahren widerlegt worden. Die historische Arbeit hieß „Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?“ (1905). Einstein betrachtete einen Körper, der in entgegengesetzte Richtungen zwei Blitze von gleicher Energie sendete. Da sich die Impulse aufheben, bleibt der Körper danach in seinem Bezugssystem  $(x, y, z)$  weiterhin in Ruhe.

Jetzt führte Einstein ein bewegendes Bezugssystem  $(x', y', z')$  ein (abweichende von originaler aber gewöhnliche Bezeichnung). In diesem Bezugssystem besitzen die Blitze nach seiner Rechnung verschiedene Energien. Um zur Masse-Energie-Äquivalenz zu gelangen, setzte er voraus:

**„Hierbei bleibt der Körper in Ruhe in bezug auf das System  $(x, y, z)$ .“**

Das soll eigentlich logisch sein. Nun vergessen wir nicht, dass nach Einsteins Relativitätsprinzip jeder Beobachter sich als ruhend betrachten kann. In der Praxis sieht es folgend aus: Im Beschleuniger werden geladene Teilchen, etwa Elektronen, bis auf fast Lichtgeschwindigkeit gebracht. Sie sind das Bezugssystem  $(x, y, z)$  und die Experimentatoren das Bezugssystem  $(x', y', z')$ .

In Speicherring geben die Elektronen auf krümmen Bahnen die Strahlung ab (Synchrotronstrahlung). Wie nächste Abbildung zeigt, ist die Strahlung in ihrem eigenen Bezugssystem  $(x, y, z)$ , die in Abbildung als

$K'_\gamma$

gezeichnet ist, ganz nach Einsteins Vorstellung symmetrisch: In Fahrriichtung wird genauso viel Energie abgestrahlt, wie in entgegengesetzte Richtung.

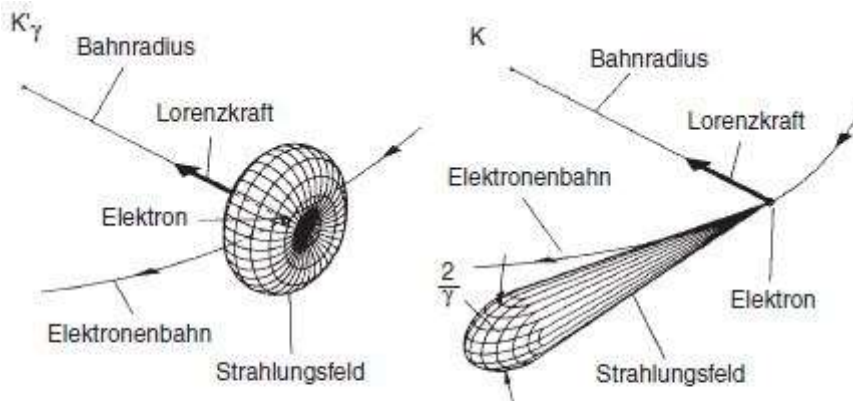


Abbildung 2.1: Dipolstrahlung im Ruhesystem des Elektrons  $K'_\gamma$  und im Laborsystem  $K$ . Das torusförmige Strahlungsfeld des Dipols verzerrt sich durch Lorentztransformation in der Bewegungsrichtung des Elektrons zu einer Keule mit dem halben Öffnungswinkel  $1/\gamma$ .

[37]

Im Laborsystem  $K$ , das heißt in Einsteins Bezugssystem  $(x', y', z')$ , ist die Energieverteilung schon unsymmetrisch – genauso wie Einstein auch annahm. Und wo ist dann das Problem?

Nach der Abstrahlung verlieren die Elektronen an der Geschwindigkeit. Sie erfüllen also Einsteins Voraussetzung, dass der Körper nach Senden der Blitze „in Ruhe in bezug auf das System  $(x, y, z)$ “ bleibt, nicht.

Da die Natur anscheinend doch nach anderen Gesetzen funktioniert, als es die Relativitätstheorie vorschreibt, sind die Experimentatoren gezwungen, in den Speicherringen extra die Beschleunigungsstrecken einzubauen.



„Die in einem Speicherring umlaufenden **Elektronen verlieren durch die Abgabe von Synchrotronstrahlung permanent Energie**. Das Hochfrequenz-System kompensiert diesen Energieverlust durch Beschleunigung der Elektronen in einem elektrischen Hochfrequenzfeld, welches in Kavitäten (auch Hohlraumresonatoren genannt) erzeugt wird.“ [38]

Hätte Einstein doch Recht gehabt, bräuchte die Elektronen keine zusätzliche Beschleunigung durch Hochfrequenz-Systeme. Einmal auf eine hohe Geschwindigkeit gebracht, würden sie diese stets beibehalten, denn die Strahlung ginge auf Kosten der Elektronenmasse. Sie strahlten und strahlten, bis sie ihre Masse ganz verbrauchten und schließlich verschwanden... Weil sie eine Ladung besitzen, würde auch diese mit ihnen zusammen verschwinden, womit noch das Ladungerhaltungsgesetz verletzt wäre.

Fazit: Einsteins Relativitätsprinzip versagt in der Praxis!

Offensichtlich liefern die Gedankensprünge zwischen den Bezugssystemen keine adäquaten Schlussfolgerungen, die mit dem Experiment übereinstimmen. Im Falle der Synchrotronstrahlung ist das Bezugssystem des Beschleunigers ausschlaggebend. Dort wird Form, Intensität der Strahlung und Verhalten der Elektronen bestimmt. Die anderen Bezugssysteme sind imaginär und für reale Vorgänge irrelevant.



# Synchrotronstrahlung und Lorentz-Transformationen

---

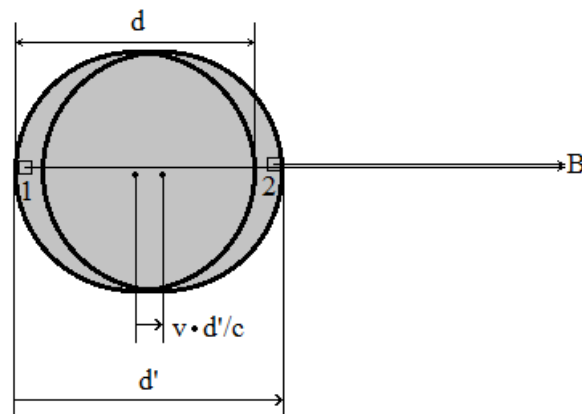
Bleiben wir bei der Synchrotronstrahlung, weil sie die weiteren Versäumnisse der theoretischen Physik enthüllt.

„Die Strahlung war schon 1898 vom französischen Physiker Alfred-Marie Liénard theoretisch vorausgesagt worden. Er hatte - völlig zu Recht - vermutet, dass eine elektrische Ladung, die fast mit Lichtgeschwindigkeit auf einer Kreisbahn rotiert, dabei nach außen hin eine elektromagnetische Strahlung abgeben müsse.“ [39]

Die Grundlage für diese Voraussage bildeten die Gleichungen, die er 1898 und zwei Jahre später Wiechert hergeleitet hatten.

Zwei Grundvoraussetzungen werden gemacht: 1. Elektrische und magnetische Felder breiten sich im Raum in alle Richtung mit der Lichtgeschwindigkeit aus. 2. Ein materielles geladenes Teilchen kann nicht unendlich klein sein und das muss in den Berechnungen berücksichtigt werden. Zwar führt das zu einem interessanten Phänomen.

Bewegt sich ein geladenes Teilchen von endlicher Größe, dürfen die Laufzeiten sogar mit der Lichtgeschwindigkeit zwischen dessen Seiten nicht ignoriert werden. Nehmen wir an, dass das Teilchen ein Durchmesser von  $d$  hat. In nächster Abbildung bewegt es sich von links nach rechts mit der Geschwindigkeit  $v$ . Damit die elektrischen Potentiale von allen geladenen Segmenten des Teilchens zu gleicher Zeit im Beobachtungspunkt B eintreffen, muss die Lage von weiterem Segment 1 zu früherer Zeit genommen werden. Aber bevor der Zustand vom Segment 1 bis zum Segment 2 übermittelt wird, rückt das Teilchen in Richtung B ein Stück vor.



Als Folge erscheint das Teilchen für den Beobachtungspunkt  $B$  so, als ob es in die Länge gezogen wäre. Gleichzeitig bedeutet dies ein größeres Volumen und eine größere Wirkungsladung. Die Proportionalität errechnet sich als

$$\frac{d'}{c} = \frac{d' - d}{v}, \quad \frac{d}{v} = d' \left( \frac{1}{v} - \frac{1}{c} \right), \quad d' = \frac{d}{1 - v/c}$$

$$\frac{1}{1 - v/c}$$

Im Gegensatz erscheint das entfernende Teilchen um den Faktor

$$\frac{1}{1 + v/c}$$

verkürzt. In vektorieller Schreibweise reicht jedoch für beide Fälle nur ein Minus-Zeichen.

Die Berücksichtigung der endlichen Laufzeit von elektromagnetischer Wirkung wird erreicht, indem die Lage der Ladung zur Zeit der Aussendung der aktuellen Felder genommen wird. Diese Zeit heißt fachlich „retardierte Zeit“.

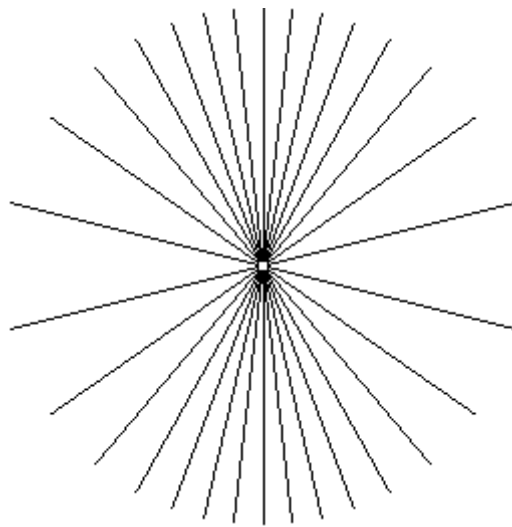
Interessanterweise wird in der Relativitätstheorie auf Effekt scheinbarer Änderung der Ladung gänzlich verzichtet, auch wenn dort die Übertragung der Wirkung mit endlicher Geschwindigkeit die höchste Priorität hat. So schrieb Einstein in [40]:

„Es liegt eine punktförmige Elektrizitätsmenge vor, welche im ruhenden System  $K$  gemessen von der Größe ‚eins‘ sei, d. h. im ruhenden System ruhend auf eine gleiche Elektrizitätsmenge im Abstand 1 cm die Kraft 1 Dyn ausübe. Nach dem

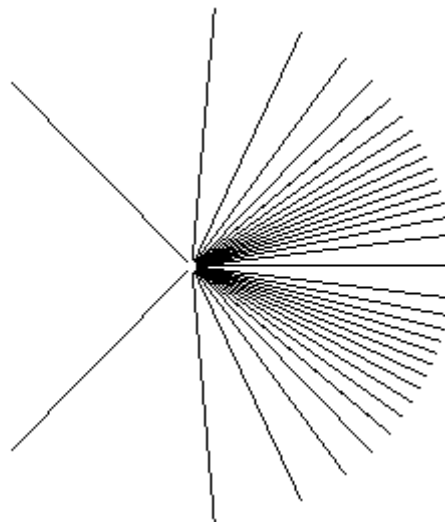
Relativitätsprinzip ist diese elektrische Masse auch im bewegten System gemessen von der Größe „eins“.

Deshalb ist es nicht überraschend, dass die Relativitätstheorie eine andere Abhängigkeit für elektrische und magnetische Felder bewegter Ladung liefert als klassische Elektrodynamik.

Die Lorentz-Felder sind senkrecht zur Bewegungsrichtung abgeplattet, also, es handelt sich um die übliche Länge-Kontraktion (nächste Abbildung: Teilchengeschwindigkeit  $0.8c$ , Laufrichtung von links nach rechts).



Die Liénard-Wiechert-Felder bündeln sich dagegen in Fahrrichtung (nächste Abbildung: Teilchengeschwindigkeit  $0.8c$ , Fahrrichtung von links nach rechts).

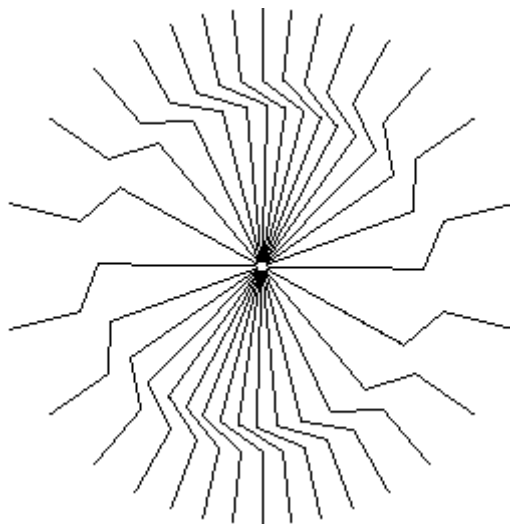


Welche aus diesen Feldern sind nun real? – Synchrotronstrahlung beantwortet die Frage.

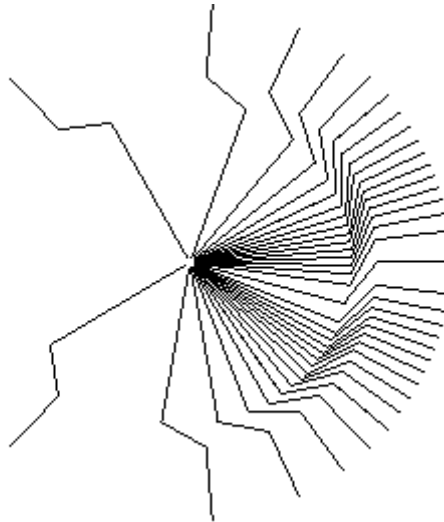
Um den Mechanismus der Abstrahlung zu veranschaulichen, wird oft die Behandlung von Thomson (1903) angewendet. Man betrachtet einen Ladungsträger, der während des kurzen Zeitabschnittes beschleunigt wird, wodurch eine Verschiebung der elektrischen Feldlinien nach der Beschleunigung gegen die elektrischen Feldlinien vor der Beschleunigung stattfindet. Daraus ergibt sich die transversale Komponente des elektrischen Feldes und sie präsentiert das Strahlungsfeld.

In unserem Fall braucht das Thomson-Modell eine kleine Anpassung: Wegen der starken Abplattung bzw. Bündelung der Felder findet die Verschiebung der Feldlinien vor allem durch Drehung des Feldes statt, wenn die Fahrriichtung des geladenen Teilchens geändert wird.

Weil die Lorentz-Einstein-Felder Wellen im Bezugssystem des Beschleunigers stets senkrecht zur Fahrriichtung abgeplattet sind, führe die Drehung des elektrischen Feldes vorwiegend zur seitlichen Abstrahlung der elektromagnetischen, wo die Feldlinien am dichtesten sind.



Das ist allerdings nicht der Fall: In den Beschleunigern strahlen die Elektronen nach vorn – in Fahrriichtung (vergleiche Bilder in vorherigem Kapitel). Und gerade dieses Verhältnis ergibt sich bei der Drehung der Liénard-Wiechert-Felder (Laufrichtung von links nach rechts)



Damit ist die oben gestellte Frage eindeutig beantwortet: Die Felder von Liénard und Wiechert sind real.

Eigentlich sollten die Lorentz-Transformationen seit Entdeckung der Synchrotronstrahlung 1947 für ungültig erklärt werden. Das geschah aber nicht. Stattdessen wurden Liénard-Wiechert-Gleichungen als relativistisch deklariert... Wie konnte das passieren?

Man muss dabei bedenken, dass, erstens, spezielle Relativitätstheorie erst sieben Jahre später erschien als die Gleichungen zu erstem Mal von Liénard veröffentlicht wurden, zweitens, dementsprechend die Gleichungen definitiv zu klassischer Elektrodynamik gehören, drittes, die Gleichungen aufgrund der Annahme entstanden, dass ein lichtleitendes Medium (Äther) den Raum füllt und viertens, die Lorentz-Transformationen bei der Herleitung der Gleichungen selbstverständlich nicht berücksichtigt wurden.

Wo ein Wille ist auch ein Weg. Zwei Jahre nach der Entdeckung der Synchrotronstrahlung wurde rein relativistische Behandlung angeboten. Man könnte jetzt die Erscheinung auch ohne Hilfe von klassischer Elektrodynamik mathematisch beschreiben.

„Ausgangspunkt für die streng relativistisch durchzuführende Berechnung der Synchrotronstrahlung ist [die Larmor-Formel für Strahlungsleistung einer beschleunigten Ladung], wodurch die Strahlungscharakteristik im mitbewegten Ruhesystem des strahlenden Elektrons korrekt wiedergegeben wird. Dieses muss mit der Lorentz-Transformation ins Laborsystem transformiert werden, was zu einer hoch parallelen Strahlung führt, die tangential zur Bahn der

Elektronen emittiert wird. Die nicht ganz triviale Theorie wurde erstmals in einer berühmten Arbeit von Schwinger (1949) entwickelt.“ [41]

Als Grundlage wurde also Einsteins Herleitung von  $E = mc^2$  genommen, die wir bereits diskutiert haben. „Mitbewegtes Ruhesystem des strahlenden Elektrons“ ist das „System  $(x, y, z)$ “ und dem Laborsystem entspricht das Bezugssystem  $(x', y', z')$ . Der Gedankengang ist derselbe. Aber, wie gesagt, die Natur hat etwas dagegen. Die Elektronen bleiben nach der Abstrahlung nicht „in Ruhe in bezug auf das System  $(x, y, z)$ “. Im Bezugssystem  $(x', y', z')$  werden sie abgebremst, das heißt, relativ zum Bezugssystem  $(x, y, z)$  werden sie entgegengesetzt zur Fahrriichtung beschleunigt.

Das bedeutet, dass, auch wenn Bezugssystem  $(x, y, z)$  als Ruhesystem der Elektronen betrachtet wird, deren Strahlung aber nicht symmetrisch ist: In Fahrriichtung wird doch mehr Energie abgestrahlt. Deshalb ist diese relativistische Vorgehensweise einfach nicht korrekt, obwohl in obigem Zitat das Gegenteil behauptet wird.

Rein mathematisch kommt man offensichtlich zu gleichem Ergebnis, wie mit Liénard-Wiechert-Gleichungen, aber dieser Weg ist mit der Fälschung der Naturgesetze verbunden.

Als ob die Physiker irgendwas davon ahnten, denn die Liénard-Wiechert-Gleichungen aus den Lehrbüchern gar nicht verbannt wurden, sondern zur Relativitätstheorie adaptiert, indem man, zum Beispiel, relativistische Schreibweise mit

$$\beta = v/c$$

und

$$\gamma^2 = 1/(1 - \beta^2)$$

zur Darstellung etwa von elektrischer Feldstärke einsetzte

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1 - \frac{v^2}{c^2}}{\left(r - \vec{v} \frac{r}{c}\right)^3} \left(\vec{r} - \vec{v} \frac{r}{c}\right) \Rightarrow \vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \frac{\vec{n} - \vec{\beta}}{\gamma^2 (1 - \vec{n}\vec{\beta})^3}$$

oder Liénard-Wiechert-Potentiale mit relativistischen Faktoren approximierte, wie es zum Beispiel in Wikipedia für große Teilchengeschwindigkeiten vorgelegt wird:

$$\frac{1}{1 - \frac{v}{c}} \approx \frac{1}{1 - \frac{v}{c}} \cdot \frac{2}{1 + \frac{v}{c}} = \frac{2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 2\gamma^2$$

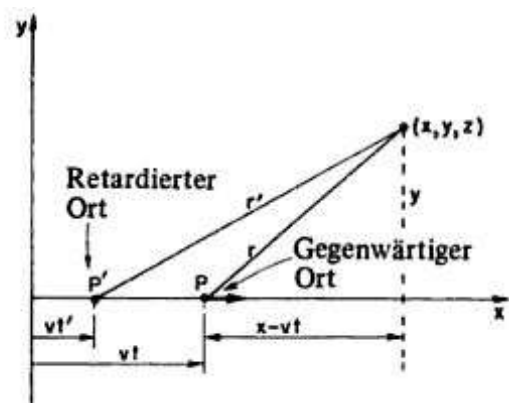
Hier multipliziert man den Liénard-Wiechert-Faktor mit einem anderen Faktor, der eigentlich mit der Formel nichts zu tun hat, aber er gleicht bei Teilchengeschwindigkeit nah der Lichtgeschwindigkeit

$$\frac{2}{1 + \frac{v}{c}} \approx \frac{2}{1 + \frac{c}{c}} = 1$$

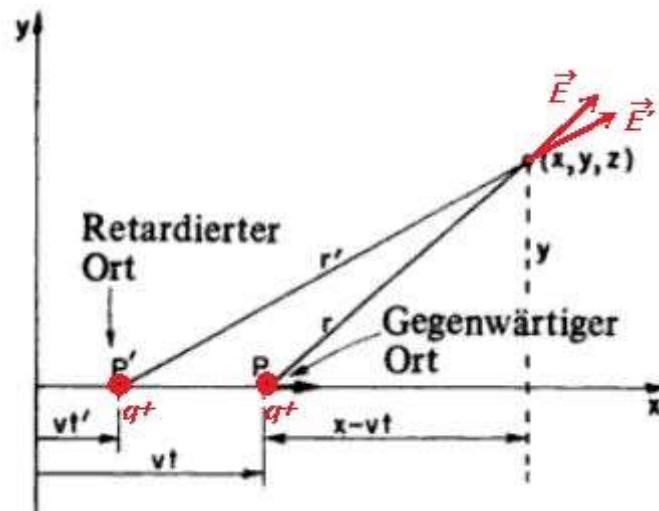
Mathematisch ist die Näherung korrekt und schließlich bekommt man einen relativistischen Ausdruck. Doch diese Transformation ist ohne physikalischen Sinn, weil es ursprünglich um ganz andere Abhängigkeit geht, die vollkommen nichtrelativistischen Vorgang zugrunde hat.

Die Spitze der Täuschung ist aber die Behauptung, dass der Unterschied nur in der Betrachtungsweise liegt. Zum Beispiel, in „Feynman-Vorlesungen über Physik: Elektromagnetismus und Struktur der Materie“ ist folgende Darstellung des Problems zu finden.

Fig. 26–1. Auffinden der Felder in  $P$ , hervorgerufen von einer Ladung  $q$ , die sich mit konstanter Geschwindigkeit  $v$  entlang der  $x$ -Achse bewegt. Das „jetzige“ Feld im Punkt  $(x, y, z)$  kann sowohl in Termen des „gegenwärtigen“ Ortes  $P$ , als auch in Termen von  $P'$ , dem „retardierten“ Ort (zur Zeit  $t' = t - r'/c$ ), ausgedrückt werden.



Wir haben quasi eine freie Wahl zwischen den zwei Standpunkten: „Retardierter Ort“ – der entspricht der Betrachtung von Liénard und Wiechert, und „Gegenwärtiger Ort“, womit die Relativitätstheorie arbeitet. Aber diese Freiheit ist illusorisch. In Feynmans Abbildung fehlen die Vektoren des elektrischen Feldes, obwohl gerade die Bewegung einer Ladung untersucht wird. Ich vermute, dass das sogar absichtlich gemacht wurde, weil unsere „freie Wahl“ zwei elektrische Feldvektoren produziert, die in verschiedene Richtungen zeigen.



Jetzt stellen wir uns ein geladenes Teilchen im Punkt  $(x, y, z)$  vor. In welche Richtung wird auf dieses Teilchen elektrische Kraft wirken?

Da das Teilchen nun allein ist, können die beiden Parteien nicht befriedigt werden. Aber die Natur muss sich entscheiden. Offensichtlich können dann nur Felder klassischer Elektrodynamik in Frage kommen.



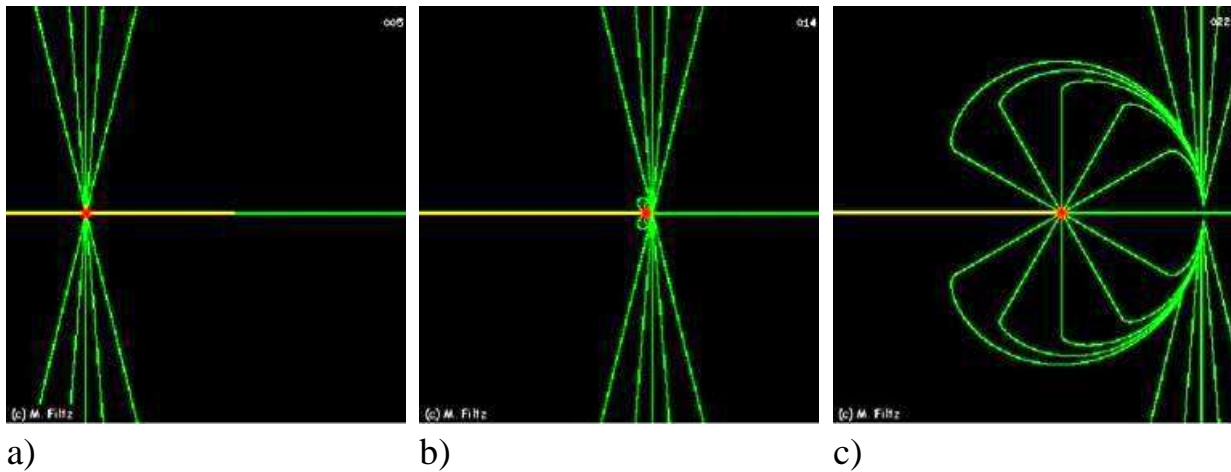
# Gemalte Felder der Relativitätstheorie

---

Fahren wir mit einer Computersimulation fort.

„Eine zunächst gleichförmig mit 99% der Lichtgeschwindigkeit  $c$  bewegte Punktladung wird innerhalb einer sehr kurzen Zeit zum Stillstand gebracht. Die Animation zeigt die elektrischen Feldlinien der dabei auftretenden Strahlung...“  
[42]

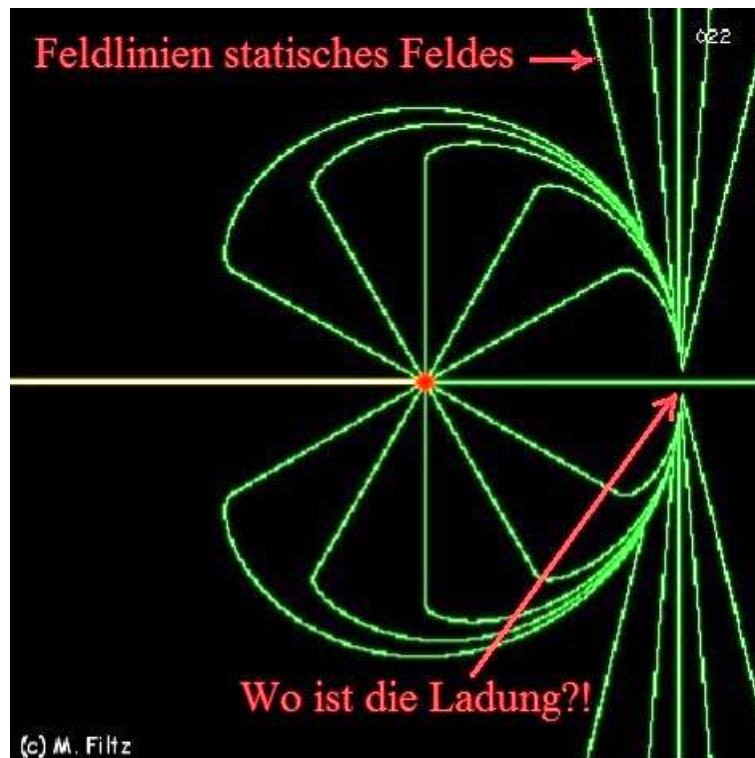
In nächster Abbildung sind drei relevante Screenshots a), b) und c) präsentiert.



Simulierte Feldlinien bewegender Ladung weisen ausgeprägte relativistische Länge-Kontraktion entlang der Fahrriichtung auf. Nach dem Stoppen von der Ladung wird das elektrische Feld wieder Kugelsymmetrisch.

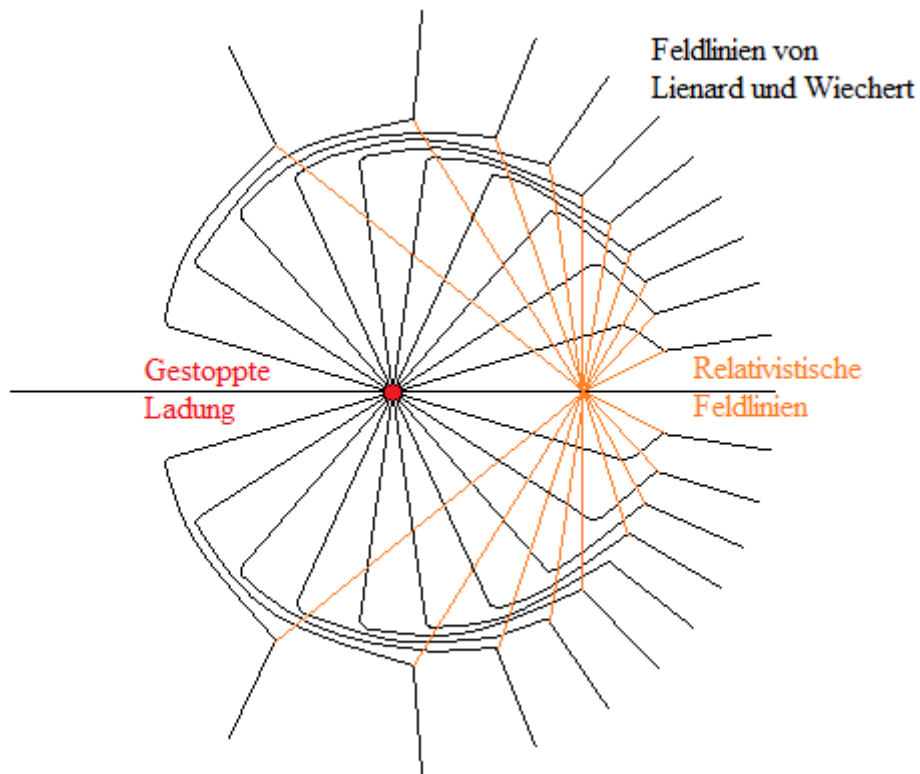
Der Übergang von stark abgeplattetem Feld zu kugelsymmetrischem Feld bildet eine Feldschicht, wo die Feldlinien senkrecht (transversal) zur Ausbreitungsrichtung des Feldes gerichtet sind. Diese Feldschicht präsentiert die Strahlung. In der Animation sind das die gebogenen Feldlinien.

Was uns aber bei c) stutzig machen soll, ist es, dass das abgeplattete statische Feld gleichmäßig bewegter relativistischer Ladung immer noch zu sehen ist. Die Ladung ist schon längst gestoppt worden, doch sein Feld scheint ein eigenes Leben zu haben und fährt weiter. Die resultierende Form des Strahlungsfeldes ist zwar richtig, doch ist die Existenz des statischen elektrischen Feldes ohne seine Quelle (Ladung) mit den Grundgesetzen der Elektrodynamik unvereinbar.



Die Absurdität der Situation entsteht dadurch, dass relativistische Feldlinien reale Feldlinien zwar verdecken aber jedoch an sie gekoppelt sind. Mit anderen Worten, die Fortpflanzung der Wirkung mit der Lichtgeschwindigkeit passiert entlang der anderen elektrischen Feldlinien von den Feldern, die sich mit Hilfe von Liénard-Wiechert-Gleichungen berechnen und zeichnen lassen.

Solange sich die Änderung des elektrischen Feldes entlang den klassischen Feldlinien mit der Lichtgeschwindigkeit wegbewegt, bewegt sich das Bündeln relativistischer Feldlinien in gleiche Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit wie die Ladung bevor (Abbildung).



So entsteht der Eindruck, das elektrische (und magnetische) relativistische Feld ein eigenständiges Leben führen kann, also, an die Ladung, das heißt, an den eigentlichen Ursprung des Feldes nicht wirklich gebunden ist. Diese Bewegung hat keinen materiellen Hintergrund, sondern entsteht allein dank Lorentz-Transformationen. Die Feldlinien sind quasi nur draufgemalt. Dieselbe Bedeutung kann man auch den Lorentz-Transformationen selbst zu schreiben.

## Zeitdehnung bestätigt eher Äthertheorie

---

Gemäß dem Relativitätsprinzip sind alle Inertialsysteme gleichwertig und jeder Beobachter kann sich als ruhend betrachten. Bewegen sich zwei Beobachter relativ zueinander, wird aus der Sicht des ersten Beobachters die Uhr des zweiten Beobachters wegen der Zeitdehnung nachgehen, und umgekehrt, aus der Sicht des zweiten Beobachters die Uhr des ersten Beobachters nachgehen. Um den Konflikt umzugehen, wurde das sogenannte Zwillingsparadoxon ausgearbeitet: Ein der Beobachter, zum Beispiel, in unserem Fall der Zweite, soll erst wegfliegen, danach aber unbedingt zu erstem Beobachter zurückkehren und nur dann findet der Uhrenvergleich statt. Wichtig ist der Wendepunkt, wenn der zweite Beobachter das Inertialsystem wechselt: Zuerst flog er von erstem Beobachter weg – ein Inertialsystem – und nach der Wendung zu erstem Beobachter zurück – ein anderes Inertialsystem. Im Wendepunkt wird seine Uhr auf einmal real nachgehen.

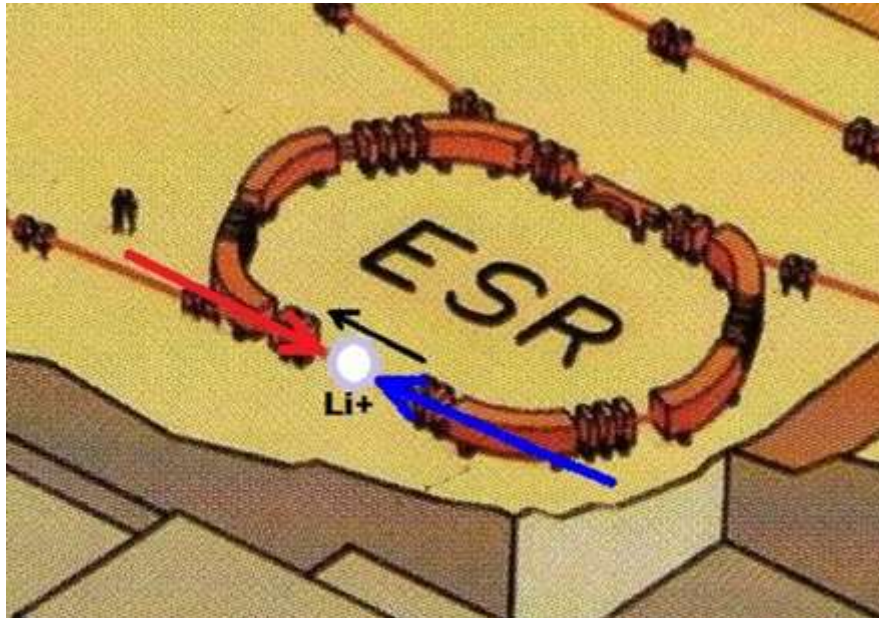
Man braucht eigentlich nicht zu versuchen, mit dem gesunden Menschenverstand diesen Zeitsprung zu verstehen. Das ist eben die zwingende Konsequenz der Speziellen Relativitätstheorie. Uns ist wichtig der Fakt, dass im Rahmen der Relativitätstheorie ein komplizierter Vorgang mit dem Hin- und Rückflug notwendig ist, damit die Zeitdehnung zur Realität wird.

In der Tat können die Versuche nach relativistischem Schema durchgeführt werden. So wurde zum Beispiel der Zerfall von Myonen untersucht, die in einem Speicherring mit dem Durchmesser von 14m fast mit der Lichtgeschwindigkeit kreisten [43]. Sie zerfielen 29 Mal langsamer als im Ruhezustand, also die Lebensdauer betrug  $64\mu\text{s}$  anstatt  $2.2\mu\text{s}$ , dabei aber kehrten sie regelmäßig zur Messapparatur zurück.

Das ist aber nur die halbe Wahrheit. Um die Zeitdehnung nachweisen zu können, braucht man in Wirklichkeit keinen Rückflug. Man braucht sogar keinen langen Hinflug – es reichen schon ein paar Meter und ein winziger Bruchteil einer Sekunde.

Am Speicherring ESR der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt wurde 2014 die Verlangsamung „innerer Uhr“ von den schnell bewegten Li-Ionen hochpräzise gemessen [44]. Dafür haben die Forscher den Doppler-Effekt zunutze gemacht. Die mit etwa ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit rasenden Li-Ionen wurden mit zwei Laserstrahlen aus entgegengesetzten Richtungen

angeregt. Der Laserstrahl, der den Li-Ionen zulief, hatte kleinere Frequenz als der Laserstrahl, der den Li-Ionen nachlief. Die Experimentatoren konnten die Frequenzen der Laserstrahlen so weit abstimmen, dass sie wegen des Doppler-Effekts für die Li-Ionen exakt gleich erschienen.

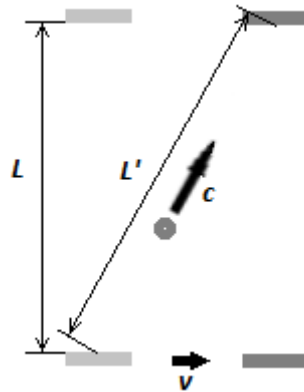


Das Messverfahren hatte zwar einen indirekten Charakter, trotzdem waren sich die Wissenschaftler in der Richtigkeit ihrer Voraussetzungen sicher, immerhin stammt die Grundidee der Verwendung des Doppler-Effekts für den Nachweis der Verlangsamung der Zeit von Einstein selbst.

Nun beweist das Experiment in Wirklichkeit keine relativistische Zeitdilatation, die erst nach der Rückkehr des Beobachtungsobjekts real wird, sondern enthüllt die Tatsache, dass die Zeitdehnung sofort, schon beim Vorbeiflug in eine Richtung eintritt. Wenn ein Li-Ion auf einem kurzen Abschnitt der Beschleunigerstrecke zwischen zwei Laserstrahlen geriet, findet augenblicklicher Uhrenvergleich statt. Die elektromagnetischen Wellen der Laserstrahlen schwingen nach Uhr des ruhenden Experimentators. Durch Anregung und Aussenden eigenes Fluoreszenzlicht, das registriert wird, zeigt Li-Ion, wie seine innere Uhr tickt, und sogleich steht fest, dass seine Uhr nachgeht.

Das wirft selbstverständlich die Frage auf: Wodurch könnte sofortige Wirkung der Zeitdehnung bedingt werden? So gehen wir an der Annahme der Existenz eines Lichtmediums, Äthers, der den Raum füllt, nicht vorbei. Zum Beispiel

würde eine im Äther bewegende Lichtuhr, die durch zwischen zwei Spiegeln pendelnder Lichtpuls realisiert wird, schon gleich nachgehen, weil die Lichtwege nicht nur in unserer Vorstellung, sondern real länger werden.



Eigentlich sollte der Irrtum viel früher auffallen. 1940 zählten Rossi und Hall die Anzahl der instabilen Myonen, die durch kosmische Strahlung entstehen und manche von ihnen fast mit der Lichtgeschwindigkeit in Richtung Erdoberfläche fliegen, am Gipfel und am Fuß des Berges (der Höhenunterschied betrug knapp 2km). Sie konnten die Verlangsamung des Zerfallsprozesses feststellen [45]... Aber die Myonen flogen nur in eine Richtung – von oben nach unten. Sie kehren zum Ursprungsort nicht zurück. Nichtsdestotrotz gingen ihre inneren Uhren schon beim Flug in eine Richtung langsamer.

Dass die Relativitätstheorie ein echtes Problem mit realer Änderung des Zeitlaufs hat, zeigt allein der Satz aus [46]. Es handelt sich um Global Position System, dabei

„Die Satellitenuhren verhalten sich so, als ob sie um  $4.44 \times 10^{-8}$  Prozent schneller gingen, als sie auf der Erde geeicht worden sind.“

Wegen des schwächeren Gravitationsfeldes gehen die Satellitenuhren schneller als auf der Erdoberfläche. Das ist eine Tatsache. Doch aus der Sicht der Relativitätstheorie tun sie nur so, „als ob sie um  $4.44 \times 10^{-8}$  Prozent schneller gingen“. Real gemessene Größe wird also für scheinbar erklärt. Und umgekehrt, was die Theoretiker für real halten, also sogenannte „Eigenzeit“ quasi echte Zeit, kann ausgerechnet mit den eigenen Satellitenuhren nicht gemessen werden, weil sie eben damit beschäftigt sind, sich so zu verhalten, als ob sie schneller gingen.

Vermutlich ist die ganze Absurdität der Situation den Verfechtern der Relativitätstheorie nicht mal bewusst, da sie so tief in ihrer Fantasie-Gedanken-Welt versunken sind. Andererseits ist reale Zeitdehnung in der Tat für das Relativitätsprinzip katastrophal. Wenn sich schon die Eigenzeit dehnt, was gerade in der Praxis beobachtet wird, geht jede Symmetrie verloren. Es ist egal, ob man nach Einstein oder nach sonst wem die Uhren synchronisiert, wenn die Eigenzeit in einem Bezugssystem relativ zum anderen real langsamer läuft, dann läuft die Eigenzeit in diesem anderen Bezugssystem relativ zum ersten zwingend real schneller. Das Relativitätsprinzip kollabiert.

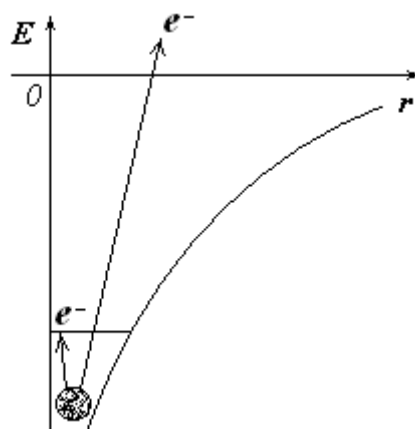
# Unsicherheit radioaktiver Datierung

---

Es ist schon eine Weile her (1996), als in Darmstadt ein Experiment [47] durchgeführt wurde, das die radioaktive Methode der Altersbestimmung, die bis dahin als absolut richtig galt, in Frage stellte. Heute will sich wohl keiner daran erinnern – wenn man die Folgen bedenkt, können auf einmal alle kosmologischen Modelle fallen. Wollen wir aber nach Wahrheit suchen, dürfen wir das außergewöhnliche Resultat dieses Experimentes nicht vergessen.

Um die Zeit vor der Entstehung der Erde und somit das Alter des ganzen Universums genauer abzuschätzen, versuchen die Wissenschaftler auch die radioaktive Datierung anzuwenden, doch nicht ohne seriöse Schwierigkeiten. Und als man dachte, dass der Durchbruch endlich gelungen war, wurde ein Experiment in Darmstadt durchgeführt, das im Prinzip die Gültigkeit der absoluten Datierung mit Hilfe vom radioaktiven Zerfall verletzte.

Unter anderen wird der Zerfall von Rhenium-187 in Osmium-187 durch Beta-Zerfall als universelle kosmische Uhr verwendet. Doch die dazugehörige Halbwertszeit von 42 Milliarden Jahren gilt, solange es um die neutralen Rhenium-Atome handelt. Während der Entwicklung der Sterne könnten die Rhenium-Atome teilweise oder vollständig ionisiert werden, was theoretisch den Zerfallsprozess beschleunigen könnte. Der Grund dafür ist einfach: Für das negativ geladenen Beta-Teilchen (d.h. Elektron) wäre leichter den Kern zu verlassen, wenn es nicht brauchte, das Anziehungsgebiet des positiv geladenen Kerns vollständig zu überwinden, sondern nur bis zur erst besten freien Elektronenhülle zu schaffen.

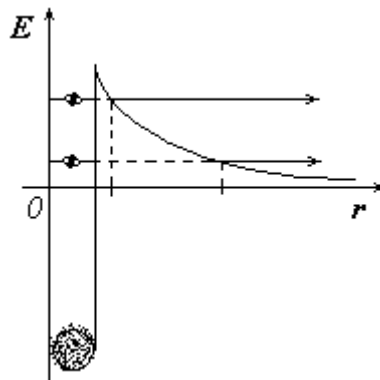




Das Experiment in Darmstadt brachte verblüffendes Resultat – Halbwertszeit von Rhenium-187 fiel bei vollständiger Ionisation bis auf 33 Jahre ab, also mehr als um eine Milliarde Mal!

Und Alpha-Zerfall hat auch eigene "schwache Stelle": Je höher ist die Energie der Alpha-Teilchen, desto schmaler und niedriger ist die Potentialbarriere, die zu überwinden gilt (nächste Abbildung).

Nach Geiger-Nuttall-Gesetz führt die Verdoppelung der Energie des Alpha-Teilchens zur Verkürzung der Zerfallszeit um 24 Größenordnungen (Trillion Trillionen)!



Mit Hilfe von Uran-Blei-Datierung wird das Alter der Erde auf etwa 4.6 Milliarden Jahre bestimmt. Diese Größe bildet die Basis. Alle kosmologischen Modelle fügen lediglich zusätzliche Milliarde Jahre hinzu. Aber bedenken wir, dass noch während der Synthese von den Uran-Atomen oder gleich danach die meisten Kerne wegen ihres erregten Zustandes und als Folge höherer Energie der Alpha-Teilchen zerfallen könnten.

Darüber hinaus gibt es also keine hundertprozentige Sicherheit, dass die Resultate des radioaktiven Verfahrens für die Altersbestimmung wirklich stimmen. So können Erde und Weltall durchaus viel junger – jedenfalls nicht älter – sein, und es handelt sich nicht nur um kleine Korrekturen, sondern können dies die Großordnungen sein.

# Alter der Spiralgalaxien

---

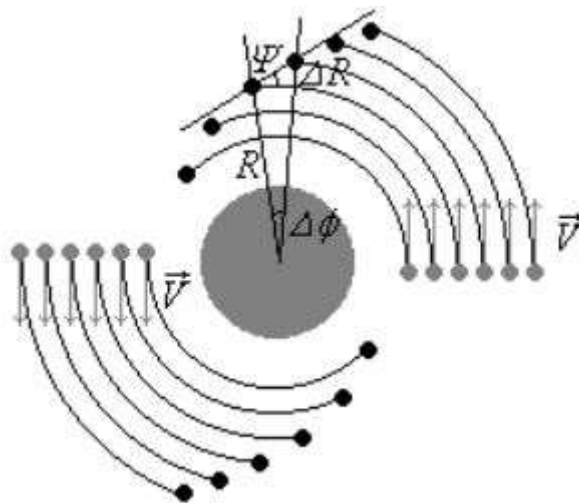
Plausibelste Erklärung für die Spiralstruktur unserer Galaxie und vieler anderen Galaxien ist das natürliche Aufwickeln der Spiralarmen.

Gleiche Geschwindigkeit besitzend, laufen die Sterne für gleiche Zeitspanne entsprechend gleichlange Strecken. Allerdings wird der Winkel ihrer Drehung von der Entfernung abhängig. Die Sterne, die sich näher zum Zentrum befinden, werden sich um einen größeren Winkel drehen. Auf diese Weise entsteht von selbst eine Spiralstruktur.

Wie lange sich die Galaxie aufgewickelt hatte, kann berechnet werden, wenn man die Neigung

$\Psi$

der Spiralarme kennt. Einfachheit halber betrachten wir zwei Sterne, die sich mit der gleichen Geschwindigkeit  $V$  bewegen.



Anfangs befinden sie sich ein über dem anderen, dabei unterer Stern in der Entfernung  $R$  vom galaktischen Zentrum. Nach einiger Zeit entsteht ein Unterschied zwischen den Winkeln ihrer Drehungen:

$$\Delta\phi = \frac{V\Delta t}{R} - \frac{V\Delta t}{R + \Delta R} = V\Delta t \frac{\Delta R}{R(R + \Delta R)} \approx V\Delta t \frac{\Delta R}{R^2}$$

Andererseits

$$\tan \Psi = \frac{\Delta R}{R\Delta\phi}$$

Resultat erster Gleichung in zweite eingesetzt, bekommen wir

$$\tan \Psi = \frac{R}{V \Delta t}$$

Daher

$$\Delta t = \frac{R}{V \tan \Psi}$$

Das Sonnensystem befindet sich im Abstand von ca. 8 kpc vom Zentrum der Milchstraße, ist 220 km/s schnell, die Neigung des Spiralarms im Gebiet des Sonnensystems beträgt 12°. Mit diesen Daten bekommen wir die Zeitspanne von 187 Millionen Jahren. Dies können wir schätzungsweise auch für das Alter unserer Galaxie halten. Andere Galaxien können sowohl größere als auch kleinere Neigung der Spiralarms haben. Kleinste Neigung liefert aber immer noch die Zeitspanne weniger als 1 Milliarde Jahre...

Ist das ganze Universum nur 1 Milliarde Jahre und nicht 13.7 Milliarde Jahre alt, wie es laut Urknalltheorie sein soll?

Noch vor ca. 15 Jahren war das Dilemma den Astronomen voll bewusst. Man hat versucht, das Problem mit allen theoretischen Mitteln umzugehen.

Die gängige Theorie war die Dichtewellentheorie. Man tippt auf mögliche Existenz der Dichtewellen in den Urwolken. Doch die Bildung schon der ersten Sterne würde die Dichte der Dichtewellen verringern und sie wären schnell erstickt. In darauffolgender Zeit passierte ganz normales Aufwickeln der bereits durch die Dichtewellen gebildeten Spiralarms, wodurch die Dauer des Aufwicklungsprozesses sogar verkürzt würde.

Hatte man die Lösung inzwischen gefunden? – Keine Spur davon. Man hat lediglich die Öffentlichkeit mit neuer Information überflutet. Es gibt sogar den Begriff der Halbwertszeit des Wissens: Jede 10 Jahre oder weniger verfällt das Wissen. Durch immer neue Beobachtungen, Experimente, Berechnungen, Theorien und Lawinenartige Veröffentlichungen wird jedes Wissen schon bald nicht mehr aktuell. So geraten auch ungelöste Probleme in Vergessenheit.

In Computer-Simulationen wird der Ansatz der Wellendichtentheorie nicht verwendet. Dafür kommt ein anderer Trick ins Spiel. Das Spiralmuster wird dadurch erhalten, dass es stets kleinere Galaxien vom Außen zugefügt werden, die während der Verschmelzung mit großer Galaxie erst zu Spiralarms gezogen werden und nur danach im Zentrum der Galaxie (Bulge) verschwinden. Wieder

und wieder kommen kleine Galaxien hinzu, deshalb sehen die Galaxie auch nach Milliarden von Jahren genauso wie im Anfang aus.

Jetzt zeigt aber neue Studie:

„Keine Verschmelzung. Spannend ist das X im Herzen unserer Galaxie aber nicht nur wegen seiner ungewöhnlichen Form. Es liefert auch wertvolle Informationen darüber, wie die zentrale Verdickung der galaktischen Scheibe einst entstand. Bisher gab es dazu zwei konkurrierende Theorien. Der ersten nach bildete sich der Bulge, als unsere Galaxie mit anderen, kleineren Galaxien verschmolz und dabei neue Sterne und Materie hinzugewann.

Das Alternativmodell sieht den Bulge dagegen als dynamische Struktur, die ohne Zutun von außen aus der Evolution der bereits vorhandenen Sterne unserer Galaxis hervorgegangen ist. Dabei bilden die Umlaufbahnen der Sterne brezelartige Schlingen um den Balken, durch die der Bulge ein etwas eckiges Aussehen bekommt – oder eben zeitweise auch einen X gleicht. Die nun in der neuen WISE-Aufnahme sichtbare X-Struktur stützt dieses zweite Szenario.“

[48]

Ab und zu taucht das Dilemma des wirklichen Alters des Universums in abgeänderter Form wieder auf.

Warum sind, zum Beispiel, in jungem Universum voll ausgeprägte „alte“ Galaxien zu finden? Oder, warum gelingen die Aufnahmen von weit entfernten Galaxien sehr gut? Oder, warum erscheinen uns ferne Galaxien groß?

Es gibt ja eine Erklärung parat [49]:

„Der Grund... liegt darin, dass das Licht, das uns von ferneren Objekten erreicht, zu einem Zeitpunkt abgestrahlt wurde, als das Universum kleiner war. Diese Objekte waren uns also zu diesem Zeitpunkt also näher und erscheinen damit größer, obwohl sie heute weiter entfernt sind.“

Nun, wenn wir für eine Sekunde die Rotverschiebung vergessen und die Entfernung nach der Größe der Galaxien beurteilen, dann dürfen sie alle relativ nicht weit von uns entfernt sein – vielleicht nur 1 Milliarde Lichtjahre...

Was ist dann mit der Rotverschiebung?

Die Rotverschiebung der entfernten Galaxien wird üblicherweise durch den Doppler-Effekt gedeutet, was automatisch zur Schlussfolgerung führt, dass die Galaxien voneinander wegfliegen – das Weltall dehnt sich also aus. Eine Extrapolation in die Vergangenheit sollte den Zeitpunkt des Urknalls zeigen.

Aber die Wissenschaftler laufen in die Falle. Es geht wiederum um fernste Galaxien. Zwar werden ständig neue entdeckt, die immer größere Rotverschiebung aufweisen.

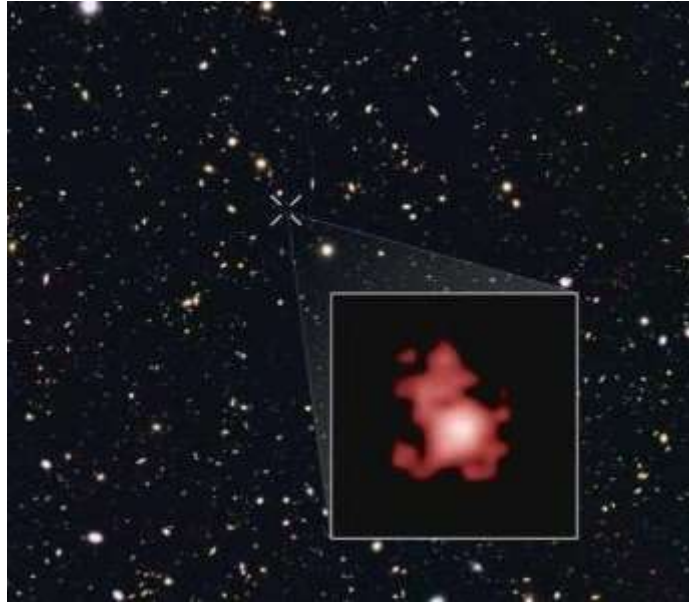
Auf diese Weise wird es allmählich knapp mit der Zeit, die nötig wäre, die fertigen Galaxien entstehen zu lassen.

Schon jetzt müssen sich die Astronomen manche wunderbaren Dinge einfallen lassen, so wie in nächster Meldung, wo eine unsichtbare Galaxie den Wissenschaftlern geholfen hat, eine sichtbare Galaxie überhaupt sehen zu können [50]:

„Das Licht von UDFy-38135539 stammt aus der Zeit, als das Universum 600 Millionen Jahre alt war... Bis ca. eine Milliarde Jahre nach dem Urknall war es zu einem großen Teil mit einem lichtundurchlässigen Nebel aus Wasserstoff-Gas gefüllt. UDFy-38135539 war aber allein nicht stark genug, um den kosmischen Nebel in seiner Umgebung aufzulösen, nehmen die Forscher an. ‚Es muss andere Galaxien geben, wahrscheinlich schwächer leuchtende und weniger massereiche Nachbargalaxien von UDFy-38135539, die auch dabei geholfen haben, das Universum in der Umgebung frei zu machen‘, sagt Mark Swinbank, einer der Wissenschaftler. Ohne die Hilfe dieser benachbarten Galaxien wäre das Licht von UDFy-38135539 im umliegenden kosmischen Nebel abgefangen worden und hätte die Erde nicht erreicht, sagt der Forscher.“

Beim Aufspüren von weit entfernten Galaxien werden auf dem Himmel dunkelste Ecken aufgesucht und mit mehrstündiger Expositionszeit fotografiert. Da kommen rotfarbige und stark verschwommene Formationen zum Schein.

Feine Strukturen, z.B. getrennte Sternhaufen, kann man nicht erkennen, aber man geht davon aus, dass es um eine Galaxie handeln soll. Aber genauso gut könnte es um einen schwach leuchtenden Stern handeln, die noch dazu von dichter Staub-Gestein-Wolke umhüllt ist. Hier ist ein Beispiel einer roten Formation, die für fernste Galaxie gehalten wird [51].



Doch endlich beginnen die Astronomen sich zu korrigieren [52].

„Seit rund zwei Jahrzehnten kennen Astronomen das Objekt VLA J2130+12, das sich am Himmel in unmittelbarer Nähe des Kugelsternhaufens Messier 15 befindet. Trotzdem glaubten die meisten Astronomen, dass es sich bei VLA J2130+12 nicht um ein Objekt unserer Milchstraße, sondern um **eine weit entfernte Galaxie** handelt. Eine neue Entfernungsbestimmung mithilfe eines internationalen Netzwerks aus Radioteleskopen ergab nun aber, dass VLA J2130+12 gerade einmal **7.200 Lichtjahre von der Erde entfernt** ist.“

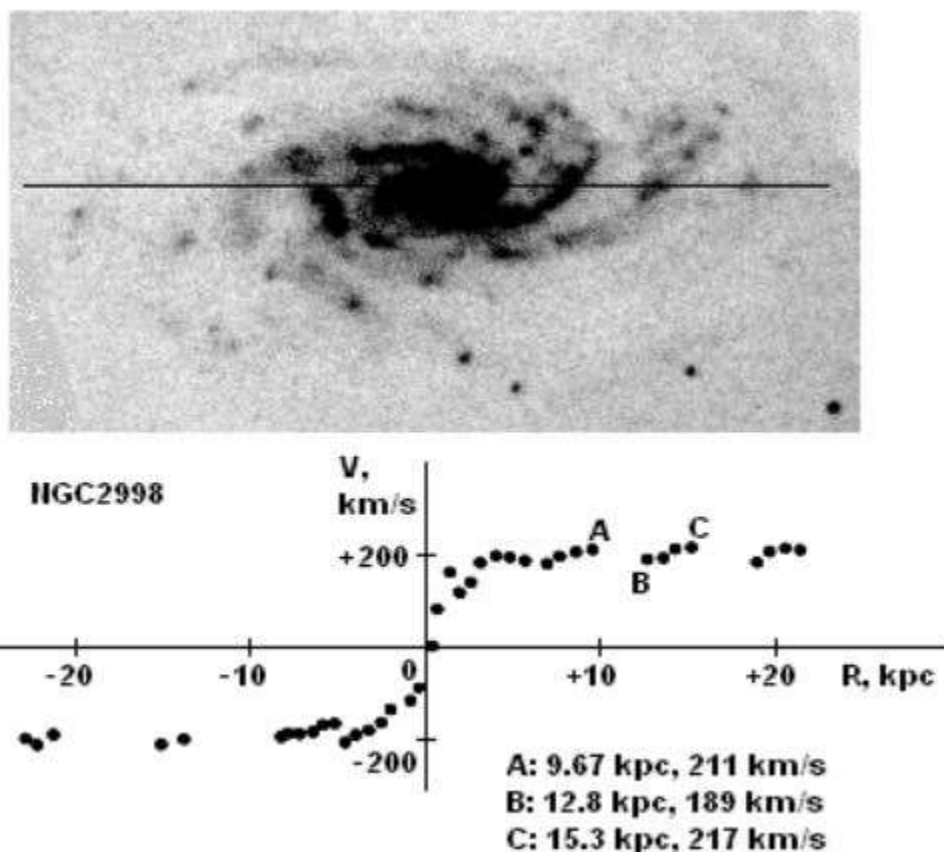
Zwar erfinden die Wissenschaftler eine zur Zeit beliebte Geschichte mit einem Schwarzen Loch, um konfuse Verwechslung zu rechtfertigen, aber der Fakt ist da: Die Urknalltheorie-Grundsätze haben in diesem konkreten Fall jämmerlich versagt. Und wer weiß, bei wie vielen andren Objekten dies auch der Fall ist!

# Rotationskurven und Dunkle Materie

---

Was die Forscher üblicherweise für Unordnung halten und durch eine Gerade auszugleichen versuchen, hat meine Neugierde erweckt: Eigentlich sind die Rotationskurven der Spiralgalaxien nicht nur flach, sondern enthalten erkennbare Oszillationen.

Auch wenn deren Amplitude sehr klein erscheint, sind sie mit sehr starken Schwankungen der Massendichte verbunden. Als anschauliches Beispiel betrachten wir die Rotationskurve von Spiralgalaxie NGC2998 (Negativ, [53]).



Uns interessiert die Massendichte in den Bereichen AB und BC. Für die Abschätzung nehmen wir an, dass die galaktische Scheibe genauso wie in unserer Galaxie etwa 1kpc (1kpc ~ 30 Millionen Milliarden Kilometer) dick ist. Die gemessenen Geschwindigkeiten in Punkten A, B und C erlauben die eingeschlossenen Massen zu bestimmen.

Zentrifugalbeschleunigung

$$\frac{V^2}{R}$$

und Gravitationsbeschleunigung

$$G \frac{M}{R^2}$$

müssen sich bei einem Stern genau ausgleichen, damit der Stern seinen Abstand  $R$  vom Galaxie Zentrum beibehält. Daher lautet die Arbeitsformel:

$$\frac{V^2}{R} = \frac{GM}{R^2} \Rightarrow M = \frac{RV^2}{G}$$

Dementsprechend sind eingeschlossene Massen:

$$M_A = 1.99 \cdot 10^{41} \text{ kg}$$

$$M_B = 2.11 \cdot 10^{41} \text{ kg}$$

$$M_C = 3.33 \cdot 10^{41} \text{ kg}$$

Daraus ergeben sich dazugehörige Dichten:

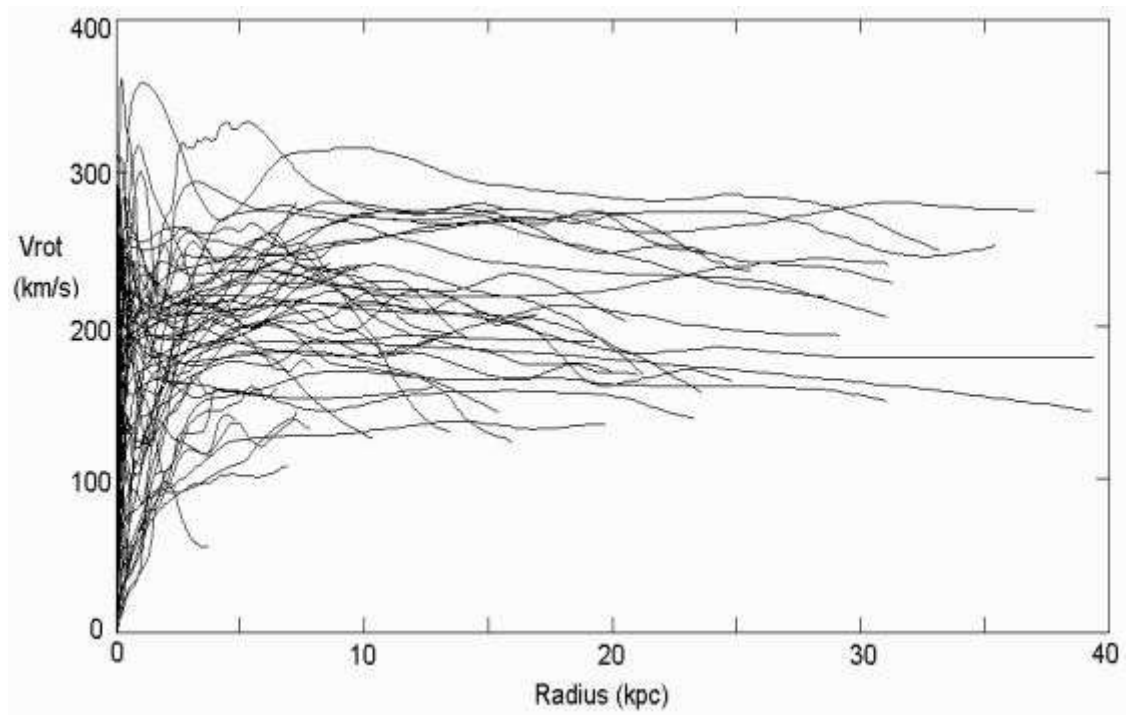
$$\rho_{AB} = \frac{M_B - M_A}{\pi h(R_B^2 - R_A^2)} \approx 1.85 \cdot 10^{-21} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{BC} = \frac{M_C - M_B}{\pi h(R_C^2 - R_B^2)} \approx 1.88 \cdot 10^{-20} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

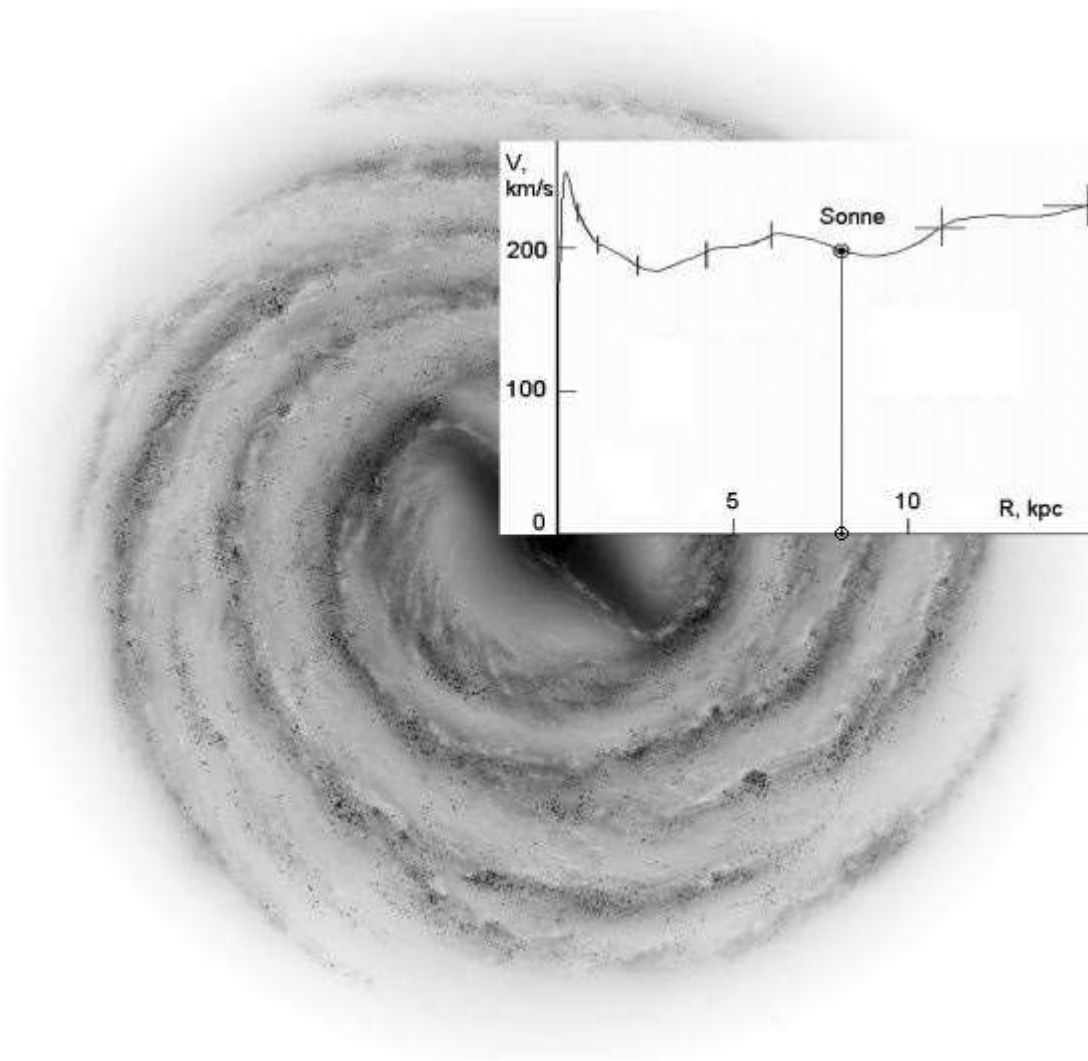
Der Unterschied beträgt eine ganze Größenordnung!

Wodurch kann dieser Unterschied bedingt werden? Auf dem Foto weist die Galaxie eine Spiralstruktur auf, die beim genaueren Betrachten noch weit außerhalb der Mitte zu erkennen ist. Ferner weisen die Spiralarmlen keine kontinuierliche Struktur auf. Sie sind quasi aus mehreren Abschnitten zusammengesetzt. Daher kommt offensichtlich gewaltige Dichteschwankung. Ferner muss man bedenken, dass so gut wie jede Rotationskurve oszilliert [54], das heißt, das Phänomen ist von allgemeinem Charakter.





Und unsere Milchstraße ist keine Ausnahme. Zusammengefügte Zeichnung und Rotationskurve weisen auch auf ähnliche Variationen bei radialer Verteilung sichtbarer Materie und Geschwindigkeiten der Sterne hin.

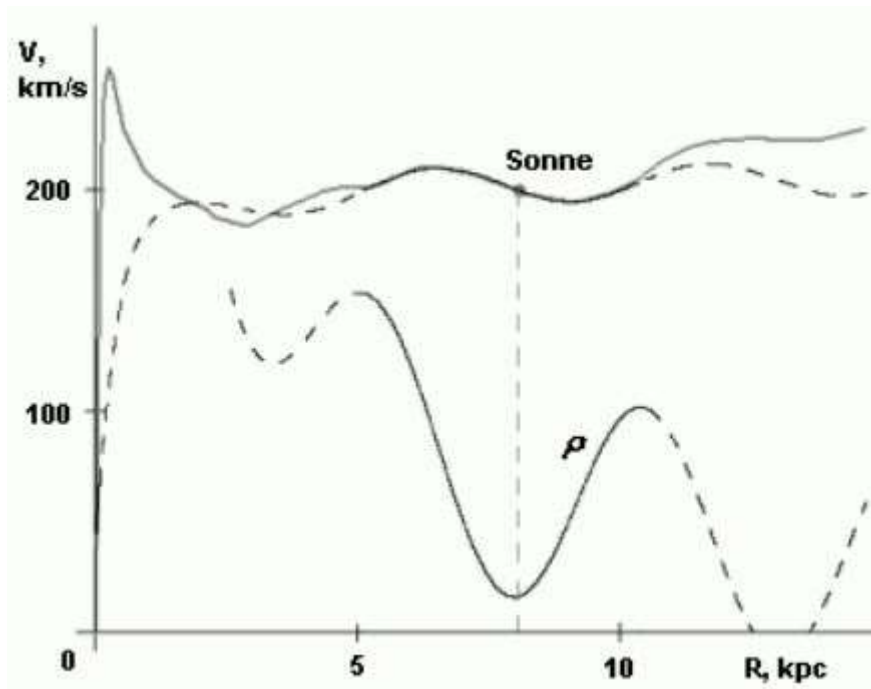


Zuerst kommt der rasche Aufstieg der Geschwindigkeit im Zentrum der Galaxie, offensichtlich, wegen großer Massendichte. Danach folgt der Abfall der Geschwindigkeit, da die Balken der Verdickung (Bulge) immer dünner werden. An innerem Ring findet zweiter Aufstieg der Geschwindigkeit statt. Die Aufspaltung zu den Armen führt vermutlich zum Abfall durchschnittlicher Massendichte und als Folge zu sinkender Geschwindigkeit der Sterne etwa im Sonnenabstand.

Dieser Bereich kann durch folgende oszillierende Funktion der Massendichte für 1kpc-dicke galaxische Scheibe approximiert werden:

$$\rho = \frac{\rho_0 R_0}{R} \left[ 1 + \frac{R}{R_1} \cos \left( \frac{R}{R_2} + \varphi \right) \right]$$

$$\rho_0 R_0 = 3.28 \frac{kg}{m^2}, R_1 = 10.5 \text{ kpc}, R_2 = 0.82 \text{ kpc}, \varphi = -0.2 \text{ rad}$$



Wir befinden uns in fast leerem Raum und wohl deswegen können die Dunkle Materie nicht sehen: Sie ist weit weit von uns entfernt und zwar in den galaktischen Armen verborgen.

Die Massendichte in Sonnenumgebung beträgt etwa

$$7 \cdot 10^{-21} \text{ kg/m}^3$$

Auf dem Wert gestützt, bekommen wir für die Entfernung 5 kpc vom Zentrum der Galaxie mehr als zehnmal größere Dichte

$$7.2 \cdot 10^{-20} \text{ kg/m}^3$$

Die Massendichte der Sterne in dieser Region ist aber fünfmal kleiner [55]. Zum Rand der Galaxie wächst die gesamte Massendichte relativ zur Sonnenumgebung wieder und erreicht bei etwa 10 kpc

$$4.8 \cdot 10^{-20} \text{ kg/m}^3$$

was schon zwanzigmal (!) größer ist als dortige lokale Massendichte der Sternkomponente.

Wie können wir solch einen gewaltigen Unterschied erklären?

Dunkle Materie soll also in den Spiralarmen konzentriert sein. Dies widerspricht direkt der Annahme, dass sie aus den Teilchen besteht, die die Galaxien wie

Halos umgeben. Dagegen erinnert dies stark an Asteroidengürtel im Sonnensystem oder Ringe um Planeten Saturn und Jupiter.

Deshalb kann es bei Dunkler Materie um Gesteinsbrocken wie Asteroiden, Planeten und um Wasser der Kometen und Schneeballen handeln. Sie sind klein, um aus großer Entfernung gesehen zu werden, aber prinzipiell, das heißt in Unmengen, können sie die Hauptmasse unserer Galaxie und anderer Galaxien ausmachen.

Diese Idee ist eigentlich nicht neu, aber sie wird verworfen, weil es viel zu große Mengen von Planeten und Kometen existieren sollen. Zwangsläufig gäbe es ständige Kollisionen, die Bruchstücke flogen im Raum herum und der Himmel würde verdeckt und verdunkelt, was in unserer Nähe nicht der Fall ist...

Und wir wissen jetzt warum – weil sich unser Sonnensystem ausgerechnet in der Zone mit sehr niedriger Massendichte befindet!

Hier gibt es nun sehr wenig Planeten und Kometen, die im Raum zwischen den Sternen herumfliegen. Und das ist auch gut so, sonst wäre das Leben auf der Erde durch ständige Meteoriteneinschläge längst zerstört.

Dafür gibt es noch einen weiteren Beweis: Ein Astronementeam die Bewegung von ca. 400 Sternen in Sonnenumgebung +/- 4 kpc (~ +/- 13000 Lichtjahre) untersucht.

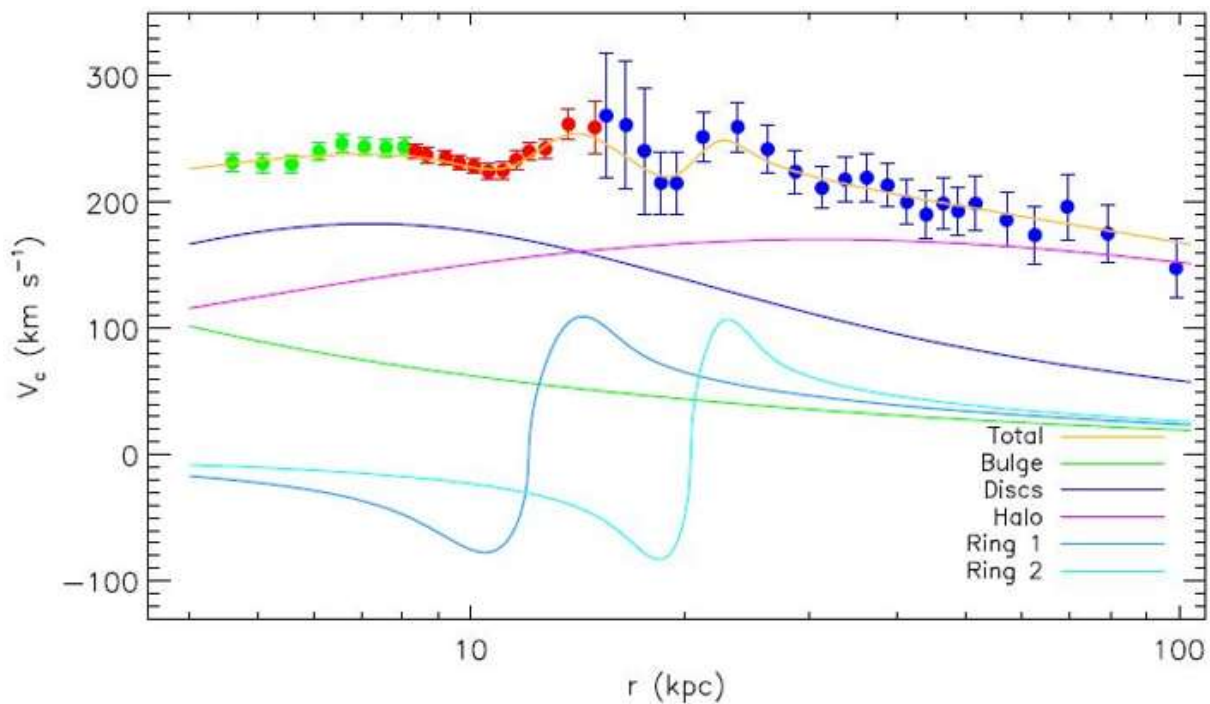
„Die Menge an Masse, die wir errechnet haben, stimmt sehr gut mit dem überein, was wir in der Region rund um die Sonne sehen - Sterne, Gas und Staub“, erläutert Teamleiter Christian Moni Bidin vom Departamento de Astronomía der Universidad de Concepción in Chile. "Das lässt aber keinen Raum für anderes Material, also Dunkle Materie, die wir dort erwartet hatten. Unsere Berechnungen zeigen, dass sie eigentlich eindeutig messbar hätte sein müssen. Aber sie ist einfach nicht da gewesen.“ [56]

Nächste Abbildung zeigt untersuchte Region als Sphäre.



Die Rotation von Galaxien ist nicht die einzige Beobachtung, die die Existenz von Dunkler Materie belegen. Da sind noch die Galaxiehaufen und heiße Gasen, die irgendwie zusammengehalten werden sollen... Alles im Dunkeln. Doch genau oszillierende Rotationskurven geben uns einen ausschlaggebenden Hinweis, worum es sich bei Dunkler Materie eigentlich handeln soll. Und dieser Hinweis ist so offensichtlich, dass man einfach nicht wegschauen darf.

Eine weitere Bestätigung liefert die Arbeit [57]. Eine Gruppe aus drei Astronomen hat die Rotationskurven von 153 Galaxien (sogar von verschiedenen Typen, also, nicht nur von Spiralgalaxien) sorgfältig untersucht, ohne ein bestimmtes Modell dunkler Materie zu verfolgen, und kam zum Schluss: „The dark and baryonic mass are strongly coupled.“ Das heißt, die Verteilungen dunkler und normaler Materie sind stark gekoppelt, also, sie haben denselben Schluss gefasst, wie wir oben aufgrund der Oszillationen in den Rotationskurven der Spiralgalaxien. Die Wissenschaftler gehen sogar weiter und führen zwei galaxische Ringe aus Dunkler Materie ein [58].

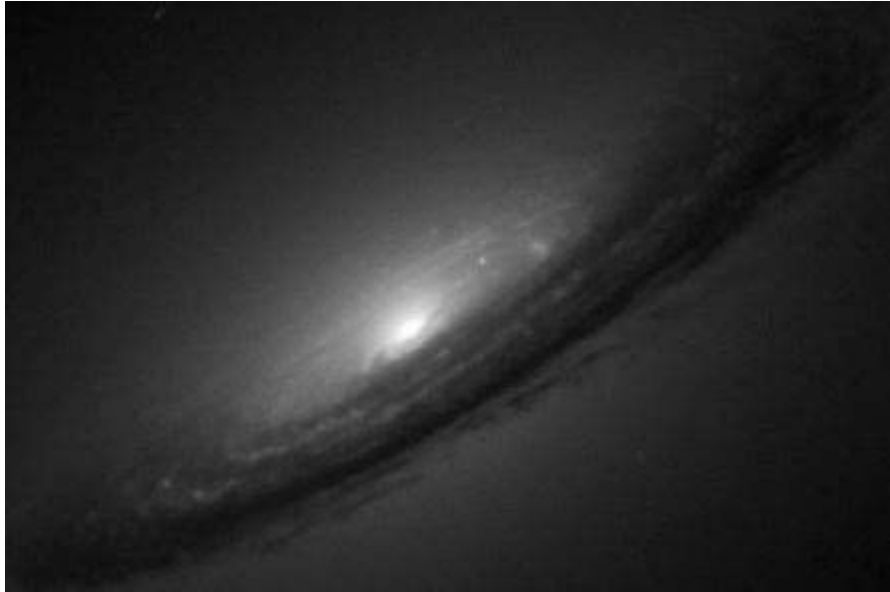


Warum nun nicht gleich zwei Ringe aus normaler Materie? Die Ringe aus Gestein und Eis sind doch sehr verbreitete und gewöhnliche kosmische Formation. Eigentlich wurde schon 1969 die Spiralstruktur als Ursache für die Oszillationen in den Rotationskurven in Betracht gezogen [59]:

„In the past, rises (or bumps) in galactic rotation curves have been interpreted as due to the presence of spiral arms [17]. Spiral arms may in fact cause some of the rises in rotation curves.“

[17] C. Yuan, *Astrophys. J.* 158 (1969) 871; W.B. Burton, W.W. Shane, in: W. Becker, G.I. Kontopoulos (Eds.), *Proceedings of the 38th IAU Symposium the Spiral Structure of our Galaxy*, Reidel, Dordrecht, p. 397; W.W. Shane, *Astron. Astrophys.* 16 (1972) 118.“

Manchmal wundern mich moderne Astronomen sehr, als ob es für sie hauptsächlich darum ginge, trotz neuen Erkenntnissen nur weiter wie vorher stur zu machen. Der verborgene Anteil der Materie ist bei manchen Galaxien sogar kaum zu übersehen. Es sind zum Beispiel M64 („Schwarzaugen“), NGC891, NGC4526

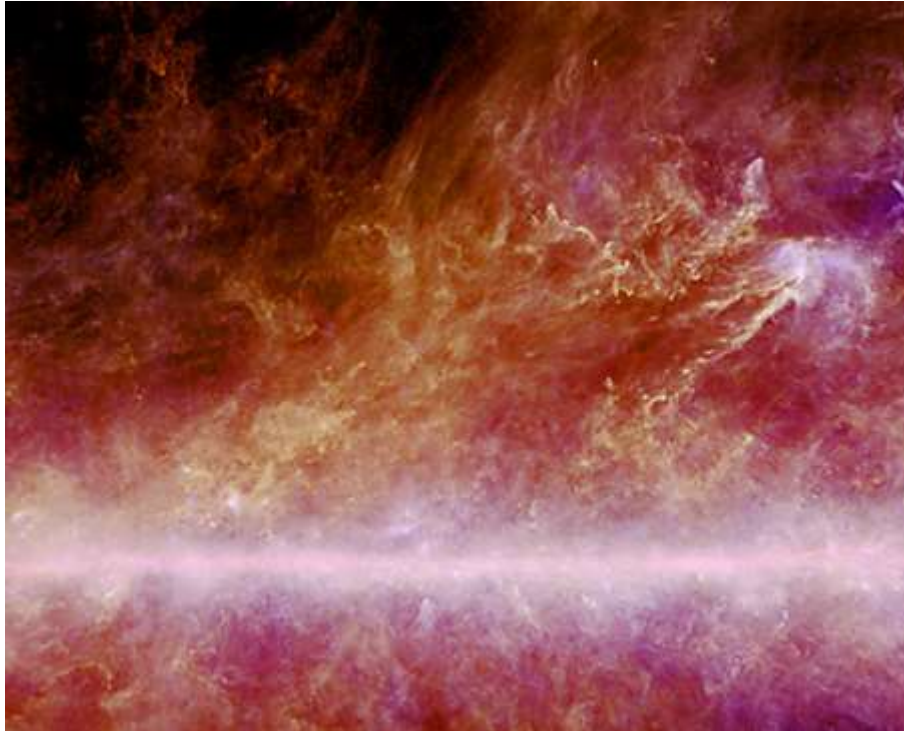


und andere. Sie sind von dunklen scheibenförmigen Wolken umgeben. Man behauptet, es sei nur der Staub (und Gas). Aber dies können genauso gut Planeten, Kometen und kleineres Gestein (Geröll) sein. Chemisch sind Staub und Gestein sogar dasselbe. Feine Staubpartikel können wegen ihrer kleinen Masse aber relativ großer Oberfläche vom Sternenlicht leicht erwärmt werden und durch Strahlung im Infrarotbereich, deren Wellenlänge etwa ihrer Größe entspricht, sogar in fernen Galaxien erkannt werden.

Gestein kann allerdings auf diese Weise nicht entdeckt werden, denn die Steine einfach zu massiv sind und können sich nur durch eigene Wärmestrahlung (näherungsweise, schwarzen Körpers) bemerkbar machen. Dadurch werden sie auch quasi unsichtbar: Durch die Wärmeaustausch passt der Gestein sich wie ein kosmischer Chamäleon zu kalter Umgebung genau an und wird zu perfektem „Versteck“ für Dunkle Materie.

Ein paar Hinweise auf Gestein-Komponente der Staubwolken gibt es doch. Wie gesagt kann sich das Gestein durch eigene Wärmestrahlung bemerkbar machen. Nahe den Sternen kann es deshalb so warm werden, dass es die Infrarotstrahlung zu emittieren beginnt, die ihrerseits mithilfe der Infrarotspektroskopie erfasst werden kann. Und in der Tat beobachtet man in den Galaxiespektren die Infrarotbuckel (sogenanntes Infrarotexzess).

Ferner wird eine faserartige Struktur der Staubwolken in der Milchstraße erkannt.



„Ein neues Bild des ESA Satelliten Planck zeigt riesige Fäden aus kaltem Staub, die sich durch unsere Galaxie ziehen...“ [60]

Die Bildung von Fäden kann man etwa von einem zähflüssigen Stoff erwarten, wenn dieser auseinandergezogen wird, aber nicht von Anhäufungen feiner Partikeln, die wegen ihrer kleinen Massen nicht mal merklich gravitativ miteinander wechselwirken können.

Deshalb kann man hinter Bildung dieser Strukturen massive Gesteinsbrocken vermuten, die durch Schwerkraft aneinander ziehen. Die Drehung galaxischer Scheibe und Geschwindigkeitsunterschiede können dann dazu führen, dass faserartiges Gewebemuster zum Schein kommt.

In dieser Hinsicht ist auch die Beobachtung von NGC6943 interessant. Folgendes Bild zeigt links die Galaxie in optischem Bereich und rechts deren Radiostrahlung von atomarem Wasserstoff und beides mit gleicher Skalierung [61]:





Man kann ja wieder sagen: Es sei dies nur das Gas, das sich soweit nach Außen ausbreitet. Aber die Struktur, die wir sehen, ist gleiche wie die von den Spiralarmlen. Das Gas sammelt sich offensichtlich um gewöhnliche schwere Materie aus Gestein, wodurch seine Verteilung dem gleichen Muster folgt.

Auch die Satellitengalaxien folgen anscheinend derselben Gesetzmäßigkeit, also reichen die Spiralarmlen vielleicht bis dahin.

„Sie [Satelliten-Galaxien um Milchstraße und Andromedanebel] liegen aber nahe einer Ebene, bilden also eine Art Scheibe – etwa wie die Eis- und Gesteinsbrocken, aus denen die Ringe des Saturn bestehen.“ [62]

Da astronomische Messinstrumente immer verfeinert werden, zeigen sich die Astronomen immer öfter überrascht, weil sie sich über das stolpern, was laut anerkannter Theorien, sprich der Theorie Primordialer Nukleosynthese, gar nicht existieren darf:

„Die bislang tiefste und flächendeckendste Aufnahme seines Zentrums gelang ihnen mit dem HAWK-I-Infrarotinstrument am Very Large Telescope (VLT) der ESO in Chile. Das Ergebnis ist nicht nur ein Bild von beeindruckender Schönheit, sondern auch eine echte Überraschung. Denn die Aufnahme enthüllte, dass es im Orionnebel eine unerwartet große Zahl an Objekten mit niedriger Masse gibt. Die Forscher fanden zehnmals so viele lichtschwache Braune Zwerge und isolierte Objekte planetarer Masse als bisher angenommen.“ [63]

Entgegen kommt das Versagen an anderer Seite:

„Woraus besteht die Dunkle Materie, die mehr als ein Viertel unseres Universums ausmacht? Das bisher sensibelste Experiment dazu hat nun seine Arbeit eingestellt - ohne Antworten zu finden.

Mit immer neuen Instrumenten haben Forscher nach den geheimnisvollen Teilchen der Dunklen Materie gesucht... Doch die Detektoren haben bisher nicht allzu viel gemessen, was bei der Suche weiterhalf.“ [64]

Und die Erwartungen für einen Erfolg in nächster Zukunft sind nicht die hellsten:

„...geplant ist ein noch größerer Detektor gleicher Bauart namens LUX-ZEPLIN mit 7.000 Kilogramm also etwa 20 Mal mehr Xenon, und der will finanziert sein. Aber statt 100 erwarteter Lichtblitze nur null gemessene ist schon verdammt wenig, und nach Adam Riese ist 20 mal null auch null.“ [65]

Ja, man kann auch weiter versuchen, exotische Teilchen zu Hilfe zu rufen, die nie existierten und nicht zu existieren beginnen, auch wenn die Wissenschaftler nach ihnen mühsam suchen. Aber es ist doch viel vernünftiger zuerst die Dinge in Betracht zu ziehen, die wir bereits als reale Objekte kennen.

# Erfundener Welle-Teilchen-Dualismus

---

Die Idee des Welle-Teilchen-Dualismus gehört Thomas Young. Mit seinen Interferenzversuchen konnte er beweisen, dass das Licht aus Wellen besteht. Doch er wagte nicht der Newtons Autorität zu widersetzen. Newton legte fest, dass das Licht aus kleinsten Teilchen (Korpuskeln) bestehe.

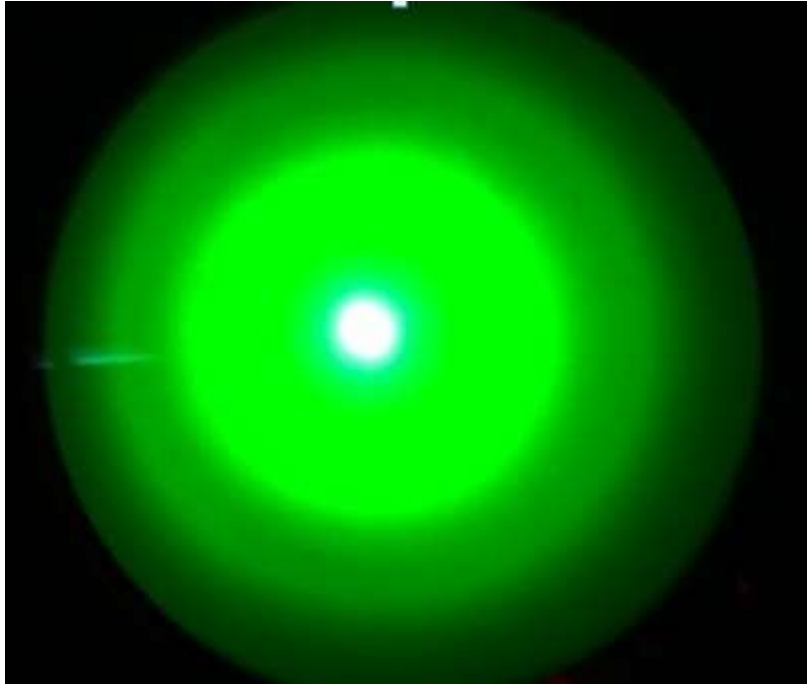
Nun stand Young vor dem scheinbar unüberwindlichen Dilemma. Er suchte nach einem Schlupf loch und fand es, indem er die doppelte Natur des Lichtes vorschlug: Das Licht sei sowohl Teilchen als auch Wellen.

Bis jetzt versteht es keiner, wie es wirklich funktionieren soll, trotzdem wurde diese Annahme akzeptiert und in der Quantentheorie voll ausgenutzt.

An die Spitze getrieben, wird heute vom gleichzeitigen Passieren eines Teilchens durch zwei Spalten erzählt. Danach interferiere es mit sich selbst, wenn es nicht beobachtet wird, bzw. verhalte sich wie ein gewöhnliches Teilchen, wenn es nah an einem der Spalten erwischt wird... Als ob es noch nicht irrsinnig genug wäre, beschreibt man genüsslich, wie eine Katze am grausamsten hingerichtet werden könnte...

Um die Welleneigenschaften von den Teilchen zu demonstrieren, wird speziell präparierte Elektronenröhre verwendet: Der Elektronenstrahl dringt den polykristallinen Graphit durch und auf dem Fluoreszenzschirm erscheint ein Interferenzmuster im Form der Ringe.

Die „Wellenausbeute“ wird jedoch nicht verraten. Nun wenn wir jetzt das Beugungsbild betrachten



fällt uns sofort ein äußerst heller Fleck in der Mitte auf (übrigens wird er oft mit pechscharer Farbe vom Außen übermalt). Das sind die Elektronen, die keine Beugung erfahren haben. Die Hintergrundbeleuchtung ist offensichtlich auch nicht auf gebeugte, sondern auf gestreute Elektronen zurückzuführen.

Die Menge der nicht gebeugten Elektronen ist somit gravierend größer als Zahl der gebeugten Elektronen. Dabei kann der Intensitätsunterschied durchaus mehrere Großordnungen betragen. Darüber hinaus können wir davon ausgehen, dass die Teilchen nur geringfügig ihre Welleneigenschaften zeigen.

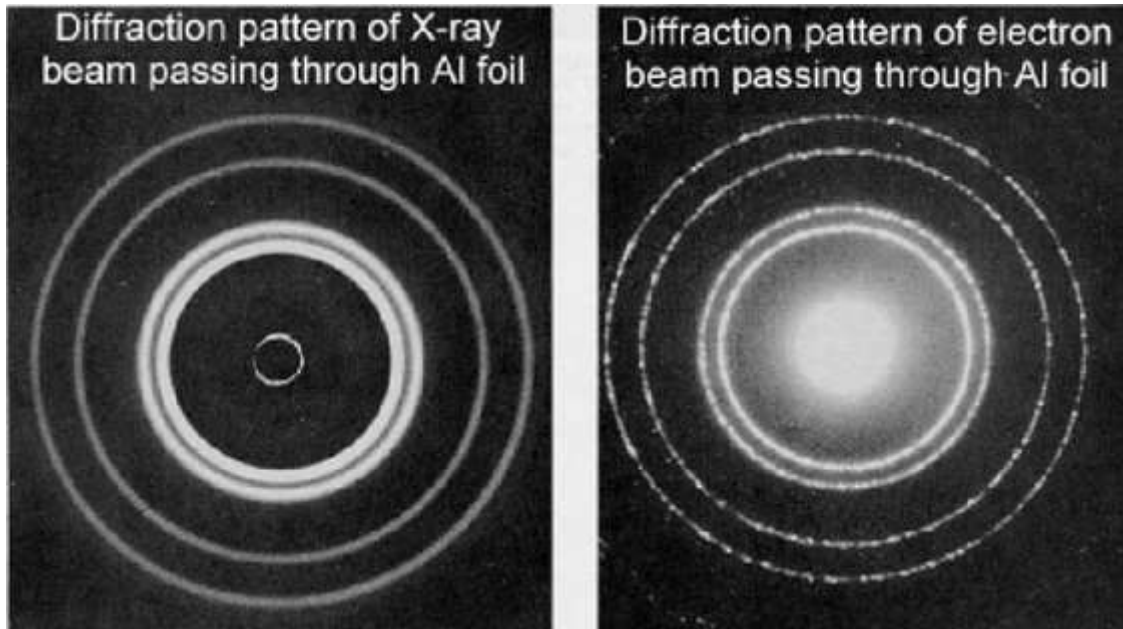
Sehr kleiner Anteil der gebeugten Elektronen deutet auf lediglich ein Begleitphänomen hin. Ich kann mir zum Beispiel ein folgendes Szenarium vorstellen.

Ein Teil der Elektronen wird stark abgebremst, wodurch innerhalb der Kristalle die Röntgenstrahlen erzeugt werden. Sie interferieren miteinander im Kristallgitter.

Gleichzeitig gelangen die abgebremsten Elektronen wegen gegenseitiger Abstoßung auf die Oberfläche und verstopfen die Kristallausgänge.

Zwangsläufig wird der Impuls von elektromagnetischen Wellen an Elektronen übergeben und diese werden in die Richtungen geschleudert, wohin die Röntgenstrahlen selbst nach der Interferenz gelangen hätten, wenn die Elektronen ihnen den Weg nicht versperrt hätten.

Vergleichen wir die Beugungsbilder von Röntgenstrahlen (X-Ray, links) und Elektronen (rechts) [66]



Sie sind fast identisch mit der Ausnahme, dass die Röntgenstrahlen keinen hellen Fleck in der Mitte bilden, d.h. die sämtlichen Röntgenstrahlen werden gebeugt, was eigentlich von den Wellen zu erwarten ist. Meine Vermutung kann also durchaus richtig sein.

Der helle Fleck auf dem Bildschirm wird vielleicht auch deswegen oft übermalt, weil er offensichtlich die Idylle der Wellenmechanik zerstört.

Einem Teilchen wird eine Wellenfunktion zugeordnet. Beim Passieren der Doppelspalt spaltet sich diese zu zwei Wellenfunktionen, deren Überlagerung führt zur Entstehung der Interferenzen. Quadrat der Summe der beiden Wellenfunktionen liefert die Wahrscheinlichkeit, das Teilchen am bestimmten Ort zu finden ist:

$$P = (\Psi_1 + \Psi_2)^2 = \Psi_1^2 + \Psi_2^2 + 2\Psi_1\Psi_2$$

Der Unterschied zum rein Teilchenverhalten bestimmt allein der Interferenz-Term

$$2\Psi_1\Psi_2$$

Nun muss er der Realität entsprechend einen zusätzlichen Faktor enthalten, welcher seine Wirkung drastisch mindert:

$$P = (\Psi_1 + \Psi_2)^2 = \Psi_1^2 + \Psi_2^2 + 2\Psi_1\Psi_2 \cdot K$$

wobei  $K \ll 1$ . Aber dieser Ausdruck lässt sich nicht mehr in hübsche ursprüngliche Form zurückverwandeln

$$P = (\Psi_1 + \Psi_2)^2$$

Mit der „Quantenausbeute“ steht es nicht besser. Ein Beispiel. Eine Vakuumphotozelle vom Typ 90AV (Philips) hat die Empfindlichkeit von  $45\mu\text{A/lm}$  und ist blau empfindlich [67]. Für blaues Licht mit der Wellenlänge von  $470\text{nm}$  gilt  $1\text{lm} = 0.01464\text{W}$ . Also, die Lichtleistung von  $0.01464\text{W}$  liefert elektrischen Strom von  $45\mu\text{A}$ . Das entspricht der Anzahl der Elektronen, die die Kathode in einer Sekunde verlassen:

$$n_{El} = \frac{i \cdot 1s}{e} = \frac{45\mu\text{A} \cdot 1s}{1.602 \cdot 10^{-19}\text{C}} = 2.81 \cdot 10^{14}$$

Währenddessen betrage die Photonenzahl:

$$n_{Ph} = \frac{P \cdot 1s}{hc/\lambda} = \frac{0.01464\text{W} \cdot 1s}{(6.626 \cdot 10^{-34}\text{Js} \cdot 3 \cdot 10^8\text{m/s})/470\text{nm}} = 3.46 \cdot 10^{16}$$

Rund 120 Photonen lösen also nur ein Elektron aus dem Metall raus. Das nennt man eben die „Quantenausbeute“ und der typische Wert liegt tatsächlich bei etwa 1%. Wir können das aber auch anders interpretieren und sagen, dass sich das Licht lediglich nur zu 1% als Teilchen verhält, falls ja die Photonenhypothese überhaupt stimmt (mehr in nächstem Kapitel).

Wie gesagt, der Welle-Teilchen-Dualismus darf nicht im Ernst als unangefochtene Tatsache betrachtet werden, sondern mehr als Gedankenspiel.

# Lichtquanten und Photoeffekt

---

Wird die Metalloberfläche beleuchtet, können dadurch manche Elektronen das Metall verlassen. Die Erscheinung wird "Photoeffekt" genannt. Dafür muss aber die Frequenz der Strahlung hoch genug sein. Um experimentelle Befunde zu erklären, postulierte Einstein 1905 die Existenz der Lichtquanten – Photonen. Jedem einzelnen Photon entspricht die Energieeinheit  $E = h\nu$ , wobei  $h$  Planck-Konstante und  $\nu$  Frequenz des Lichtes sind.

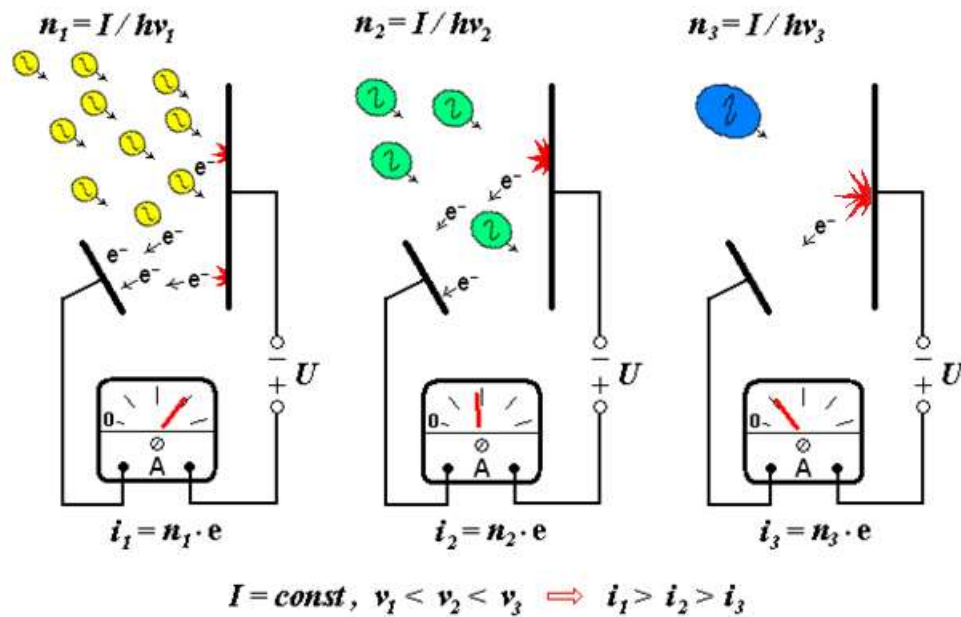
Dringt so ein Photon in das Metall ein, könnte es seine ganze Energie an ein Elektron übergeben. Berücksichtigt man noch die Austrittsarbeit  $W$ , ergibt sich dann kinetische Energie des raus geschlagenen Elektrons:  $E_{kin} = h\nu - W$ .

Und tatsächlich gibt es in dieser Hinsicht ganz gute Übereinstimmung mit dem Experiment. Für die Deutung des Photoeffektes bekam Einstein 1922 den Nobelpreis für Physik: „...für seine Verdienste um die theoretische Physik, besonders für seine Entdeckung des Gesetzes des photoelektrischen Effekts“.

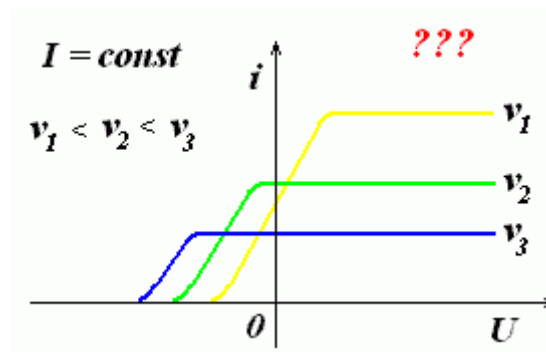
Doch es gibt eine Nuance: In der Sättigung ist der Photostrom zwar von der Intensität des Lichtes abhängig, aber nicht von dessen Frequenz. Und das steht im direkten Widerspruch mit Einsteins Lichtquanten-Hypothese.

Bei gleicher Intensität der Strahlung  $I$  fällt die Photonenflussdichte mit wachsender Frequenz ab  $n = I/h\nu$ . Entsprechend sollte dann die Zahl der raus geschlagenen Elektronen auch sinken. Im Idealfall soll gelten  $n_{El} = n_{Ph}$ .

Größere kinetische Energie der Elektronen hat hier keine Bedeutung, denn der Photostrom ist definiert als  $i = ne$  ( $e$  ist die Ladung eines Elektrons) und durch beschleunigte Spannung werden alle rausgeschlagene Elektronen unabhängig von deren kinetischen Energie und Streuung zur Anode geführt (dadurch erreicht der Photostrom die Sättigung). Den Zusammenhang habe ich mit folgender Abbildung veranschaulicht.

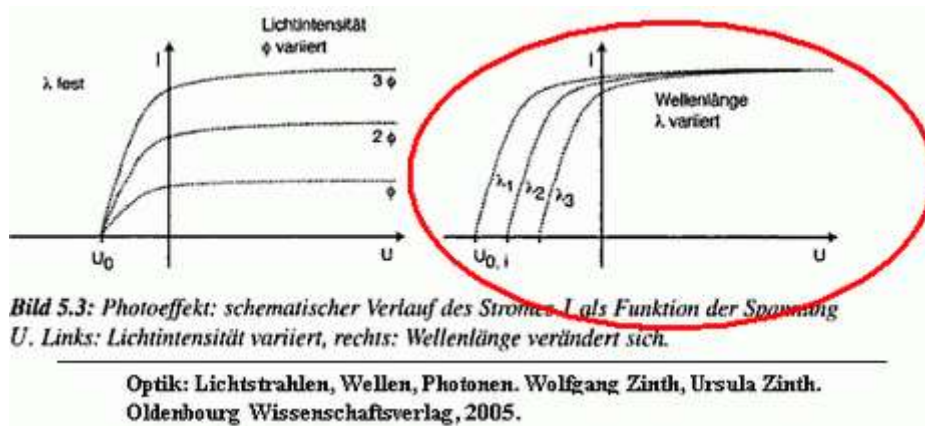


Deshalb ist es zu erwarten, dass die Kennlinien des Photostroms ungefähr folgend verlaufen würden.



Das ist aber nicht der Fall! – In der Realität darf der Photostrom für verschiedene Frequenzen ungefähr gleich und jedenfalls von der Frequenz des Lichtes nicht abhängig sein. Üblicherweise wird dieser Fakt nicht extra erwähnt, trotzdem sprechen die Kennlinien in den Lehrbüchern dafür, zum Beispiel hier





In der Praxis spiegelt die spektrale Empfindlichkeit diese Sonderheit wieder. Deren Kennlinie verläuft bogenförmig, mal wächst mal fällt mit der Frequenz bzw. Wellenlänge und im Bereich maximaler Empfindlichkeit gibt es überhaupt keine Abhängigkeit des Photostroms von der Frequenz des einfallenden Lichts.

Reale Existenz der Photonen ist auch aus anderen Gründen fragwürdig. Die Wellenpakete, die ursprünglich als Modell für die Lichtquanten dienten, verfließen schon in nächstem Augenblick. Die Photonenzähler haben eine Macke – sie registrieren die Lichtquanten auch in völliger Dunkelheit, also irgendwas, aber jedenfalls nicht die Lichtquanten. Ferner kommt eigentliche Mystifikation der Quantenmechanik davon, dass man annimmt, dass ein Photon als ein unteilbares Teilchen gleichzeitig zwei Spalten passieren kann.

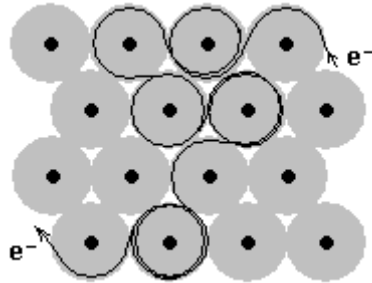
Eine alternative Deutung des Photoeffekts scheint es jedoch nicht zu geben. Darauf wird in der Fachliteratur ausdrücklich hingewiesen – klassische Elektrodynamik kann dies und das nicht erklären.

Da überlegte ich mir: Inwiefern sind die Leitelektroden in den Metallen frei? Ja, sie können von einer zu anderer Seite eines Metalls wandern, doch passieren sie auch leere Räume, d.h. die Lücken, zwischen den Atomen? – In kaltem Zustand eher nicht, denn es kostet extra Energie, um sich vom Atom ganz loszubinden.

Im Makro-Maßstab können wir als ähnliches Beispiel die Glühemission betrachten: erst bei starkem Erhitzen (Energiezufuhr) beginnen die Elektronen die Glühkathode in einer Elektronenröhre massenhaft zu verlassen und sich in leerem Raum Richtung Anode zu bewegen.

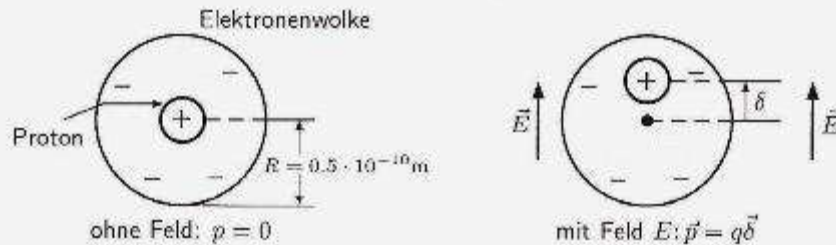
Deshalb vermute ich, dass auch die Leitelektroden bei Zimmertemperatur um die Atomrümpfe kreisen, allerdings gehen sie an den Berührungstellen

zwischen den Atomen von einem Atom zu Anderem ohne, oder mit relativ geringem, Widerstand hinüber (nächste Skizze).



Der Fall ist für uns deshalb besonders interessant, weil die Photokathode während der Messung kalt gehalten wird, um die Messkurven durch thermische Vorgänge nicht zu verwischen. Jeder Atomrumpf wird von einem oder irgendeinem anderen Elektron abwechselnd umkreist. Aber statistisch gesehen ändert sich prinzipiell nichts, wenn wir die kurzzeitige Bewegung der Elektronen zwischen den Atomen außer Acht lassen, außerdem ist die Leitfähigkeit der Metalle für unsere Untersuchung irrelevant. So bekommen wir ein vereinfachtes Modell des Metalls, das aus wasserstoffähnlichen Atomen besteht. Für die Alkalimetalle, also die Metalle, die zu gleicher Gruppe wie Wasserstoff gehören, darf dies sogar ziemlich zutreffend sein.

Andererseits kann man auch in Atomen, welche an sich kein Dipolmoment besitzen, durch das Anlegen eines elektrischen Feldes eine Ladungsver-schiebung hervorrufen und damit ein elektrisches Dipolmoment induzieren. Nehmen wir z.B. ein Wasserstoffatom: Die Elektronenwolke, die das Proton umgibt, wollen wir vereinfacht als eine homogen geladene Kugel mit dem Bohrschen Radius  $R_0 = 0,5 \cdot 10^{-10}$  m betrachten, wie in Bild 2.17 dargestellt ist.



**Bild 2.17:** Das Wasserstoffatom ohne und mit äußerem elektrischem Feld.

Ohne Feld fallen der positive und negative Ladungsschwerpunkt zusammen ( $\vec{p} = 0$ ). Unter dem Einfluß des Feldes jedoch werden sie um die Strecke  $\delta$  voneinander getrennt, so daß ein induziertes Dipolmoment entsteht (Bild 2.17):

$$\vec{p} = q\vec{\delta}. \quad (2.27)$$

Wir wollen jetzt die Größe von  $\vec{\delta}$  abschätzen: Wenn wir ein äußeres Feld  $\vec{E}$  anlegen, so verlagert sich das Proton in Bild 2.17 nach oben, bis an der Stelle  $\vec{\delta}$  dieses äußere Feld  $\vec{E}$  genau durch das Feld der Elektronenwolke

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q\vec{\delta}}{R_0^3} \quad (2.28)$$

kompensiert wird, das wir später in (3.18) für den Fall einer Kugel mit homogener Ladungsdichte herleiten werden. Das induzierte Dipolmoment

Ich habe den Ausschnitt aus dem Buch [68] einfach so dazwischen platziert, weil er eine weitere Schnittstelle in meinem Gedankengang bildet. Fällt eine elektromagnetische Welle auf Metalloberfläche, induziert sie Dipole – die Leitungselektronen beginnen um die Metallionen mit der Frequenz elektromagnetischer Welle zu schwingen. Im Resonanzfall werden sie aus dem Metall hinauskatapultiert. So sieht also meine Idee aus.

Jetzt machen wir ein paar Kalkulationen und vergleichen sie mit den experimentellen Daten.

Die Formel (2.28) aus dem Buch werden wir ohne Herleitung übernehmen (auch wenn diese nicht schwierig ist, bleiben wir lieber beim Thema). Die Ladung eines Elektrons wird üblicherweise mit  $e$  bezeichnet. Außerdem können wir das Vektor-Zeichen bei unserer Betrachtung weglassen.

$$E = \frac{e}{4\pi\epsilon_0} \frac{\delta}{R_0^3}$$

Auf Elektron rückwirkende Kraft  $F$  direkt proportional zur Auslenkung

$$F = eE = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R_0^3} \delta = k\delta$$

Die Kenntnis der Federkonstante

$$k = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R_0^3}$$

erlaubt uns andererseits die Eigenfrequenz, die auch gleich die Resonanzfrequenzen sind, zu bestimmen:

$$f^0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_e}}$$

Aus [69] entnehmen wir die Radien der Alkaliatome bei metallischer Bindung (letzte Spalte) und berechnen gleich die Resonanzfrequenzen:

$$\begin{aligned} R_{Li} &= 1.52 \cdot 10^{-10} \text{ m} \Rightarrow f_{Li}^0 = 1.352 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \\ R_{Na} &= 1.86 \cdot 10^{-10} \text{ m} \Rightarrow f_{Na}^0 = 9.985 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\ R_K &= 2.27 \cdot 10^{-10} \text{ m} \Rightarrow f_K^0 = 7.406 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\ R_{Rb} &= 2.48 \cdot 10^{-10} \text{ m} \Rightarrow f_{Rb}^0 = 6.485 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\ R_{Cs} &= 2.65 \cdot 10^{-10} \text{ m} \Rightarrow f_{Cs}^0 = 5.871 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

Als nächstes berechnen wir aufgrund der Daten für die Austrittsarbeit  $W$  [70]

**Tab. 4.2** Austrittsarbeiten der Elemente in eV (polykristalline Proben, nach Michaelsen [Michaelsen, 1977, Nr. 355])

|      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| Li   | Be   |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | B    | C    |      |      |  |  |
| 2.9  | 4.98 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 4.45 | 5.0  |      |      |  |  |
| Na   | Mg   |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Al   | Si   | P    | S    |  |  |
| 2.75 | 3.66 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 4.28 | 4.85 | -    | -    |  |  |
| K    | Ca   | Sc  | Ti   | V    | Cr   | Mn   | Fe   | Co   | Ni   | Cu   | Zn   | Ga   | Ge   | As   | Se   |  |  |
| 2.30 | 2.87 | 3.5 | 4.33 | 4.3  | 4.5  | 4.1  | 4.5  | 5.0  | 5.15 | 4.65 | 4.33 | 4.2  | 5.0  | 3.75 | 5.9  |  |  |
| Rb   | Sr   | Y   | Zr   | Nb   | Mo   | Tc   | Ru   | Rh   | Pd   | Ag   | Cd   | In   | Sn   | Sb   | Te   |  |  |
| 2.16 | 2.59 | 3.1 | 4.05 | 4.3  | 4.6  | -    | 4.71 | 4.98 | 5.12 | 4.26 | 4.22 | 4.12 | 4.42 | 4.42 | 4.95 |  |  |
| Cs   | Ba   | La  | Hf   | Ta   | W    | Re   | Os   | Ir   | Pt   | Au   | Hg   | Tl   | Pb   | Bi   | Po   |  |  |
| 2.14 | 2.7  | 3.5 | 3.9  | 4.25 | 4.55 | 4.96 | 4.83 | 5.27 | 5.65 | 5.1  | 4.49 | 3.84 | 4.25 | 4.22 | -    |  |  |

die Grenzfrequenzen, also die Frequenzen, ab welchen das Licht die Elektronen aus den Metallen herauszulösen beginnt. Hier müssen wir allerdings nach Formel der Photonenhypothese greifen:

$$f^G = \frac{W}{h}$$

Das ist kein Paradoxon, denn ich konnte keine umfangreiche Tabelle für die Grenzfrequenzen finden. Deswegen muss man sie eben ausrechnen.

Austrittsarbeiten der 1. Gruppe und entsprechende Grenzfrequenzen sind dann folgende:

$$W_{Li} = 2.9 \text{ eV} \Rightarrow f_{Li}^G = 7.012 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

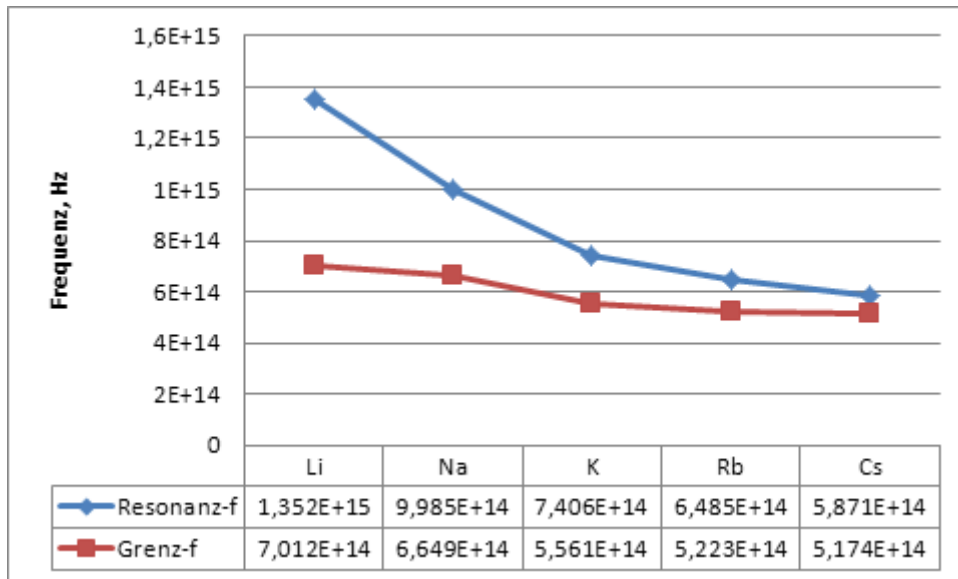
$$W_{Na} = 2.75 \text{ eV} \Rightarrow f_{Na}^G = 6.649 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$W_K = 2.3 \text{ eV} \Rightarrow f_K^G = 5.561 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

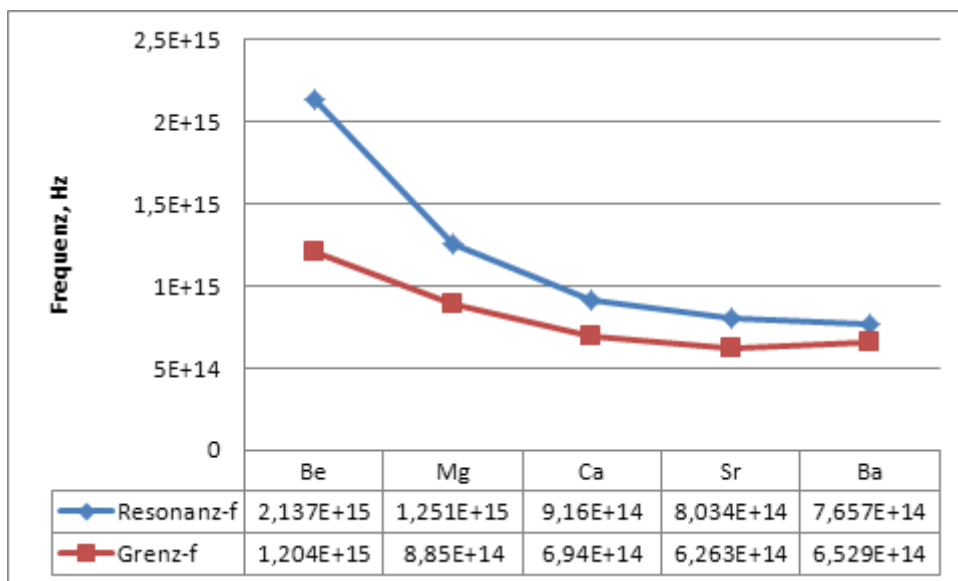
$$W_{Rb} = 2.16 \text{ eV} \Rightarrow f_{Rb}^G = 5.223 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$W_{Cs} = 2.14 \text{ eV} \Rightarrow f_{Cs}^G = 5.174 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

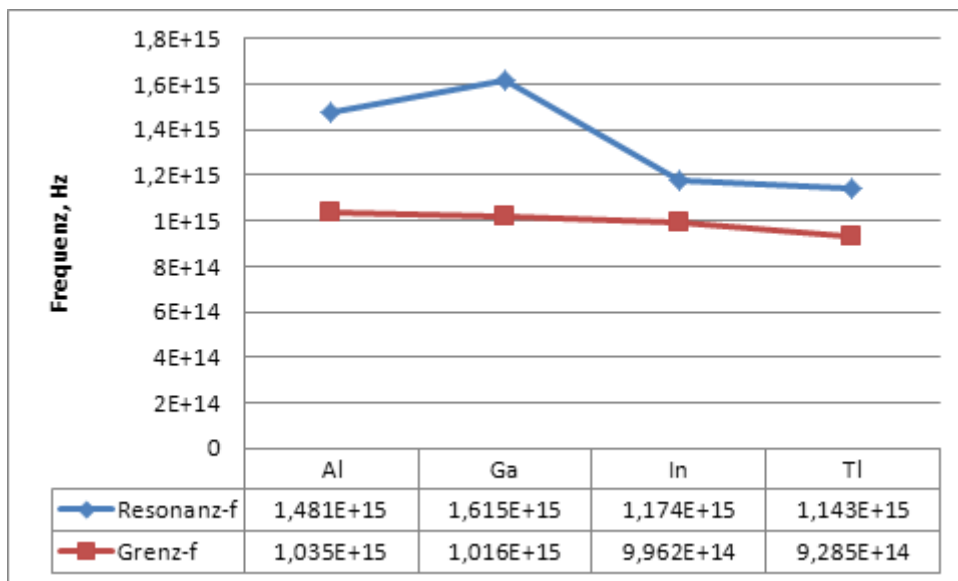
Die Frequenzen sind ein Stück kleiner, aber von gleicher Größenordnung wie von uns früher berechnete Resonanzfrequenzen. Mit wachsendem Atomradius kommen sie näher zueinander (folgendes Diagramm).



Versuchen wir unser Modell noch an benachbarte Gruppe anzuwenden, auch wenn die Atome dort zwei Elektronen in äußerer Schale enthalten. Dieselbe Rechnung... Springen wir gleich zum Ergebnis rüber.

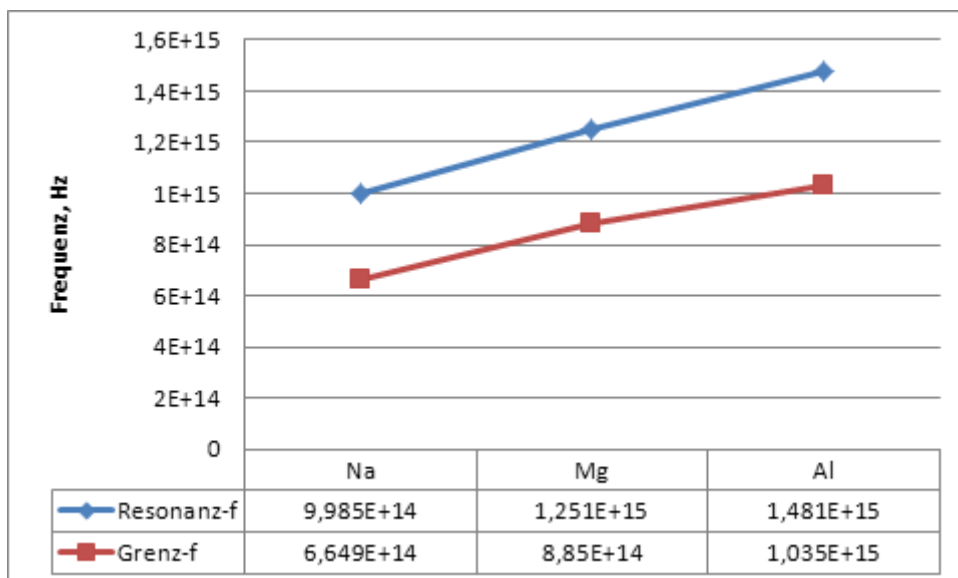


Die Frequenzen sind höher geworden, die Kurven aber behielten fast ihre Form. Es sieht also ganz danach aus, als ob unser einfaches Modell nicht nur für Alkalimetalle anwendbar sei. Deshalb machen wir den Vergleich auch für andere Metalle sogar für 13. Gruppe, die aus den Elementen mit drei Elektronen in der äußersten Schale besteht

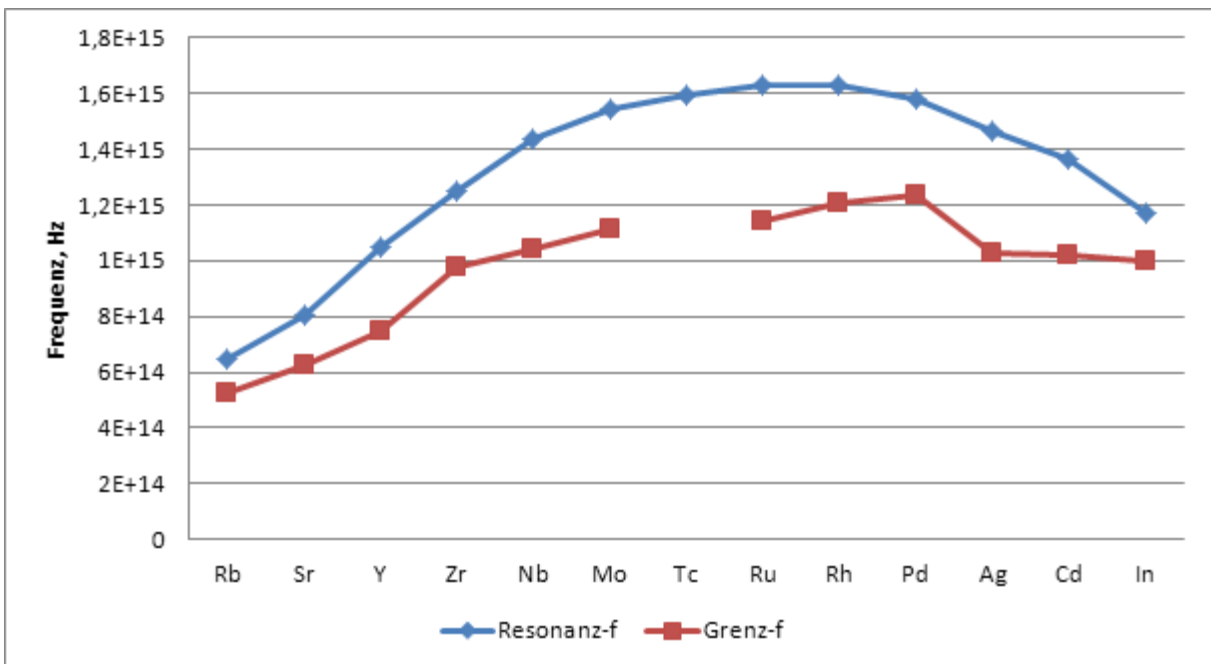
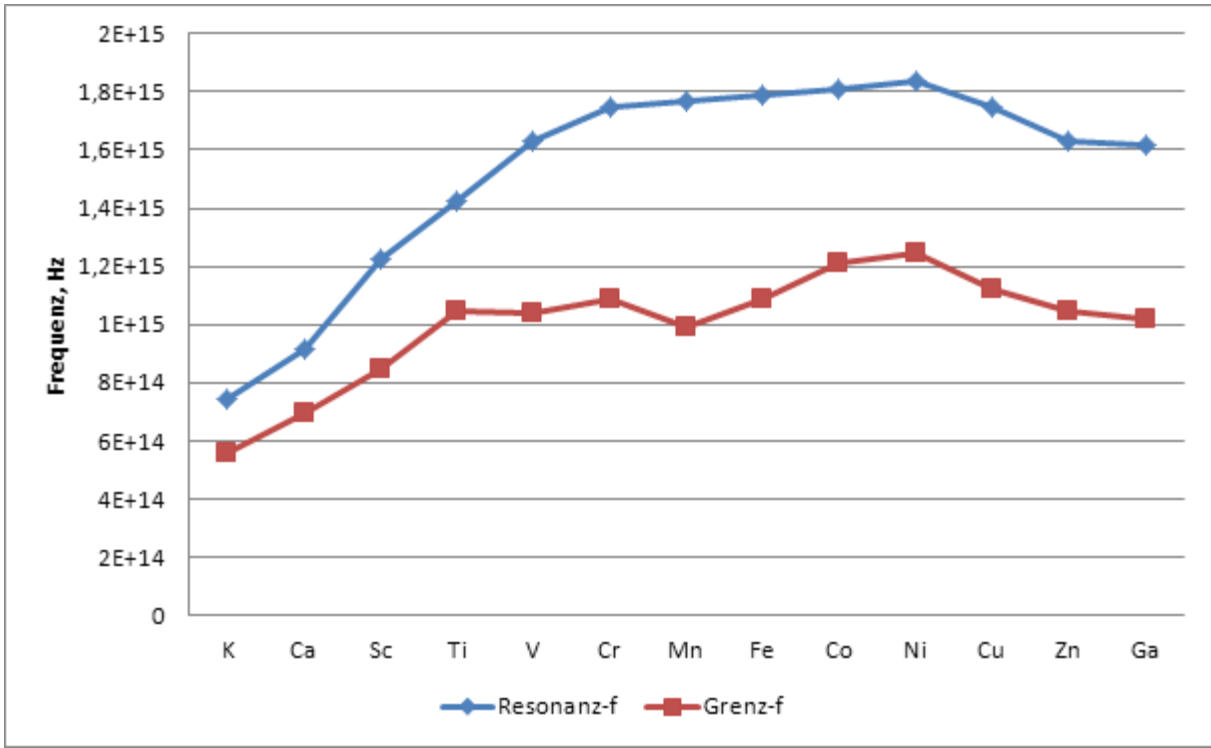


Da liegen die Kurven wieder nah zueinander. Theoretische Kurve ist zwar ein wenig zackig, doch wir müssen nicht vergessen, dass unser Modell nur ein Elektron enthält und bei diesen Atomen es drei in äußerster Schale sind.

Nun wagen wir jetzt die Perioden zu untersuchen. In kleinster Periode, die die Metalle enthält, sind die Kurven von Resonanzfrequenz und Grenzfrequenz so gut wie parallel

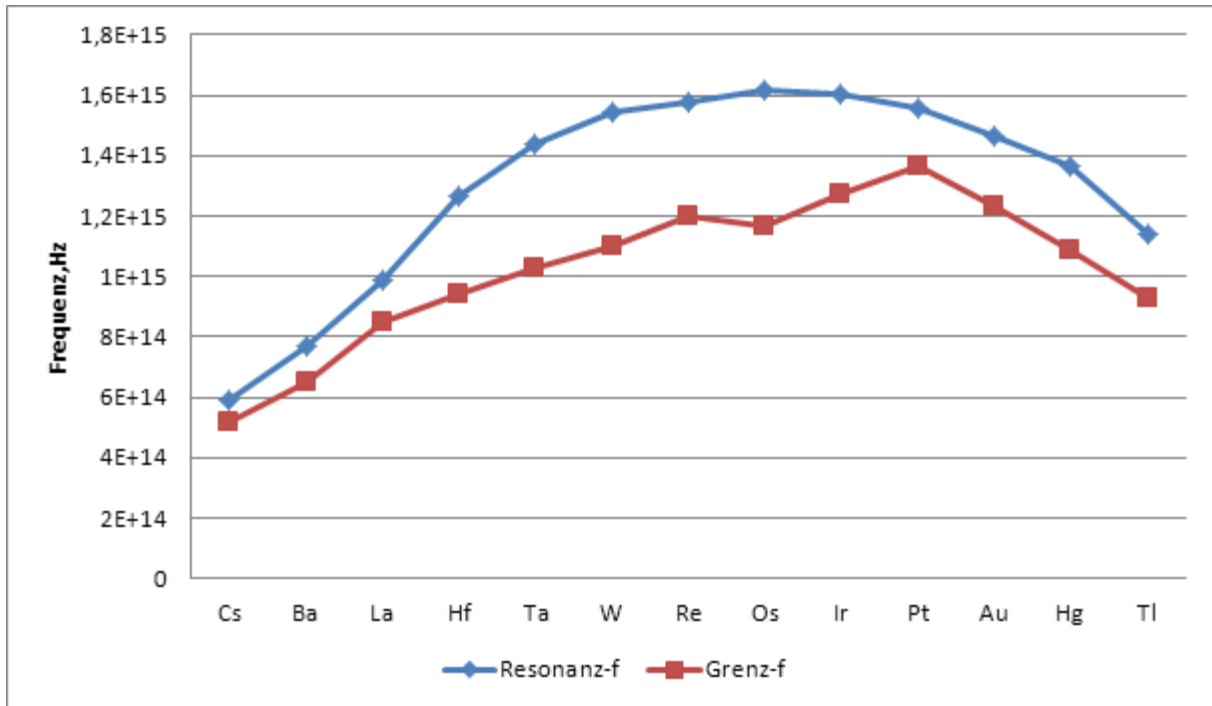


In längeren Perioden ist der Verlauf der Kurven komplizierter, aber auch hier korrelieren sie miteinander.





Bemerkung: Für Tc fehlt der Wert für die Austrittsarbeit. Sowohl die als auch die Eigenfrequenz können näherungsweise als Mittelwerte von Mo und Ru erfasst werden.



Die Resonanz kann tatsächlich hinter dem Photoeffekt stecken. Jedenfalls steht fest: die Resonanzfrequenzen, die wir aufgrund der Atomradien bei metallischer Bindung berechnet haben, und die Grenzfrequenzen, die wir mithilfe von Austrittsarbeit bestimmt haben, liegen nicht weit voneinander im Bereich sichtbares und ultraviolettes Lichtes, haben gleiche Größenordnung, und in Gruppen bzw. in Perioden des Periodensystems der Elemente ändern sich vom Element zum Element nach ähnlichem Muster.

## Krumme Wege

---

Ganz falsch dürfen aber die Physiker nicht liegen. Die Richtung für die Grundlageforschung geben die Theorien an, sonst wäre das Tappen im Dunkeln viel zu teuer gewesen. Und neue Entdeckungen kommen irgendwann zu Tage.

Andererseits ist es nicht immer klar, ob die Theorie wirklich das vorhergesagt hatte, was auch entdeckt wurde.

„Im Jahre 1935 schlug Hideki Yukawa... eine Erklärung dafür vor, wie die Neutronen und Protonen im Atomkern... zusammengehalten werden könnten... Er nannte dieses Teilchen ‚Meson‘ und berechnete seine Masse (die zwischen der Masse des Elektrons und der des Protons liegen muß, daher der Name)... Im Laufe der Zeit fand man eine ganze Familie von Mesonen, die nicht ganz dem entsprachen, was Yukawa vorhergesagt hatte, die aber **der Vorhersage hinreichend nahekamen**... Yukawa erhielt verdientermaßen 1949 den Nobelpreis für Physik.“ [71]

Mit der Entdeckung von Higgs-Bosonen war die Situation wahrscheinlich nicht besser gewesen, man brauchte im Prinzip nur einen passenden Buckel in den Messkurven. Und

„Jetzt setzen die Teilchenphysiker alles daran, herauszufinden, ob es auch wirklich genau das Higgs-Teilchen ist, welches das Standardmodell fordert.“ [72]

Nanu, der Nobelpreis ist vergeben worden und erst jetzt wollen die Forscher genau wissen wofür.

Verfrühte Nobelpreisverleihung überraschte die Manchen und korrumpierte sogleich die Anderen. Daraufhin erwarteten die LIGO-Gründer genauso schnelle für sie positive Entscheidung des Nobelpreiskomitees nach der Verkündung des direkten Nachweises von den Gravitationswellen. Als andere drei begünstigt wurden, wollten die Gravitationswellenforscher ihre Enttäuschung nicht mal verbergen. Man sprach unverhüllt von einem „Schocker“.

Warum wurden die Wissenschaftler plötzlich so ungehalten?

Für mich persönlich ist so ein Verhalten keine Überraschung. Die „Gelehrten“ zeigen sich vornehmen und gütig, solange man ihnen aufmerksam und begeistert zuhört. Widerspricht man ihnen, schlägt ihre Hochstimmung sofort in

Gereiztheit um. Dann ist ihnen jedes Mittel recht, den Opponent in den Schmutz zu ziehen... Aber machen wir lieber rein sachlich weiter.

Die Urknalltheoretiker wagen die Entstehung aller Elemente zu beschreiben, währenddessen:

„Die Spektren der schwereren [als Lithium] Elemente sind wegen der Vielzahl von Atomen und Energieniveaus, die besetzt werden können, außerordentlich linienreich. Wenn auch eine **theoretische Behandlung nicht möglich** ist, so besitzt die Spektroskopie erhebliche Bedeutung für die qualitative und quantitative Bestimmung von Elementen in Substanzproben.“ [73]

Da fehlt wohl eine Stütze. Das Basiswissen ist lückenhaft. Dafür wird aber mit der Urknall-Geschichte schamlos der Profit geschlagen. So meint der Physik-Nobelpreisträger Robert Laughlin:

„Viele Leute stellen mir quasireligiöse Fragen: Woher wir kommen, wie das Universum entstanden ist und so weiter. Da kann ich als Physiker nur antworten: Da bin ich kein Experte, ich bin einzig und allein ein Experte in Sachen Experiment und Messung... das Urknallszenario ist nur eine Art Synthese..., eine Theorie... Letztlich ist das nichts als Marketing.“ [74]

Von einer absichtlichen Täuschung kann man auch in nächstem Fall ausgehen. Am 4.Mai 2011 wurden die endgültigen Resultate der kosmischen Mission zur Prüfung Allgemeiner Relativitätstheorie von Einstein "Gravity Probe B" verkündigt. Mit Stolz sprach man von positivem Resultat und sogleich versuchte, die Kritiker einzuschüchtern:

„Auch wenn die Bestätigung dieser Effekte aus Einsteins Theorien keine neuen Erkenntnisse mit sich bringt, ergeben sich dennoch weitreichende Auswirkungen auf die praktische Physik. Denn wer Einsteins Relativitätstheorie zukünftig in Frage stellen will, muss dazu die Messergebnisse des Satelliten widerlegen - was nicht einfach werden dürfte: Insgesamt wurde bei der NASA fast 50 Jahre an diesem Projekt gearbeitet, die Kosten lagen bei rund 750 Millionen US-Dollar.“ [75]

Man ging wohl davon aus, dass die Kritiker keine Ahnung von wirklichem Stand der Dinge hatten. Von Anfang an lief die Mission schief:

„Nach dem Start ins All fanden wir eine kleine elektrische Ladung auf dem Gyroskop. Andere Ladungen im Gerät üben darum kleine Kräfte auf das Gyroskop aus, und das hat unsere Pläne durchkreuzt. Dadurch scheitert nicht das

ganze Projekt, aber es macht die Datenauswertung schwieriger, denn wir müssen den Störeffekt erst verstehen und berechnen können.“ [76]

Mit dem „fanden“ ist es recht übertrieben, denn es handelte sich lediglich um ein Modell, das die unerwartete Störung erklären sollte. Wie schlimm die Lage tatsächlich war, verrät das folgende Zitat aus ScienceNews:

„The first analysis of this data revealed unexpected anomalies. The gyroscopes had behaved badly - wandering around and pointing in strange orientations... **'The torques were 100 times larger than we were expecting,'** says Everitt. ‚It was a horrible shock.“ [77]

Der Fehler überstieg vorberechnete Abweichungen um das 100-Fache! Man hoffte ursprünglich auf Genauigkeit von 1% und wenn man diese mit 100 multipliziert... Von einem sauberen Ausgang des Experiments konnte von vorn herein keine Rede sein. Spätere Übereinstimmung mit relativistischen Vorhersagen wurde auf rein rechnerischem Weg erreicht (als ob man dafür ein echtes Experiment bräuchte). Der Jubel über experimentelle Bestätigung Allgemeiner Relativitätstheorie gleicht deshalb eher dem Spott über den menschlichen Verstand.

Pauschal kann man sagen, dass die Forschungen, die mit Allgemeiner Relativitätstheorie irgendwas zu tun haben, stets mehr oder weniger mit einer Unterschiebung enden. Die Öffentlichkeitsarbeit hat lediglich danach die Aufgabe zu bewältigen, sogar ein totales Scheitern als hervorragender Erfolg aussehen zu lassen.

Die Autorin von „Einsteins Gegner: Die öffentliche Kontroverse um die Relativitätstheorie in den 1920er Jahren“ Milena Wazeck äußert sich in einem Interview [78]:

„Fast 70 Artikel zu dem Einstein-Lehrfilm sind im Nachlass des Physikers Ernst Gehrcke erhalten geblieben, der ein erklärter Gegner der Relativitätstheorie war. Er versuchte, anhand einer Vielzahl von Zeitungsartikeln die Relativitätstheorie als durch die Massenmedien ausgelöste ‚Massensuggestion‘ zu enthüllen. Gehrckes Sammlung umfasst etwa 3000 Artikel, weitere 2000 Beiträge sind während des Krieges verloren gegangen.“

Heutzutage braucht man eine so sorgfältige Sammelarbeit gar nicht zu machen. Moderne Physiker prallen sogar mit dem Überfluss an relativistischer Literatur. So schreibt John Gribbin gleich im ersten Satz der Einleitung in seinem Buch „Auf der Suche nach Schrödingers Katze“:

„Würde man alle Bücher und Artikel, die dem Laien die Relativitätstheorie erklären sollen, aneinander legen, so würden sie vermutlich bis zum Mond reichen.“

Ohne Zweifel war Gehrckes These nicht grundlos gewesen und bis heute aktuell bleibt.

Ich möchte nun sehr ungern alles schwarzmalen, aber die Diskrepanz zwischen Beobachtungen und Deutungen springt mir in letzter Zeit besonders oft ins Auge. Den Wissenschaftlern selbst geht es jedes Mal anscheinend eher darum, das breite Publikum in der Richtigkeit anerkannter Theorien nochmal zu überzeugen: Gleichgültig, was beobachtet wird, es wird zu favorisierter Theorie schon passen, beziehungsweise passend gemacht. Den Physikern fehlt der Ehrgeiz. Sie sind mit 100-jährigen Theorien vollkommen zufrieden und so sollen auch die Anderen sein. Ab und zu spricht man von „Neuer Physik“, dabei bleibt es aber. Keiner will wirklich irgendwas Neues.

Zugegebenermaßen taugen verwendete Formeln, die Experimente und deren Ergebnisse in Grundzügen zu berechnen. Ob sie gleichzeitig noch physikalische Realität richtig beschreiben, kann man daran aber, meiner Meinung nach, sehr wohl zweifeln.

Das Ziel ist verfehlt worden.

## Literatur

---

[1] Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. B. P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration) Phys. Rev. Lett. 116, 061102 – Published 11 February 2016.

<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.116.061102>

[2] Wir hatten großes Glück! Frankfurter Allgemeine, Gespräch mit Bruce Allen. 18.02.2016 <http://www.faz.net/aktuell/wissen/weltraum/bruce-allen-vom-max-planck-institut-ueber-gravitationswellen-14072285.html>

[3] Einstein hatte recht. Karsten Danzmann im Gespräch mit Ralf Krauter. Deutschlandfunk. 2016. [http://www.deutschlandfunk.de/gravitationswellen-nachweis-einstein-hatte-recht.676.de.html?dram:article\\_id=345433](http://www.deutschlandfunk.de/gravitationswellen-nachweis-einstein-hatte-recht.676.de.html?dram:article_id=345433)

[4] BEOBACHTUNG DER GRAVITATIONSWELLEN VON DER VERSCHMELZUNG ZWEIER SCHWARZER LÖCHER. LIGO Scientific Collaboration. <http://www.ligo.org/science/Publication-GW150914/science-summary-german.pdf>

[5] SIGNAL PROCESSING WITH GW150914 OPEN DATA. LIGO Open Science Center (LOSC).

[https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/GW150914\\_tutorial.html](https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/GW150914_tutorial.html)

[6] Einführung in die Schwingungslehre nebst Anwendungen auf mechanische und elektrische Schwingungen. H. Barkhausen. 1932.

[7] GRAVITY SPY. Help scientists at LIGO search for gravitational waves, the elusive ripples of spacetime.

<https://www.zooniverse.org/projects/zooniverse/gravity-spy>

[8] Data release for event GW151226. LIGO Open Science Center.

<https://losc.ligo.org/events/GW151226/>

[9] Lichtablenkung durch Gravitation. Max Planck Institute for Gravitational Physics. 2016. <http://www.einstein-online.info/vertiefung/Lichtablenkung>

[10] [Michailov] А. А. Михайлов. НАБЛЮДЕНИЕ ЭФФЕКТА ЭЙНШТЕЙНА ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК 7. LIX, вып. 1, 1956 г. Май.

[http://ufn.ru/ufn56/ufn56\\_5/Russian/r565d.pdf](http://ufn.ru/ufn56/ufn56_5/Russian/r565d.pdf)

- [11] Lichtablenkung. Potsdamer Expedition, 1929.  
<http://www.mpia.de/suw/SuW/1998/120-98/S1046-Abb2.html>
- [12] Ergebnisse der Potsdamer Expedition zur Beobachtung der Sonnenfinsternis von 1929, Mai 9, in Takengon (Nordsumatra). 5. Mitteilung. Über die Ablenkung des Lichtes im Schwerefeld der Sonne. (Eingegangen am 25. Juli 1931) von Freundlich, E., Klüber, H. V., & Brunn, A. V. Zeitschrift für Astrophysik, Vol. 3, p.171 <http://adsabs.harvard.edu/full/1931ZA.....3..171F>
- [13] Johann Georg von Soldner. Ueber die Ablenkung eines Lichtstrals von seiner geradlinigen Bewegung, durch die Attraktion eines Weltkörpers, an welchem er nahe vorbei geht. Berlin, im März 1801.  
[http://de.wikisource.org/wiki/Ueber\\_die\\_Ablenkung\\_eines\\_Lichtstrals\\_von\\_seiner\\_geradlinigen\\_Bewegung](http://de.wikisource.org/wiki/Ueber_die_Ablenkung_eines_Lichtstrals_von_seiner_geradlinigen_Bewegung)
- [14] Sonnenfinsternisaufnahmen 1919, 1922, 1929 und jährliche Refraktion. Von Courvoisier, L. Astronomische Nachrichten, volume 244, p.279  
<http://articles.adsabs.harvard.edu//full/1932AN....244..279C/0000153.000.html>
- [15] Roseveare, N. T. Mercury's perihelion from Leverrier to Einstein. Oxford: University Press 1982.
- [16] Paul Gerber, Die räumliche und zeitliche Ausbreitung der Gravitation. Zeitschrift für Mathematik und Physik. 43, 1898, S. 93–104  
[http://de.wikisource.org/wiki/Die\\_r%C3%A4umliche\\_und\\_zeitliche\\_Ausbreitung\\_der\\_Gravitation](http://de.wikisource.org/wiki/Die_r%C3%A4umliche_und_zeitliche_Ausbreitung_der_Gravitation)
- [17] Schmeidler, F. Interpretation of solar-limb light-deflection measurements. Astronomische Nachrichten (ISSN 0004-6337), vol. 306, no. 2, 1985, p. 77-80. In German. <http://adsabs.harvard.edu/full/1985AN....306...77S>
- [18] Einsteins treuer Astronom. Physik Journal. 2014. [http://www.prophysik.de/details/physiknews/6438571/Einsteins\\_treuer\\_Astronom.html](http://www.prophysik.de/details/physiknews/6438571/Einsteins_treuer_Astronom.html)
- [19] Norbert Dragon. Geometrie der Relativitätstheorie: Ablenkung von Licht und schnellen Teilchen. <http://theory.gsi.de/~vanhees/faq/relativity/node74.html>
- [20] Ulrich Bastian. Die Vermessung der Milchstraße: Hipparcos, Gaia, SIM. <http://wwwstaff.ari.uni-heidelberg.de/gaia/Vorlesung/vorl09-gaiamission.pdf>
- [21] Gravitationslinse erlaubt Blick auf frühe Galaxienevolution. Pro-Physik. 2008. <http://www.prophysik.de/details/news/prophy11084news/news.html?laid=11084>

- [22] The Centre of the Active Galaxy NGC 1097. ESO.  
<https://www.eso.org/public/images/eso0534a/>
- [23] Einstein ring reveals dwarf dark-matter galaxy. CERN COURIER. 2012.  
<http://cerncourier.com/cws/article/cern/48617>
- [24] Hoag's Object: A Strange Ring Galaxy. NASA. 2004.  
<http://apod.nasa.gov/apod/ap040815.html>
- [25] Einsteinkreuz. Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/wiki/Einsteinkreuz>
- [26] The Einstein Cross. ESO. <https://www.eso.org/public/images/eso0847a/>
- [27] Two (or three?) black holes in one galactic center. Astrobites.  
<https://astrobites.org/2012/05/09/two-or-three-black-holes-in-one-galactic-center/>
- [28] Mathematische Principien der Naturlehre (1872) von Isaac Newton,  
 übersetzt von Jakob Philipp Wolfers  
[http://de.wikisource.org/wiki/Mathematische\\_Principien\\_der\\_Naturlehre/Gesetze](http://de.wikisource.org/wiki/Mathematische_Principien_der_Naturlehre/Gesetze)
- [29] Ingo Tessmann. Einsteins Entwicklung vom Positivisten zum  
 Klassiker. Technische Universität Hamburg-Harburg. [http://www.tu-harburg.de/rzt/rzt/it/Einstein\\_Mann/node6.html](http://www.tu-harburg.de/rzt/rzt/it/Einstein_Mann/node6.html)
- [30] Juergen Weiprecht. Computersimulation des allgemeinen Keplerproblems.  
<http://www.astro.uni-jena.de/Teaching/Praktikum/pra2002/node202.html>
- [31] Gehrcke. Zur Kritik und Geschichte der neueren Gravitationstheorien.  
 Annalen der Physik Volume 356, Issue 17, pages 119-124, 1916  
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k15353s/f128.image>
- [32] Einstein, A.: Meine Antwort - Über die anti-relativitätstheoretische G.m  
 b.H. In: Berliner Tageblatt. 402, 1920.
- [33] Oppenheim, S.: Zur Frage nach der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der  
 Gravitation. In: Annalen der Physik. 53, 1917, S. 163–168.  
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k15355g/f168.image> Oppenheim, S.: Zur  
 Frage nach der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gravitation. In: Annalen der  
 Physik. 53, 1917, S. 163–168.  
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k15355g/f168.image>



- [34] A. Einstein: Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie. 1915.  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/1915SPAW.....831E>
- [35] WESENTLICHES DES LEBEN UND WIRKEN RUND UM KEPLER GRAFISCH VERANSCHAULICHT. <http://www.keplarium.at/kepler-history/>
- [36] Schnizer. „Die relativistische Keplerbewegung“, 2003.  
[https://itp.tugraz.at/LV/schnizer/Analytische\\_Mechanik/node11.html#SECTION00117100000000000000](https://itp.tugraz.at/LV/schnizer/Analytische_Mechanik/node11.html#SECTION00117100000000000000)
- [37] Dipl.-Phys. Oliver Kugeler, Elektronenkoinzidenzmessungen an kleinen Molekülen mit hoher Energieauflösung.
- [38] Das Hochfrequenz-System für den Beschleuniger. DESY. [http://petra3-project.desy.de/speicherring/arbeitspakete/komponenten/hochfrequenz/index\\_gerr.html](http://petra3-project.desy.de/speicherring/arbeitspakete/komponenten/hochfrequenz/index_gerr.html)
- [39] Forschung mit sensationell hellem Licht. Sönke Möhl und Anatol Johansen. Berliner Morgenpost.  
<http://www.morgenpost.de/printarchiv/wissen/article104883824/Forschung-mit-sensationell-hellem-Licht.html>
- [40] Albert Einstein 1905: Zur Elektrodynamik bewegter Körper.
- [41] Atome, Moleküle und optische Physik 1. Atomphysik und Grundlagen der Spektroskopie. Hertel, Schulz. Springer-Lehrbuch. 2008.
- [42] Manfred Filtz, TU Berlin: Abbremsen einer gleichförmig bewegten Punktladung. <http://www-tet.ee.tu-berlin.de/Animationen/Punktladung2/>
- [43] Bailey, H.; Borer, K.; Combley F.; Drumm H.; Krienen F.; Lange F.; Picasso E.; Ruden W. von; Farley F. J. M. ; Field J. H.; Flegel W. & Hattersley P. M.: Measurements of relativistic time dilatation for positive and negative muons in a circular orbit. Nature 268, 301 - 305 (28 July 1977).
- [44] Benjamin Botermann, Dennis Bing, Christopher Geppert, Gerald Gwinner, Theodor W. Hänsch, Gerhard Huber, Sergei Karpuk, Andreas Krieger, Thomas Kühl, Wilfried Nör-tershäuser, Christian Novotny, Sascha Reinhardt, Rodolfo Sánchez, Dirk Schwalm, Thomas Stöhlker, Andreas Wolf, and Guido Saathoff: Test of Time Dilation Using Stored Li<sup>+</sup> Ions as Clocks at Relativistic Speed. Phys. Rev. Lett. 113, 120405 – Published 16 September 2014.

- [45] Rossi, Bruno; Hall, David B.: Variation of the Rate of Decay of Mesotrons with Momentum. *Physical Review*, vol. 59, Issue 3. (1941).
- [46] Franz Embacher. Relativistische Korrekturen für GPS. 2006.  
<http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/rel.html>
- [47] Observation of Bound-State  $\beta^-$  Decay of Fully Ionized  $^{187}\text{Re}$ :  $^{187}\text{Re}$ – $^{187}\text{Os}$  Cosmochronometry. F. Bosch, T. Faestermann, J. Friese, F. Heine, P. Kienle, E. Wefers, K. Zeitelhack, K. Beckert, B. Franzke, O. Klepper, C. Kozhuharov, G. Menzel, R. Moshhammer, F. Nolden, H. Reich, B. Schlitt, M. Steck, T. Stöhlker, T. Winkler, and K. Takahashi. *Phys. Rev. Lett.* 77, 5190 – Published 23 December 1996.  
<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.77.5190>
- [48] Erstes Bild des rätselhaften Milchstraßen-X. SCINEXX, 2016.  
<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-20407-2016-07-20.html>
- [49] Kosmologie für Eilige. Johann Christian Lotter. <http://kosmologie.fuer-eilige.de/entfernung.htm>
- [50] Fernste Galaxie entdeckt. National Geographic.  
<http://www.nationalgeographic.de/aktuelles/fernste-galaxie-entdeckt>
- [51] US-Forscher entdecken bislang fernste Galaxie. Die Welt.  
<http://www.welt.de/wissenschaft/weltraum/article152937969/US-Forscher-entdecken-bislang-fernste-Galaxie.html>
- [52] Entfernte Galaxie ist Schwarzes Loch. Astronews. Stefan Deiters.  
<http://astronews.com/news/artikel/2016/06/1606-039.shtml>
- [53] Rotationskurven von Spiralgalaxien. Institut für Astronomie und Astrophysik der Universität München. <http://www.usm.uni-muenchen.de/people/saglia/dm/galaxien/alldt/node42.html>
- [54] Galaxies, the Galaxy, ISM, and Radio Astronomy. Yoshiaki SOFUE. Professor Emeritus, Institute of Astronomy, The University of Tokyo  
<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/~sofue/rotation/fig1/all-new.gif>
- [55] Über die Natur der Dicken Scheibe unserer Milchstraße. Ralf Klessen.  
<http://www.ita.uni-heidelberg.de/research/klessen/people/klessen/publications/Diplomarbeit/>
- [56] Keine Dunkelmaterie in Umgebung der Sonne. Astronews, 2012.  
<http://www.astronews.com/news/artikel/2012/04/1204-022.shtml>

- [57] The Radial Acceleration Relation in Rotationally Supported Galaxies. Stacy S. McGaugh, Federico Lelli, James M. Schombert.  
<https://arxiv.org/pdf/1609.05917v1.pdf>
- [58] The Milky Way's rotation curve out to 100 kpc and its constraint on the Galactic mass distribution. 2016. <https://arxiv.org/abs/1604.01216>
- [59] Pierre Sikivie. Evidence for ring caustics in the Milky Way. Physics Letters B. Volume 567, Issues 1–2, 7 August 2003, Pages 1–8.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0370269303008633>
- [60] Planck blickt auf ein Gewebe aus kaltem Staub. ESA, 2010.  
[http://m.esa.int/ger/ESA\\_in\\_your\\_country/Germany/Planck\\_blickt\\_auf\\_ein\\_Gewebe\\_aus\\_kaltem\\_Staub](http://m.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/Planck_blickt_auf_ein_Gewebe_aus_kaltem_Staub)
- [61] Today's Colloquium: Quantifying HI Morphology. ASTRON, Netherlands Institute for Radio Astronomy.  
[astron.nl/dailyimage/index.html?main.php?date=20110210](http://astron.nl/dailyimage/index.html?main.php?date=20110210)
- [62] Universität Bonn, Studie weckt massive Zweifel an Existenz Dunkler Materie. <http://www3.uni-bonn.de/Pressemitteilungen/158-2010>
- [63] Überraschung im Orionnebel. Bild der Wissenschaft, 2016.  
[http://www.wissenschaft.de/home/-/journal\\_content/56/12054/12497322/Reisen-Erreger-auf-Mikroplastik-durchs-Meer%3F/](http://www.wissenschaft.de/home/-/journal_content/56/12054/12497322/Reisen-Erreger-auf-Mikroplastik-durchs-Meer%3F/)
- [64] Suche nach Dunkler Materie: Wie Sie sehen, sehen Sie nichts. SPIEGEL, 2016. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/dunkle-materie-wichtiges-experiment-lux-findet-nichts-a-1104266.html>
- [65] An dieser Frage scheitern selbst die besten Wissenschaftler. N24, 2016.  
<http://www.n24.de/n24/kolumnen/Prof-Ulrich-Walter-Wissenschaft/d/8926088/an-dieser-frage-scheitern-selbst-die-besten-wissenschaftler.html>
- [66] Some pictures of educational interest. Rensselaer Polytechnic Institute.  
<https://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Educational-resources/Educational-resources.htm>
- [67] Phillips. High vacuum PHOTOCELL 90AV.  
<http://tubedata.itchurch.org/sheets/030/9/90AV.pdf>

- [68] Physik II: Elektrodynamik und spezielle Relativitätstheorie. Klaus Dransferd, Paul Kienle. Oldenbourg, 2002.
- [69] Wikipedia. Atomic radii of the elements (data page).  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic\\_radii\\_of\\_the\\_elements\\_\(data\\_page\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_radii_of_the_elements_(data_page))
- [70] Lehrbuch der Experimentalphysik: Bd.6 Festkörper. Ludwig Bergmann, Clemens Schaefer. De Gruyter, 2005.
- [71] John Gribbin, “Auf der Suche nach Schrödingers Katze”. PIPER, 2010.
- [72] Die Tür ins Dunkle Universum. Spektrum, 2016.  
<http://www.spektrum.de/news/die-tuer-ins-dunkle-universum/1426022>
- [73] Bohr'sches Atommodell. Chemgapedia.  
[http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap\\_2/vlu/bohrsche\\_atommodell.vlu/Page/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap\\_2/kap2\\_6/kap2\\_6\\_7.vscml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap_2/vlu/bohrsche_atommodell.vlu/Page/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap_2/kap2_6/kap2_6_7.vscml.html)
- [74] Der Urknall ist nur Marketing. Robert Laughlin. SPIEGEL, 2008.  
<http://magazin.spiegel.de/EpubDelivery/spiegel/pdf/55231886>
- [75] Einstein hatte Recht: Krümmung der Raumzeit endlich bewiesen. Welt der Wunder. <http://weltderwunder.de.msn.com/technik-und-weltraum-article.aspx?cp-documentid=157314630>
- [76] Einstein ohne Ende - Sonde stellt Einsteins Gravitationstheorie auf die Probe. Deutschlandfunk. [http://www.deutschlandfunk.de/einstein-ohne-ende.676.de.html?dram:article\\_id=24354](http://www.deutschlandfunk.de/einstein-ohne-ende.676.de.html?dram:article_id=24354)
- [77] Gravity Probe B finally pays off. ScienceNews.  
<https://www.sciencenews.org/article/gravity-probe-b-finally-pays>
- [78] Der verschollene Film. Bild der Wissenschaft.  
[http://www.wissenschaft.de/archiv/-/journal\\_content/56/12054/1657774/Der-verschollene-Film](http://www.wissenschaft.de/archiv/-/journal_content/56/12054/1657774/Der-verschollene-Film)