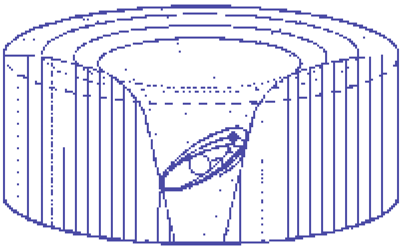

Einsteins Relativitätstheorie kontra klassische Mechanik

Paul Marmet

übersetzt von Mathias Hüfner

Letzte Durchsicht: 05.09.12

Kapitel acht
Der Doppler-Effekt.

8,1 - Grundprinzipien des Doppler-Effektes.

In Kapitel zwei, betrachteten wir den speziellen Fall des null Doppler-Effektes. Das heißt, dass sich die Quelle in eine Richtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Lichtes bewegte. Die Änderung der Frequenz wegen des Doppler-Effektes war null, weil die Radialgeschwindigkeit zwischen der Quelle und dem Detektor gleich null war. Wenn es eine relative Radialgeschwindigkeit zwischen der Quelle und dem Detektor gibt, muss der Doppler-Effekt berücksichtigt werden. Leider scheint dieses Phänomen in der Physik wohl nicht vollständig verstanden zu sein.

Es hat viele Diskussionen über die Frage der Energieerhaltung im Doppler-Effekt gegeben. Zum Beispiel schrieben Weiss und Baez einen Artikel [1] betitelt: „Wird die Energie in der allgemeinen Relativitätstheorie konserviert?“

Sie betrachten den Fall der kosmischen Strahlung, die über Milliarden Jahren rot verschoben wurde. „Jedes Photon wird röter und röter. Was geschieht mit dieser Energie? „Sie berichten darüber: „… die Energie ist einfach verloren“.

Eine solche Antwort ist nicht annehmbar, da wir an die Erhaltung von Masse und Energie glauben. Wir glauben daran, dass überhaupt keine Art von Energie verloren gehen kann, was auch immer die Umstände sind. Wenn das nämlich möglich wäre, würde Energie aus dem Nichts geschaffen werden können, wenn sich ein Emitter in Richtung zu einem Beobachter hin wegen des Doppler-Effektes bewegt.

Selbstverständlich produziert eine zunehmende Radialgeschwindigkeit notwendigerweise eine Rotverschiebung, aber man sieht, dass eine Rotverschiebung kein Beweis für einen Doppler-Effektes ist, da sie auf andere Art und Weisen produziert werden kann. Es ist in [2] gezeigt worden, dass die Rotverschiebung der kosmischen Strahlung durch ein anderes Phänomen besser erklärt werden kann, bei dem Masse und Energie erhalten bleiben. Die Rotverschiebung resultiert aus der Energie, die nach zahlreichen Interaktionen von Photonen mit den interstellaren Gasen während der Milliarden Jahre verloren ging. In diesem Fall wird die Restenergie anderswohin zerstreut, so gibt es keine Schwierigkeit mit der Kompatibilität zum Prinzip der Masse-Energie-Erhaltung.

8,2 – Die Masse-Energie-Erhaltung im Rahmen des Doppler-Effektes.

Die Doppler-Rotverschiebung ist ein reales Phänomen, das in einigen Fällen auftreten kann und das immer mit der Masse-Eenergie-Erhaltung übereinstimmt. Wir wollen zum Beispiel den Fall von einem Wasserstoffatom betrachten, das auf 10,2 eV angeregt wird (der Lyman-Zustand) und sich von einer stationären Quelle weg bewegt. Wenn sich das Wasserstoffatom mit der Hälfte der Lichtgeschwindigkeit bewegt, lehrt uns die Theorie des Doppler-Effektes (unter Verwendung des Wellennatur des Lichtes), dass wir nur die Hälfte der Frequenz des angeregten Zustandes empfangen werden. Das heißt, dass das Photon, das vom bewegten Teilchen empfangen wird, nur noch die Hälfte der Anregungsenergie besitzt. Die Frage ist: Wohin geht die Energiedifferenz von 5,1eV? Es ist in einigen Aufsätzen behauptet worden, dass diese Energie verloren ginge.

Eine Demonstration unter Verwendung der Frequenzänderung einer Welle berücksichtigt nicht die ganze Energie, die im Experiment verfügbar ist, wegen der relativen Geschwindigkeit der Welle. Wir wollen den Doppler-Effekt berechnen, ohne Wellen zu verwenden sondern nur das Prinzip der Masse-Energie Erhaltung.

8,3 - Der Doppler-Effekt, ohne Verwendung des Wellen-Bildes.

Wir wollen im ruhenden System ein Wasserstoff-Atom der Masse m_o betrachten, welches sich mit einer Geschwindigkeit v in Bezug auf den ruhenden Beobachter entfernt. Dieses bewegte Atom hat eine Gesamtenergie von:

$$E_v = \gamma m_o c^2 = m_o c^2 + \frac{1}{2} m_o V^2 + \frac{3}{8}\frac{m_o V^4}{c^2} + \ldots$$

Wir wollen den Fall betrachten, wenn dieses Wasserstoffatom im Lyman-a-Atomzustand mit einer Energie hn_o von 10,2 eV angeregt ist. Die Gesamtenergie (potentielle und kinetische) dieses angeregten Atoms (die Ausdrücke höherer Ordnung vernachlässigend) ist:

$$E_v^* = m_o c^2 + \frac{1}{2} m_o V^2 + h\nu_o \qquad 8,2$$

Wir wollen das bewegte Bezugssystem des Atoms benutzen, von dem das Photon ausgestrahlt wird. Um in dem ruhenden System nachgewiesen zu werden, muss das Photon vom bewegten Atom nach rückwärts (- x-Achse) in Richtung des ruhenden Systems, in dem sich der Beobachter befindet, ausgestrahlt werden. Wenn das Photon ausgestrahlt wird, erhält das Atom einen Rückstoß in die Vorwärtsrichtung (+x-Achsen), der ihm eine Geschwindigkeitszunahme von Δv gibt. Selbstverständlich ist die Gesamtänderung des Impulses ΔP des bewegten Systems (Photon plus Atom) null. Zum Zeitpunkt der Emission des Photons haben wir den Impuls:

$$\Delta P = \frac{-h\nu_o}{c} + m_o \Delta v = 0 \qquad 8,3$$

oder

$$\Delta v = \frac{h\nu_o}{c m_o} \qquad 8,4$$

In Bezug auf das ruhende Bezugssystem war die Geschwindigkeit des Wasserstoffatoms vor der Emission des Photons gleichV. Nach der Emission des Photons, wird die Endgeschwindigkeit V_f des Atoms in Bezug auf das ruhende Bezugssystem:

$$V_f = V + \Delta v \qquad 8,5$$

Gleichung 8,4 eingesetzt in 8,5 ergibt:

$$V_f = V + \frac{h\nu_o}{c m_o} \qquad 8,6$$

Die Gesamtenergie (Masse plus kinetische Energie) des Wasserstoffatoms nach der Emission der Photonen ist (unter Vernachlässigung von Ausdrücken höherer Ordnung):

$$E_v' = m_o c^2 + \frac{1}{2} m_o V_f^2 \qquad 8,7$$

Unter Verwendung von Gleichung 8,6 erhalten wir:

$$E'_V = m_o c^2 + \frac{1}{2} m_o \left(V + \frac{h\nu_o}{c m_o} \right)^2 \qquad 8,8$$

Die Änderung der kinetischen Energie des Wasserstoffatoms wegen des Rückstoßes des Photons ist:

$$\Delta(K.E.) = E'_V - E_V \qquad 8,9$$

Indem wir Glieder 2. Ordnung vernachlässigen, erhalten wir aus Gleichungen 8,8 und 8,1:

$$\Delta(K.E.) = \left(m_o c^2 + \frac{1}{2} m_o \left(V + \frac{h\nu_o}{c m_o} \right)^2 \right) - \left(m_o c^2 + \frac{1}{2} m_o V^2 \right) \qquad 8,10$$

$$\Delta(K.E.) = \frac{V h\nu_o}{c} \qquad 8,11$$

Gleichung 8,11 ergibt die Zunahme der kinetischen Energie des Atoms wegen seines Rückstoßes. Entsprechend dem Masse-Energie-Erhaltungsprinzip muss die Zunahme der kinetischen Energie des Atoms von der Photonenenergie kommen. Da die verfügbare Anregungsenergie zuerst $h\nu_o$ war und da Gleichung 8,11 die Energie gibt, die auf das Atom übertragen wird (als kinetische Energie), ist die Photonenenergie, die übrig bleibt $h\nu_f$:

$$h\nu_f = h\nu_o - h\nu_o \frac{V}{c} \qquad 8,12$$

Das ist:

$$h\nu_f = h\nu_o \left(1 - \frac{V}{c} \right) \qquad 8,13$$

Die Gleichung 8.13 ist exakt identisch mit der Doppler-Gleichung.

Wir haben die Doppler-Gleichung ohne Verwendung eines Wellenmodells sondern nur mit der Masse-Energie-Erhaltung demonstriert. Die Energie, die anscheinend im Doppler-Phänomen verloren geht, wird einfach als kinetische Energie auf das ausstrahlende Atom übertragen, dessen Geschwindigkeit sich wegen des Rückstoßimpulses erhöht hat. Es ist auch wichtig zu bemerken, dass die Menge der kinetischen Energie, die in Gleichung 8,11 verloren geht, unabhängig von der Masse des Partikels ist.

Die oben genannte Demonstration löst das Problem, das von Weiss und Baez und andere besprochen wird. Wir stellen fest, dass die Energie, die durch den Doppler-Mechanismus rotverschoben ist, nicht verloren geht. Sie wird einfach als kinetische Energie dem ausstrahlenden Atom als Rückstoß zum Zeitpunkt der Emission übermittelt. Wir müssen bemerken, dass diese Erklärung nichts mit Relativität zu tun hat.

8.4 - Literaturhinweise.

[1] http://www-hpcc.astro.washington.edu/mirrors/physicsfaq/energy_gr.html

[2] P. Marmet, A New Non-Doppler Redshift, Physics Essays, 1, 1, P. 24-32, 1988.

8.5 - Symbole und Variable.

E_V Energie einer Masse m_o, die sich mit der Geschwindigkeit V bewegt

E^*_V Energie einer Masse m_o, die sich mit der Geschwindigkeit V bewegt und angeregt auf eV 10,2 ist

E_V Energie einer Masse m_o, die sich mit der Geschwindigkeit V bewegt, nachdem seine Anregungsenergie verloren hat

ν_o Frequenz entsprechend der Anregungsenergie

ν_f Frequenz ausgestrahlt durch das Atom

<><><><><><><><><><><><>