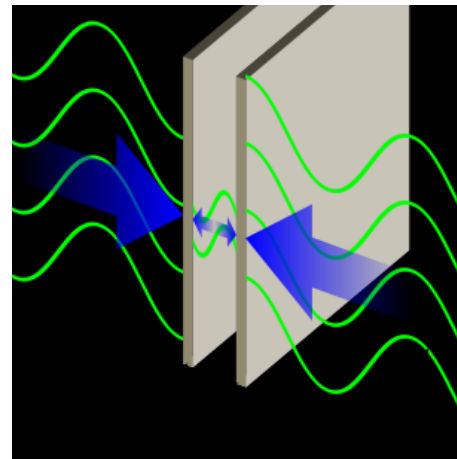


Der Casimir-Effekt unter Ockhams Rasiermesser

Der von dem Holländer *Hendrik Casimir* 1948 vorhergesagte und 1956 von russischen Physikern experimentell bestätigte Effekt, dass auf zwei parallele leitende Platten im Vakuum eine Kraft wirkt, die beide zusammendrückt, gilt als ein Stützpfiler für die wissenschaftliche These, dass das physikalische Vakuum Energie enthält.

Zur Begründung dieser Kraft wird davon ausgegangen, dass das Vakuum ein Raum voller virtueller Teilchen (Photonen) ist, die kurzzeitig real werden können und damit Impulse in der Raumzeit hinterlassen. Diesen so genannten Vakuumfluktuationen können De-Broglie-Wellenlängen¹ zugeordnet werden. Dadurch, dass zwischen den Platten nur Wellenlängen mit einem Vielfachen des Plattenabstandes, aber außerhalb der Platten Vakuumfluktuationen mit allen möglichen Wellenlängen auftreten können, wirkt ein so genannter „Photonendruck“ von außen auf die Platten.



Der Casimir-Druck (Kraft F_c pro Fläche A) für perfekt leitende Platten im Vakuum beträgt:

$$p_c = \frac{F_c}{A} = \frac{\hbar c \pi^2}{240 \cdot d^4}$$

Nach dieser Formel ergibt der Abstand von 190 nm einen Druck von 1 Pa, bei 11 nm erreicht man 100 kPa.²

Andere Quellen [3] sprechen von einer Casimirkraft von 10^{-7} N bei einer Plattenfläche von 1 cm^2 und einem Plattenabstand von $1 \text{ }\mu\text{m}$ ^[3] und [4] von einem Anpressdruck von $2 \cdot 10^{-6} \text{ N/cm}^2$ bei einem Plattenabstand von $0,5 \text{ }\mu\text{m}$ ^[4].

¹ De-Broglie-Wellenlänge eines Teilchen ohne Ruhemasse: $\lambda = h/p$ mit $p = m v / \sqrt{1 - (v/c)^2}$; wobei h das Plancksche Wirkungsquantum und p der relativistische Impuls sind.

² Angaben aus: <http://de.wikipedia.org/wiki/Casimir-Effekt>

³ Angaben aus: <http://web.physik.rwth-aachen.de> (martin Bodeck.ppt) und <http://de.wikipedia.org/wiki/Vakuumenergie>

⁴ Angaben aus: <http://www.erkennthorizont.de/Vakuumenergie/Vakuum.c.php?screen=800>

Die Schwierigkeit für den Laien besteht zum einen darin, genaue Angaben über den Versuchsaufbau zu erhalten, z.B. Abmaße, Masse, Material, Oberflächenrauigkeiten der Platten, noch schwieriger ist es, den Versuch nachzuempfinden. Allein die Voraussetzung, dass die Platten auf eine extrem niedrige Temperatur nahe dem absoluten Nullpunkt gekühlt werden müssen, damit sie nicht selbst zu viele Photonen aussenden, macht den Versuchsaufbau aufwändig und schwierig. Tatsächlich ist es möglich, den Casimir-Effekt auch ohne die Zuhilfenahme der so genannten Nullpunktenergie des Vakuums nachzuweisen^[5]. Aber nicht nur die thermische Strahlung, Van-der-Waals-Kräfte und elektrostatische Effekte sind als mitwirkende Komponenten denkbar, allen voran freilich die Gravitation, konkret die Massenanziehungskraft der Platten selbst.

Den initiiierenden Hinweis erhielt ich beim Lesen des Buches „Verborgene Universen“ von *Lisa Randall*, in welchem sie darauf hinwies, dass Gravitationskräfte nicht nur bei großen Massen, sondern ebenso bei geringen Abständen an Signifikanz gewinnen. Ganz unmittelbar brachte mich das auf den Gedanken, den Casimir-Effekt über die Newtonsche Gravitationsgleichung zu verifizieren oder eben zu falsifizieren. Immerhin sind in der Literatur Korrelationen zwischen der Casimir-Kraft bzw. dem „Photonendruck“ und den Plattenabständen zu finden, leider eben nichts über die Plattenmassen.

Newton'sches Gravitationsgesetz:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Setzt man für m_1 und m_2 jeweils die (frei gewählte) Masse der beiden Platten, für r den Abstand zwischen den Platten und für G die Gravitationskonstante = $6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ein, **berechnet sich der o. a. Anpressdruck von 1 Pa bei einem Plattenabstand von 190 nm, beispielsweise bei einer Plattenmasse von jeweils 235 mg; (das sind zwei 0,3 mm dicke quadratische Stahlplatten der Kantenlänge 1 cm). Andererseits errechnet man bei dem gleichen Versuchsaufbau und einem**

⁵ The Casimir Effect and the Quantum Vacuum; **Authors:** R. L. Jaffe

(Submitted on 21 Mar 2005)

Abstract: In discussions of the cosmological constant, the Casimir effect is often invoked as decisive evidence that the zero point energies of quantum fields are "real". On the contrary, Casimir effects can be formulated and Casimir forces can be computed without reference to zero point energies. They are relativistic, quantum forces between charges and currents. The Casimir force (per unit area) between parallel plates vanishes as α , the fine structure constant, goes to zero, and the standard result, which appears to be independent of α , corresponds to the $\alpha \rightarrow \infty$ limit.

Comments: 9 pages, 3 figures, uses aip class and the package floatfm to float text around figures
Subjects: High Energy Physics - Theory (hep-th); Astrophysics (astro-ph); High Energy Physics - Phenomenology (hep-ph); Quantum Physics (quant-ph)
Journal reference: Phys.Rev. D72 (2005) 021301
DOI: 10.1103/PhysRevD.72.021301
Report number: MIT-CTP-3614
Cite as: arXiv:hep-th/0503158v1

Plattenabstand von 11 nm einen Anpressdruck von nur 0,3 kPa, was mit der obigen Angabe von 100 kPa [2] nicht mehr korrelieren würde.

Bei einem Plattenabstand von 1 μm und einer Plattengröße von 1 cm^2 ergibt sich eine Gravitationskraft von $0,37 \cdot 10^{-7}$ N; im Gegensatz zu der Angabe von [3], wo eine Casimirkraft von 10^{-7} N ermittelt wurde. Zumindest stimmt hier die Größenordnung!

In [4] wird bei einem Plattenabstand von 0,5 μm (keine Aussage zur Plattengröße) ein Anpressdruck von $2 \cdot 10^{-6}$ N/ cm^2 angegeben; mittels des Gravitationsgesetzes würde sich bei einer Plattenfläche von 1 cm^2 und einer Plattendicke von 0,11 mm (86 mg) derselbe Anpressdruck durch die alleinige Wirkung der Gravitation ergeben!

Resümee: Trotz fehlender Angaben zum Versuchsaufbau und der Feststellung von einigen Abweichungen zwischen den experimentell ermittelten Casimirkräften und den berechneten Gravitationskräften kann festgestellt werden, dass die Gravitation schon bei solch geringen Plattengrößen von 1 cm^2 und Plattenmassen von 235 mg und weniger eine signifikante Rolle spielt. **Allein die geringen Plattenabstände verursachen eine nicht mehr vernachlässigbare Gravitationskraft.**

Der Nachweis, dass sich der Casimir-Effekt allein auf die Energie des Vakuums infolge von spontanen Vakuumfluktuationen zurückführen lässt, ließe sich nur zweifelsfrei verifizieren, wenn die Plattenmassen vernachlässigbar klein wären.

Dieser Umstand verpflichtet geradezu, an dieser Stelle das Ockhamsche Messer anzusetzen, zumal die Angaben zu den mittels des Casimir-Effektes hochgerechneten und den experimentell ermittelten Energiedichten des Vakuums um 120 Größenordnungen (Faktor 10^{120}) voneinander abweichen.

Immer wieder stößt man auf Literatur, die allein über den Casimir-Effekt die Energie des Vakuums hochrechnen und Ausbeuten von gigantischen Ausmaßen in Aussicht stellen. Die Realität hingegen zeigt sich in einem anderen Licht: Tatsächlich wurden nur Energiedichten von 10^{-9} J/ m^3 bis 10^{-11} J/ m^3 gemessen;

Ockhams Rasiermesser ist ein Sparsamkeitsprinzip aus der Wissenschaftstheorie. In seiner bekanntesten Formulierung von Johannes Clauberg lautet es: „Entitäten dürfen nicht über das Notwendige hinaus vermehrt werden.“ Steht man vor der Wahl mehrerer Erklärungen, die sich alle auf dasselbe Phänomen beziehen, soll man diejenige bevorzugen, die mit den einfachsten bzw. der geringsten Anzahl an Annahmen auskommt. Es enthält ebenso die Forderung, für jeden Untersuchungsgegenstand nur eine einzige Erklärung anzuerkennen.

und Geräte zur Nutzung der so genannten Nullpunktenergie des Vakuums zeigen bislang nur

Wirkungen im feinstofflichen Bereich; an einen Motorantrieb mit Leistungen im kW-Bereich ist aus heutiger Sicht nicht zu denken. Hier scheint viel mehr der Wunsch der Vater des Gedanken zu sein.

Um Missverständnissen vorzubeugen: Mit diesem Ockhamschen Messerschnitt soll freilich nicht ein vollkommen energiefreies Vakuum proklamiert werden. Unbesehen bezeichnet das Vakuum den Energiegrundzustand; und wenigstens der Plancksche Schwarzstrahlungsanteil von $h\nu/2$ soll hier nicht wegdiskutiert werden. Vakuumfluktuationen, die in der Raumzeit als Energieimpuls detektiert werden können, liegen im Vakuum nicht notwendig bereits als Energie vor. Sinnvoller erscheint es mir, im Zusammenhang mit Entitäten des Vakuums von Informationen zu sprechen, die sich infolge von Verknüpfungen in der Raumzeit als Energieimpuls offenbaren können. **Wiederum ist die Gravitation selbst eine Kraft, die wohl stets im Zusammenhang mit Masse zu Tage tritt, aber –wie sich Newton selbst ausdrückte-: „keine der Masse innewohnende Kraft“ ist und wahrscheinlich mit dem Vakuumfeld im Zusammenhang steht, auch wenn deren Ursache nach wie vor ungeklärt ist.*** Auch vorläufige Hilfskonstruktionen, wie die kosmologische Konstante oder die Dunkle Materie mögen in diesem Zusammenhang nützliche Modellvorstellungen, aber (noch) keine endgültigen Erklärungen liefern.

* **Nachtrag:** Am 02.September 2011 erhielt ich von Prof. Dr. Thomas Görnitz per Email einen Artikel der Zeitschrift „Spektrum der Wissenschaft“ (Sept. 2011) mit dem Titel „Leben in der Quantenwelt“ von Vlatko Vedral zu geschickt, notabene in gänzlich anderem Zusammenhang als den in obigen Text thematisierten.

Zitat: „Noch interessanter ist die Möglichkeit, dass Gravitation gar keine eigenständige Kraft ist, sondern durch Quantenfluktuationen der übrigen Naturkräfte entsteht. Diese Idee der >>induzierten Gravitation<< geht auf den sowjetischen Physiker und Dissidenten Andrei Sacharow (1921-1989) zurück.“

Die Sacharowsche These von der *induzierten Gravitation* könnte ein Hinweis darauf sein, dass es sich bei der Casimir-Kraft und der Gravitationskraft um verwandte, wenn nicht gar dieselben Kräfte handelt.