

## Casimir-Effekt - plausibel erklärt

Petra Schulz

Theodor-Francke-Weg 65, D-38116 Braunschweig

Das Ergebnis des Casimir-Effekts ist ein wichtiges Experiment für die künftige Weiterentwicklung der Physik. Es wurde jedoch noch nicht in den Lehrbüchern des 20. Jahrhunderts erwähnt. Möglicherweise haben die etwas undurchsichtigen Deutungsversuche dazu beigetragen, daß der Casimir-Effekt verschwiegen wurde. Aber immerhin: 1997 wurden wieder Experimente mit verbesserten und variierten Versuchsbedingungen zum Casimir-Effekt durchgeführt (LAMOREAUX 1997). Die Physiker bleiben weiter am Ball. Die Theoretiker KRAUSE und FISCHBACH stellten 2002 Hochrechnungen an für verschieden schwere Metallatome eines Elements (Isotope). Die Effekte sind jedoch zu klein, um die Vorhersagen zu den Isotopen einflüssen heutzutage experimentell bestätigen zu können.

### 1. Kurzbeschreibung des Casimir-Effekts

1948 hat der Holländer H. G. B. Casimir diesen Effekt vorausgesagt, 1958 erfolgte die experimentelle Bestätigung durch M. L. Sparnaay. Bei diesem Versuch wurden zwei planparallele Metallplatten mit engem Abstand bei einer Temperatur nahe Null Kelvin einem Vakuum ausgesetzt. Sparnaay stellte fest, daß die Metallplatten zueinander gedrückt wurden, Abb. 1 (s. Übersichtsartikel BOYER 1985).

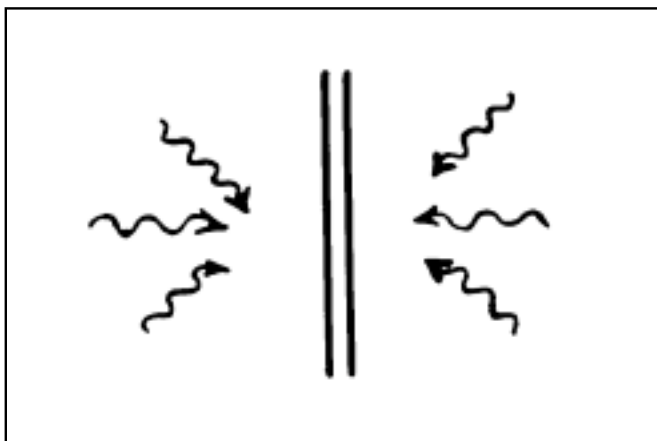


Abb. 1: Casimir-Effekt: Vakuumpotonen pressen die Metallplatten zueinander (SCHULZ 1996).

## 2. Konsequenzen

Seit der experimentellen Bestätigung des Casimir-Effekts mußten die Vorstellungen zum Vakuum-Begriff leicht korrigiert werden: Das Vakuum ist nicht leer. Es wird ständig von Photonenströmen – vorwiegend aus der Außenwelt - durchsetzt. Diese Photonenenergie des Vakuums kann man als Vakuumenergie bezeichnen. Andere Autoren benutzen auch die folgenden Ausdrücke: Vakuumfeld, Nullpunktsstrahlung, allgemeines Raumfeld, Weltraumstrahlung und - etwas irreführend - fluktuierende Strahlung oder – noch schlimmer - Vakuumpolarisation.

## 3. Plausible Erklärung

Wegen des geringen Abstandes zwischen den Platten muß man auf jeden Fall den Oberflächeneinfluß berücksichtigen. Die Atome der Oberfläche schlucken die Photonen der Vakuumstrahlung (grau), s. Abb. 2. Es entsteht dadurch vorübergehend eine Zone

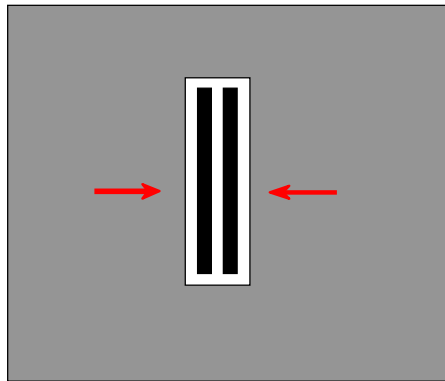


Abb. 2: Der Casimir-Effekt als Oberflächeneffekt verstanden: An den Oberflächen (schwarz) werden Vakuumphotonen (grau) weggefangen und hinterlassen leere Stellen (weiß).

echter Leere (symbolisiert durch die weiße Fläche). Im engen Gebiet zwischen den Platten wirkt sich die Photonenermangelung stärker aus als in dem breiten Gebiet außerhalb (symbolisiert als weite graue Zone der Vakuumphotonen und die schmale weiße Zone der Leere). Die im Mittel höhere Photonenkonzentration außerhalb der Metallplatten (d. h. der höhere Photonendruck, also der größere Grauteil der betrachteten Flächen) drückt die Platten zueinander (symbolisiert durch kleine waagerechte Pfeile).

Hier folgt noch eine Erklärung, weshalb die Vakuumstrahlung von den Metallatomen der Oberfläche geschluckt werden muß:

- weil die Atome dort ungesättigt sind (ihnen fehlt die aufliegende Schicht gleichartiger Nachbaratome),
- weil die Vakuumphotonen garantiert von einem heißeren Körper stammen müssen, die Metallplatten sind ja nur 0 K "warm",
- weil die Photonen anschließend sehr gut von dem Elektronengas/Elektronensee aufgenommen werden können (schließlich ist dort fast jeder Energiezuwachs erlaubt).

Aus der Physikalischen Chemie ist bekannt, daß die Oberfläche einen merklichen Einfluß auf den Energiezustand eines Körpers haben kann. Diese Zustandsgröße wirkt sich erst bei geringen Abständen aus. Es ist deshalb kein Wunder, daß bei Abständen unter 1 nm die Casimir-Kraft größer ist als die gewöhnliche Gravitationskraft. Auch ist die Abhängigkeit der Kraft vom Abstand der wechselwirkenden Körper ein anderes als bei der Gravitation.

#### **4. Bedeutung**

Beim Casimir-Effekt wird Lichtenergie geringfügig in mechanische Energie umgewandelt. Deshalb wird er wohl kaum jemals große technische Bedeutung erlangen.

Jedoch für die theoretische Physik dürfte dieser Effekt von eminent wichtiger Bedeutung sein. Die Vakuumphotonen sorgen dafür, daß starke Energieanhäufungen im Weltall zerstreut werden, z. B. die Rotations- und Translationsenergie der Elektronen in stromdurchflossenen Drähten (SCHULZ 1996). Diese allgegenwärtigen Photonen sorgen für die Gültigkeit des Zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Und darüber hinaus wird man möglicherweise in der Quantenmechanik von einem indeterministischen zu einem deterministischen Modell umdenken müssen. Und so wird sich beispielsweise eine deterministische Chaostheorie entwickeln.

**5. Literatur**

BOYER, T. H.: Das Vakuum aus moderner Sicht. In: *Spektrum der Wiss.*, Oktober 1985, S. 114-123

SCHULZ, P.: Elektromagnetismus endlich anschaulich. In: *DPG-Vortragsband Didaktik der Physik*, Jena 1996, S. 309-312

LAMOREAUX, S. K.: Demonstration of the Casimir Force in the 0,6 to 6  $\mu\text{m}$  Range. In: *Phys. Rev. Lett.* 78 (1997), S. 5-8

KRAUSE, D. E.; FISCHBACH, E.: Isotopic Dependence of the Casimir Force. In: *Phys. Rev. Lett.* 89 (2002), 190406-1-4