

### Quantenfeldfluktuationsturbine

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Antreiben einer Welle, umfassend einen Laser zur Aussendung von gequetschtem Licht in Form von Laserstrahlen, eine Welle und einen Spiegel, der an der Welle befestigt ist, wobei die Laserstrahlen an dem Spiegel reflektiert werden.

Im Stand der Technik sind Gasturbinentriebwerke oder Kerosintriebwerksturbinen bekannt. Solche Turbinen umfassen einen Lüfter und einen Kern, die in Strömungsverbindung miteinander stehen. Der Kern umfasst einen Verdichtungsabschnitt, einen Verbrennungsabschnitt, einen Turbinenabschnitt und einen Abgasabschnitt, die hintereinander angeordnet sind. Im Betrieb wird mindestens ein Teil der Luft über den Ventilator dem Einlass des Kerns zugeführt. Dieser Teil der Luft wird von den Kompressoren schrittweise komprimiert, bis er den Verbrennungsabschnitt erreicht. Kraftstoff wird mit Druckluft vermischt und im Verbrennungsschritt verbrannt, um Verbrennungsgase zu erzeugen. Vom Verbrennungsabschnitt werden die Verbrennungsgase durch die Turbine geleitet. Die Verbrennungsgase werden dann über einen Abgasabschnitt in die Atmosphäre geleitet. Turbinen dieser Art sind jedoch nicht empfindlich genug, die Quantenfluktuationen einzelner Quantenteilchen zu erfassen und können die Energie demnach nicht umwandeln.

Unter Quantenfluktuationen versteht man das zufällige, paarweise Entstehen und Verschwinden von Quantenteilchen im Rahmen der Heisenbergschen Unschärferelation. Dabei kann beispielsweise ein Teilchen-Antiteilchen-Paar mit einer gewissen Energie aus dem Vakuum entstehen und nach einer gewissen Lebenszeit wieder verschwinden. Energieunschärfe und Zeitunschärfe müssen dabei der Heisenbergschen Unschärferelation genügen. Dabei können sowohl fermionische Teilchen-Antiteilchen-Paare, als auch bosonische Teilchen-Antiteilchen-Paare entstehen. Unter gequetschtem Licht versteht man einen quantenmechanischen Zustand von Licht, wobei die Unschärfe der Phase oder der Amplitude des Lichts gequetscht, also verringert, wird, während die jeweils andere Unschärfe vergrößert wird. Gequetschtes Licht wird beispielsweise am Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) verwendet, um den Einfluss von Quantenfluktuationen auf die dort verwendeten Spiegel so gering wie möglich zu halten. Das Licht wird phasengequetscht, das heißt, Phasenunschärfe wird so weit wie möglich reduziert, während sich die Amplitudenunschärfe vergrößert. Dies beruht ebenfalls auf der Heisenbergschen Unschärferelation, da das Produkt aus Phasenunschärfe und Amplitudenunschärfe einen bestimmten Minimalwert nicht unterschreiten darf. Nimmt man

eine erhöhte Unschärfe bei einem der beiden Parameter in Kauf, kann die Unschärfe des anderen Parameter verringert werden. Auf diese Weise kann die Empfindlichkeit der Spiegel gegenüber Gravitationswellen erhöht werden. Die Phasenunschärfe macht sich in der Laufzeit des Lichts zwischen Laser und Spiegel bemerkbar, wohingegen die Amplitudenunschärfe zu einer minimal größeren Intensität des Lichts führt. Es konnte gezeigt werden, dass eine geeignete Quetschung des verwendeten Lichts zu einer Auslenkung des 40 kg schweren Spiegels um etwa  $10^{-20}$  m führen kann.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, die eine ausreichende Empfindlichkeit gegenüber Quantenfluktuationen, insbesondere Quantenfluktuationen von Photonen in gequetschtem Licht, zur Verfügung stellt.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung angegeben.

Die in Anspruch 1 beanspruchte Vorrichtung weist einen Spiegel auf, der durch den Strahlungsdruck der Laserstrahlen und durch Quantenfluktuationen der Laserstrahlen in Bewegung versetzt wird und somit eine Rotation der Welle verursacht. Die mechanische Rotationsenergie kann in weiterer Folge als Antriebsmechanismus verwendet werden, beispielsweise zum Antreiben einer Turbine. Vorteilig gegenüber dem Stand der Technik ist, dass mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch Quanteneffekte, insbesondere Quantenfluktuationen, erfasst werden können, indem die Turbinenblätter durch Spiegel ersetzt werden. Insbesondere wird phasengequetschtes Licht verwendet, sodass Amplitudenfluktuationen Stöße auf die Spiegeloberfläche übertragen können. Vorzugsweise hat der verwendete Laser eine Leistung von 200 kW oder mehr. Der Strahlungsdruck ist jener Druck, der durch absorbierte, emittierte oder reflektierte elektromagnetische Strahlung auf eine Fläche wirkt. Bei Absorption und Emission ist der Strahlungsdruck gleich der Intensität der Welle, dividiert durch die Lichtgeschwindigkeit,

$$p_{St} = I / c,$$

und wird in Einheiten von Pascal gemessen. Im Teilchenmodell des Lichts kann man den Strahlungsdruck eines Photons mit seiner Energie verknüpfen, wobei die Energie durch

$$E = h \nu$$

gegeben ist. Im Wellenmodell des Lichts kann man den Strahlungsdruck mit dem Maxwell'schen Spannungstensor in Verbindung bringen:

$$p_{St} n_j = T_{ij} n_i,$$

wobei  $n_i$  ein Vektor normal auf die Oberfläche ist, auf die der Strahlungsdruck ausgeübt wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Spiegel eine Reflektivität von mehr als 80%, vorzugsweise mehr als 90%, besonders bevorzugt mehr als 99% auf. Der Grad der Reflektivität wirkt sich direkt auf den Strahlungsdruck aus. Beispielsweise ist bei vollständiger Reflektion der Strahlungsdruck doppelt so groß wie bei vollständiger Absorption. Das eintreffende Photon überträgt einen gewissen Impuls auf den Spiegel und nimmt einen gleich großen, aber entgegengesetzt gerichteten Impuls wieder mit, sodass der Impulsübertrag in Summe das doppelte des eintreffenden Impulses beträgt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind mehrere Spiegel kranzförmig um die Welle angeordnet. Dies führt zu einer höheren Spiegeldichte und dazu, dass mehr Energie in Rotationsenergie der Welle umgewandelt werden kann, was einem höheren Wirkungsgrad entspricht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden zwei oder mehr Laser verwendet, deren ausgesendete Laserstrahlen zueinander nicht parallel sind. Das hat den Vorteil, dass die Laserstrahlen den Spiegel unter unterschiedlichen Winkeln erfassen. Dreht sich die Welle im Zuge einer Bestrahlung durch einen ersten Laser, kann ein zweiter Laser so orientiert sein, dass dessen Laserstrahlen den rotierten Spiegel trotzdem unter einem Einfallswinkel von  $90^\circ$  erfassen. Werden mehrere Spiegel verwendet, können die zwei oder mehr Laser derart ausgerichtet sein, dass sie gleichzeitig verschiedene Spiegel unter einem Einfallswinkel von  $90^\circ$  bestrahlen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Spiegel ein Hohlspiegel. Werden mehrere solcher Spiegel verwendet, ähnelt die Anordnung der Spiegel samt Welle geometrisch einer Pelton-Turbine.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist ein Detektor an der Welle befestigt, wobei der Detektor vorzugsweise anstelle des Spiegels an der Welle befestigt ist. Das hat den Vorteil, dass der Laser nicht nur die Welle antreibt, sondern auch Eigenschaften des

Laserstrahls, beispielsweise Intensität, Einfallswinkel oder Position am Detektor, vom Detektor gemessen werden können.

Die Erfindung wird nachstehend anhand in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Michelson-Interferometers aus dem Stand der Technik.

Fig. 2 zeigt schematisch den Aufbau einer bevorzugten Ausführungsform.

Fig. 3 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform, wobei mehrere Spiegel und mehrere Laser verwendet werden.

Fig. 4 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform, wobei die Spiegel nicht parallel zur Achse der Welle verlaufen.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Aufbau eines Michelson-Interferometers, wie er im Stand der Technik bekannt ist. Ein Laser 2 sendet Laserstrahlen aus, die von einem Strahlteiler 3b geteilt werden. Die geteilten Laserstrahlen werden an Spiegeln 3a reflektiert und treffen gemeinsam beim Detektor 5 ein. Dort wird das gemessene Interferenzmuster analysiert, wodurch Schlüsse auf den zurückgelegten Weg des Lichts gezogen werden können.

In Fig. 2 ist eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 abgebildet. Ein Laser 2 erzeugt erste Laserstrahlen 2a, die von einem Spiegel 3 reflektiert werden, der auf einer Welle 4 befestigt ist. Die reflektierten, zweiten Laserstrahlen 2b werden anschließend von einem Detektor 5 erfasst. Durch die Übertragung ihrer Energie auf den Spiegel 3 verursachen die Photonen des Laserstrahls 2a, 2b eine Rotation der Welle 4, die in Fig. 2 mit einem geschwungenen Pfeil angedeutet ist. Die mechanische Energie der Rotation lässt sich in Folge in eine andere Energieform umwandeln, beispielsweise zum Antreiben einer Turbine.

In Fig. 3 ist eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gezeigt, wobei mehrere Spiegel 3 an der Welle 4 befestigt sind und mehrere Laser 2 zur Aussendung von Laserstrahlen 2a vorgesehen sind. Die erhöhte Anzahl an Laser 2 und Spiegeln 3 hat den Vorteil, dass gleichzeitig mehrere Laserstrahlen 2a ihre Energie an die Spiegel 3 und somit an die Welle 4 abgeben können und die Welle 4 dadurch zu einer Rotationsbewegung anregen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Spiegel ähnlich wie eine Pelton-Turbine gekrümmt.

In Fig. 4 ist eine bevorzugte Ausführungsform der Welle 4 gezeigt, wobei die Spiegel 3 nicht parallel zur Achse der Welle 4 verlaufen. Mit dieser Anordnung können mehrere Laser verwendet werden (nicht in Fig. 4 dargestellt), um die Welle in eine Rotationsbewegung zu versetzen.

Quellenverzeichnis:

<https://news.mit.edu/2020/quantum-fluctuations-jiggle-objects-0701>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_fluctuation](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_fluctuation)

<https://ncatlab.org/nlab/show/quantum+fluctuation>

[https://itp.tugraz.at/LV/evertz/QM\\_Skript/qm\\_2023.pdf](https://itp.tugraz.at/LV/evertz/QM_Skript/qm_2023.pdf)

<https://itp.tugraz.at/LV/evertz/QM-2/qm2.pdf>

<https://www.nature.com/articles/s41586-020-2420-8>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Strahlungsdruck>

<https://www.datacenter-insider.de/was-ist-das-quantenrauschen-a-63e14230d4374094beb5fe650e1ab6ee/>

Liste der Bezugszeichen

- 1     Vorrichtung
- 2     Laser
- 2a    erste Laserstrahlen
- 2b    zweite Laserstrahlen
- 3     Spiegel
- 3a    Spiegel
- 3b    Strahlteiler
- 4     Welle
- 5     Detektor

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zum Antreiben einer Welle (4), umfassend einen Laser (2) zur Aussendung von gequetschtem Licht in Form von Laserstrahlen (2a, 2b), eine Welle (4) und einen Spiegel (3), der an der Welle (4) befestigt ist, wobei die Laserstrahlen (2a, 2b) an dem Spiegel (3) reflektiert werden, dadurch gekennzeichnet, dass der Spiegel (3) durch den Strahlungsdruck der Laserstrahlen (2a, 2b) und durch Quantenfluktuationen der Laserstrahlen (2a, 2b) in Bewegung versetzt wird und somit eine Rotation der Welle (4) verursacht.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Spiegel (3) eine Reflektivität von mehr als 80%, vorzugsweise mehr als 90%, besonders bevorzugt mehr als 99% aufweist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Spiegel (3) kranzförmig um die Welle (4) angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehr Laser (2) verwendet werden, deren ausgesendete Laserstrahlen (2a) zueinander nicht parallel sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Spiegel (3) ein Hohlspiegel ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Detektor (5) an der Welle befestigt ist, wobei der Detektor (5) vorzugsweise anstelle des Spiegels (3) an der Welle befestigt ist.

Zusammenfassung

Vorrichtung (1) zum Antreiben einer Welle (4), umfassend einen Laser (2) zur Aussendung von gequetschtem Licht in Form von Laserstrahlen (2a, 2b), eine Welle (4) und einen Spiegel (3), der an der Welle (4) befestigt ist, wobei die Laserstrahlen (2a, 2b) an dem Spiegel (3) reflektiert werden, wobei der Spiegel (3) durch den Strahlungsdruck der Laserstrahlen (2a, 2b) und durch Quantenfluktuationen der Laserstrahlen (2a, 2b) in Bewegung versetzt wird und somit eine Rotation der Welle (4) verursacht.

(Fig. 3)



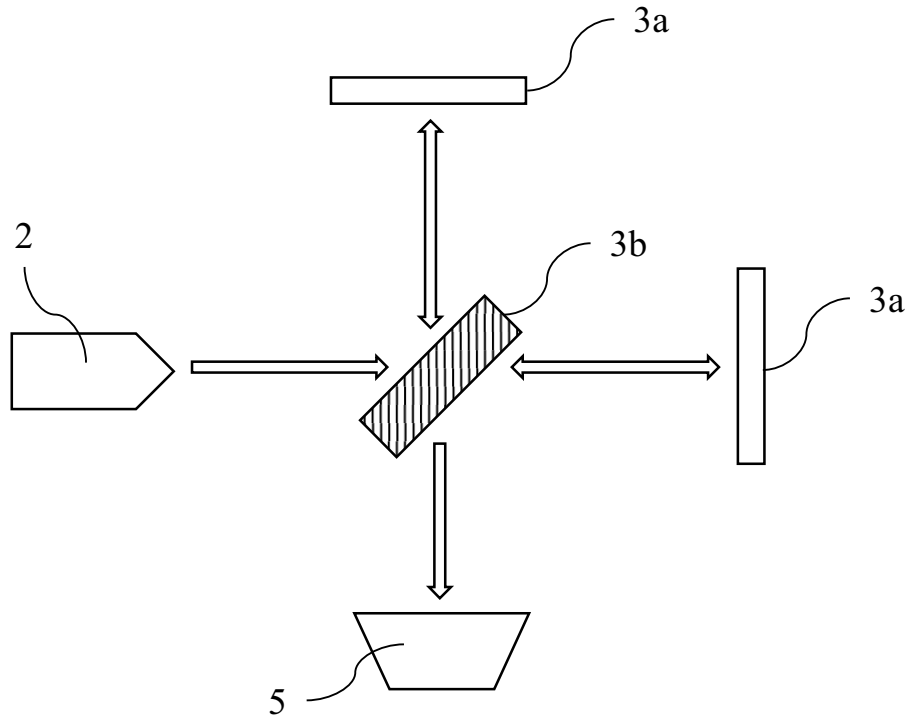


Fig. 1

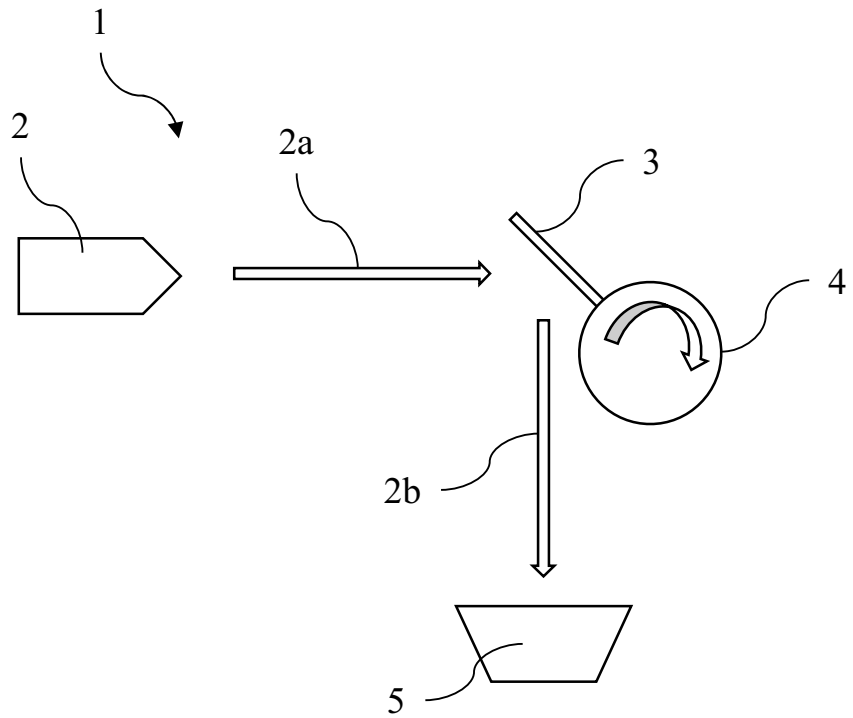


Fig. 2

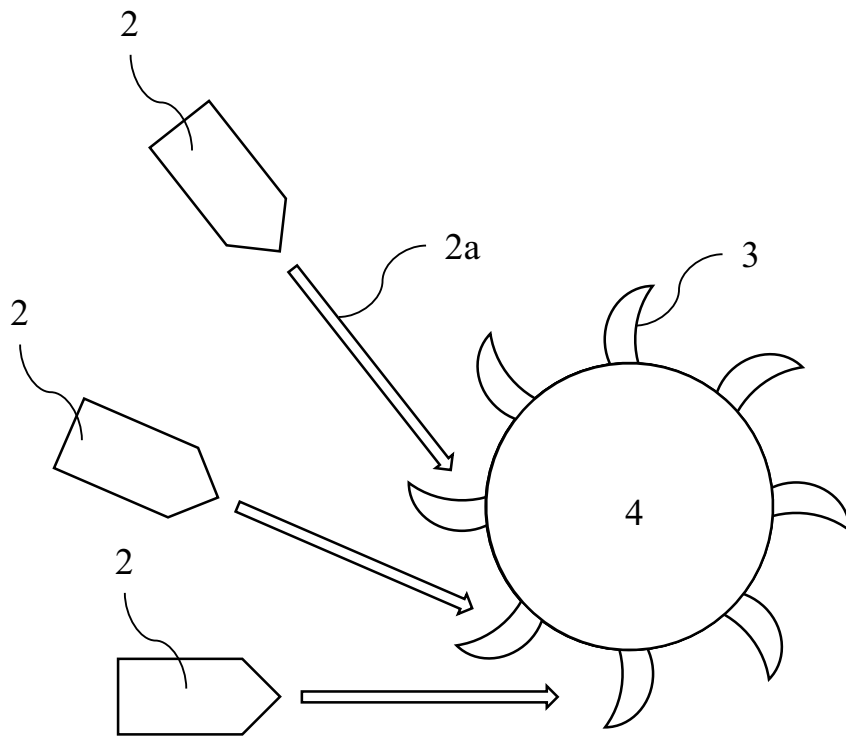


Fig. 3

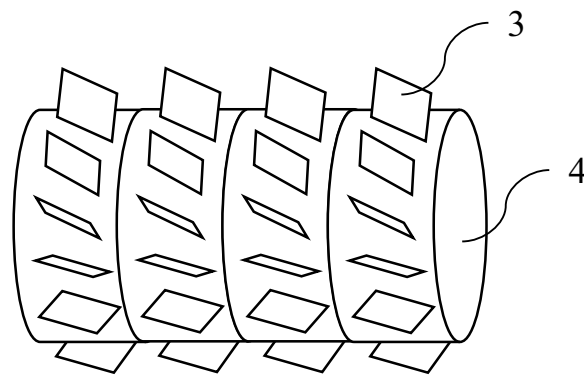


Fig. 4