

Gravitation: Eine Herausforderung für den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik

Autor: Berthold Gunreben

Gase in einem Gravitationsfeld nähern sich einem adiabatischen Temperaturgefälle an. Die dabei entstehenden Temperaturunterschiede können verwendet werden, um mechanische Energie zu erzeugen. Die übliche Erklärung zur Entstehung dieser Temperaturunterschiede ist eine Wärmequelle in der Masse. Dabei stellt sich die Frage, ob diese Wärmequelle notwendig ist oder ob es Mechanismen gibt, die auch ohne externe Wärmequelle zu dem Temperaturgefälle beitragen. Dieser Artikel zeigt, dass eine einheitliche Temperatur für ein Gas in einem Gravitationsfeld kein stabiler Zustand ist und dass es möglich ist, aus den Temperaturunterschieden mechanische Energie zu gewinnen. Da der Prozess einen Wärmefluss von kalt nach warm erfordert, steht er in direktem Widerspruch zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Damit ist die Einstellung eines Temperaturunterschieds ohne externe Wärmequelle ein Gegenbeispiel zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und fordert eine Überprüfung dieses Satzes in vielen Wissenschaftsgebieten. In diesem Artikel wird nur dieses eine Gegenbeispiel in Gasen näher beleuchtet. Die Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass ein ähnlicher Effekt auch in Feststoffen auftritt.

In der Natur lassen sich viele Atmosphären beobachten, bei denen die Temperatur der Atmosphäre oben kälter ist als in den unteren, dichteren Bereichen. Dieser offenbar stabile Zustand lässt sich schon auf den ersten Blick nicht gut mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik vereinbaren. Dieser Artikel betrachtet die Physik hinter den Temperaturunterschieden mit einem vereinfachten Gedankenmodell.

Diese Arbeit wird nicht von wissenschaftlicher Seite unterstützt. Sie wurde nur aus Interesse an der Sache erstellt. Ursprünglich war das Ziel, die thermodynamischen Prozesse zu erklären. Jedoch wurde im Rahmen der Untersuchung immer deutlicher, dass es ein Problem mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik gibt. Für den Autor kam der Wendepunkt mit der Erkenntnis, dass Ludwig Boltzmann in seinem Buch "Vorlesungen über Gastheorie" unterstellt, dass sich die Moleküle auf geraden Linien bewegen, sofern sie nicht gegen andere Moleküle oder Gefäßwände stoßen. Dabei wurde eine möglicherweise vorhandene Gravitation außer Acht gelassen.

Die übliche Erklärung für die Temperaturverteilung in einer Atmosphäre ist, dass aus irgendeinem Grund Wärme an der Oberfläche erzeugt wird. Dies ist durch Prozesse innerhalb des Planeten oder durch Strahlungsenergie von außen möglich. Die beschriebenen Prozesse sind eine Erklärung für die Beobachtungen. Dennoch stellt sich die Frage, ob ein Temperaturunterschied auch ohne externe Wärmequelle entstehen würde. Da im wirklichen Leben viele komplexe Randbedingungen die Untersuchung erschweren, beschränkt sich dieser Artikel auf ein stark vereinfachtes Modell, in dem keine externen Wärmequellen und keine Strahlungsenergie berücksichtigt wird.

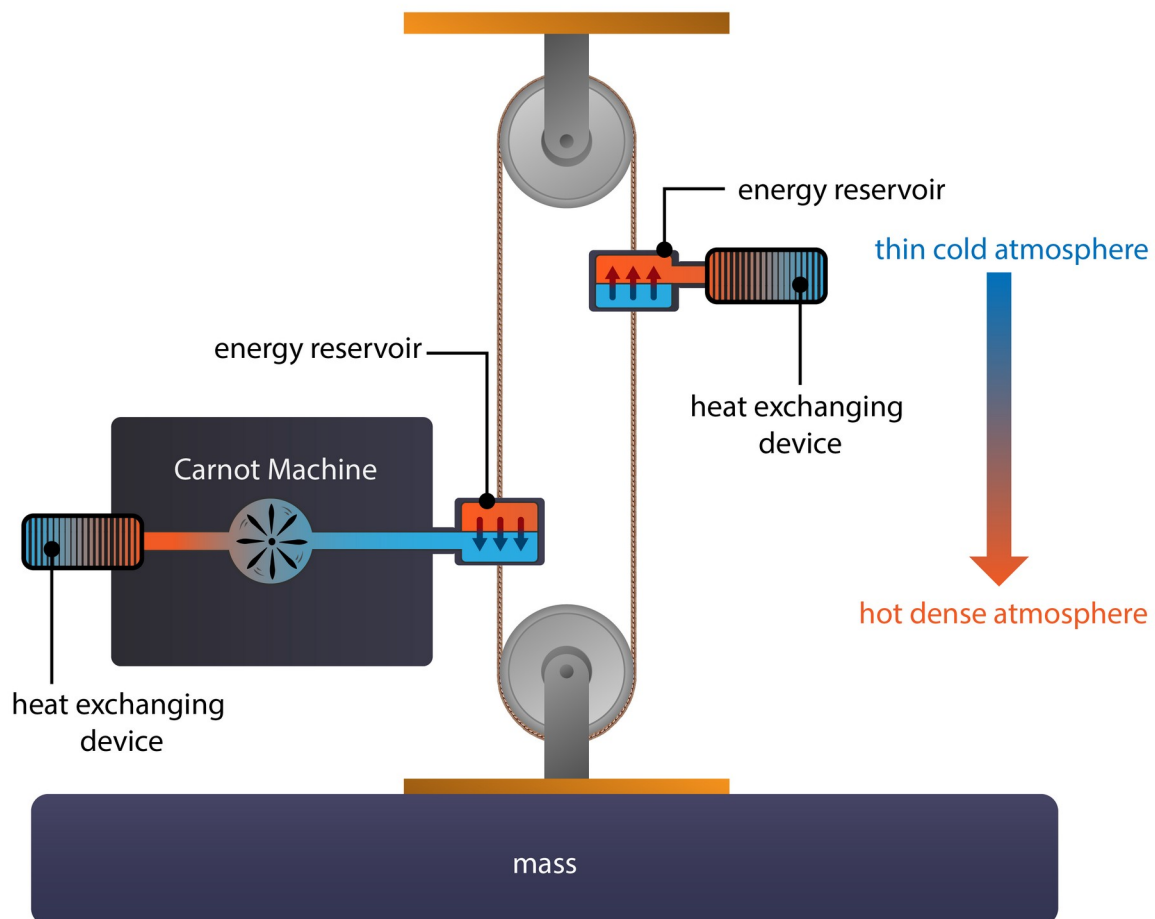
Die Hauptziele dieser Arbeit sind:

1. Klärung, ob mechanische Energie auch von räumlich getrennten Temperatur Reservoirs gewonnen werden kann.
2. Untersuchung, ob ein Temperaturgefälle in einem Gas in einem Gravitationsfeld auch ohne externe Wärmequelle erzeugt wird.

Beide dieser Ziele benötigen mindestens eine glaubwürdige Erklärung, um zu einem funktionierenden Modell beizutragen. Da die Leser üblicherweise unterschiedliches Hintergrundwissen haben, und auch um Fehler zu vermeiden, wird jedes der beiden Ziele aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet. Damit die Aussage des Artikels falsch wird, müssen daher alle Erklärungen von mindestens einem der Ziele fehlerhaft sein.

1. Gewinnung mechanischer Energie von einer Temperaturverteilung

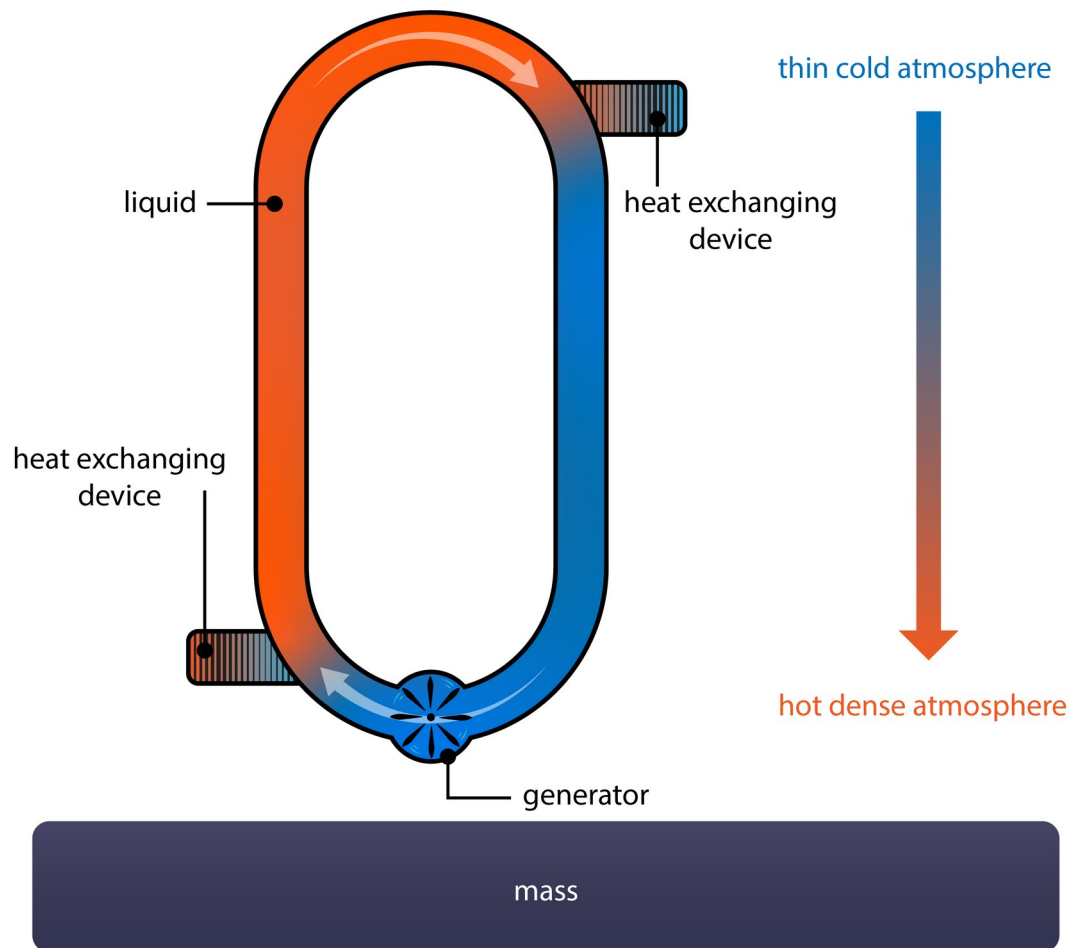
Das erste Modell zur Energiegewinnung ist unkompliziert. Es verwendet eine Anordnung, die ähnlich einer Atwood-Maschine aufgebaut ist mit zwei beweglichen Energiereservoirs:



Dieses Modell enthält zwei Temperatur-Reservoirs, die sich zwischen oben und unten abwechseln. Oben wird das Reservoir auf die Umgebungstemperatur abgekühlt, unten stellt es das benötigte Reservoir zur Verfügung um eine Carnot-Maschine zu betreiben.

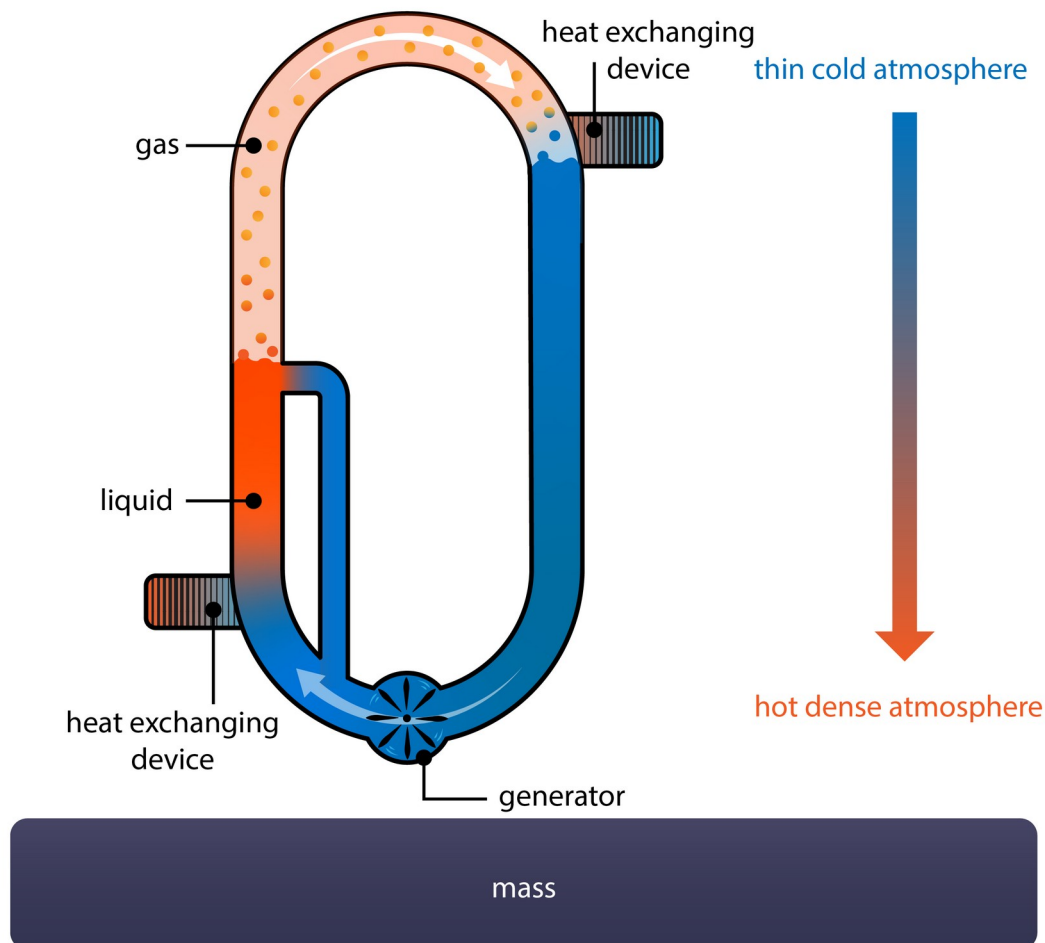
Da eine Carnot-Maschine nur zwei unterschiedliche Temperatur-Reservoirs zum Betrieb benötigt, wird diese Versuchsanordnung so lange funktionieren, bis die Atmosphäre nur noch eine einzige Temperatur hat. Dabei wird unterstellt, dass die Höhe der Maschine anpassbar ist.

Ein zweites Modell zur Gewinnung von mechanischer Energie verwendet eine Flüssigkeit. Dieses Modell ist nicht so trivial, jedoch immer noch schlüssig. Nehmen wir eine komplett isolierte Flüssigkeitsschleife an, welche über zwei Wärmetauscher unten links und oben rechts mit der Atmosphäre verbunden ist:



Nehmen wir auch an, dass die Flüssigkeit bei beiden Temperaturen flüssig ist, und sich wie eine typische Flüssigkeit verhält, nämlich eine Abnahme der Dichte mit höherer Temperatur. Daher hat die Flüssigkeit auf der linken Seite eine höhere Temperatur und ist leichter als die Flüssigkeit auf der rechten Seite, welche ja kälter ist. Durch den Gewichtsunterschied wird sich die Flüssigkeit im Uhrzeigersinn bewegen, und kann einen Generator irgendwo innerhalb der Schleife betreiben.

Eine Variante dieser Schleife wäre für eine höhere Energieausbeute geeignet, sie ist jedoch schwerer zu verstehen und hat zu mehr Diskussionen geführt. Man verändert den Druck in der Schleife so, dass der Taupunkt gerade über dem oberen rechten Wärmetauscher erreicht wird. Das Ziel ist es, oberhalb des Wärmetauschers die Flüssigkeit im gasförmigen Zustand zu haben, so dass es an dem Wärmetauscher kondensiert.



Da die Flüssigkeit auf der linken Seite eine höhere Temperatur hat, wird sie zumindest teilweise verdampfen, und der Flüssigkeitsspiegel wird nach unten sinken. Die innere Schleife in dem Modell wird benötigt, da die Verdampfungswärme die Flüssigkeit abkühlt und diese wieder auf die ursprüngliche Temperatur gebracht werden muss. Diese Versuchsanordnung führt zu zwei unterschiedlichen Massen auf den beiden Seiten der Schleife, wodurch am Generator ein Druckunterschied entsteht. Zusammen mit dem Materialtransport in Form von Gas kann dieser Druckunterschied den Generator betreiben.

Erstes Ergebnis

Das erste Ergebnis dieses Experiments ist, dass die Wärmeverteilung einer üblichen Atmosphäre exergetische Energie enthält, die zur Erzeugung von mechanischer Energie verwendet werden kann.

Wiederherstellung der Temperaturverteilung

Im zweiten Teil dieses Artikels wird die Wiederherstellung der Temperaturverteilung des Gases diskutiert.

Nehmen wir zunächst an, dass jegliche entnommene Energie dem System wieder zugeführt wird, indem Arbeit verrichtet wird. Die Energie soll nicht in mechanischen oder chemischen Prozessen gespeichert werden. Die Energieerhaltung bleibt auch hier gültig, und um eine vergleichbare Temperaturverteilung zu erhalten, muss die Energie im System konstant bleiben.

Macroskopische Beobachtungen

In der beobachtbaren Welt haben alle Planeten mit einer Atmosphäre eine Temperaturverteilung. Die Annahme ist, dass die Temperaturverteilung in dem vereinfachten Modell ohne externe Energiequelle einer adiabatischen Verteilung gleicht.

In einer adiabatischen Druck- und Temperaturverteilung gibt es keinen Wärmeaustausch, wenn ein Gaspaket steigt oder sinkt. Das Gaspaket selbst wird sich abkühlen wenn es hochsteigt, und sich erwärmen, wenn es fällt, jedoch wird die erreichte Temperatur einfach der Temperatur auf der entsprechenden Höhe in der Atmosphäre entsprechen.

Gas mit einer einzigen Temperatur

Eine der üblichen Annahmen ist, dass ein Gas in einem Gravitationsfeld sich auf nur eine Temperatur angleichen wird, wenn keine externe Wärmequelle involviert ist. Diese Annahme soll näher untersucht werden.

Wenn das Gas nur eine Temperatur hat, so wird ein Gaspaket das steigt kälter. Da die Umgebungstemperatur dann wärmer als die des Gaspakets selbst ist, wird die Temperatur in der neuen Höhe reduziert. Entsprechend wird ein Gaspaket, das sinkt, aufgewärmt. Da es dann wärmer als die Umgebungstemperatur in dem Level ist, wird die die Umgebung aufgeheizt.

Die einzige Möglichkeit, welche nur eine Temperatur erlaubt, ist, dass kein Material steigt oder sinkt. Dafür würden jedoch Materialschichten so dünn wie einzelne Moleküle benötigt. Moleküle dürften auch keine Aufwärtsbewegung durchführen, sondern müssten auf horizontale Bewegungen eingeschränkt sein. Dieser Mechanismus ist jedoch nicht kompatibel mit der Funktionsweise von Gasen. Wenn es keine vertikale Bewegung gibt, wird eine Gasschicht über einer anderen nicht gestützt, und fällt einfach nach unten. Die Moleküle müssten außerdem auf diskreten Leveln sein, um zu verhindern, dass ein vertikaler Impuls bei einem Stoßvorgang zweier Moleküle entsteht.

Zweites Ergebnis

Eine einzige Temperatur in einem Gas in einem Gravitationsfeld ist nicht stabil.

Mikroskopische Beobachtungen

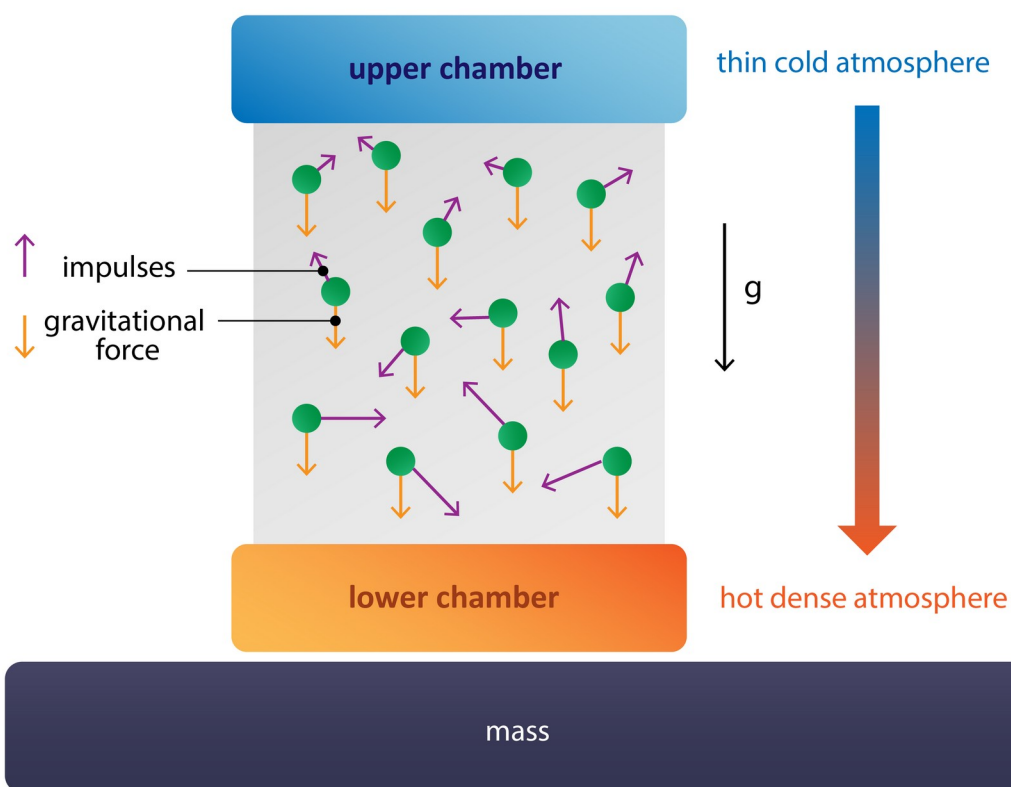
In der Wissenschaft gab es ab 1871 eine lebhafte Diskussion über den [maxwellschen Dämon](#). In diesem Gedankenexperiment lässt ein Dämon die schnellen Moleküle durch ein Tor zwischen zwei Kammern in eine Richtung passieren und die langsamen in die andere Richtung. Dadurch würde ein Temperaturunterschied entstehen, welcher dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik widerspricht. In der Wissenschaft wurde der Widerspruch dadurch aufgelöst, dass man geschlossen

hat, dass durch die Geschwindigkeitsmessung der Moleküle bereits mehr Entropie entsteht als durch die Trennung der langsamen und schnellen Teilchen reduziert wird..

Maxwells Dämon Reloaded: Der Puppenspieler

Wir fügen Gravitation zu dem Gedankenexperiment hinzu, und verändern das Experiment so, dass es ähnliche Auswirkungen hat, ohne die Moleküle in schnell und langsam trennen zu müssen.

Statt zwei Kammern nebeneinander nehmen wir zwei Kammern übereinander, die mit einem Volumen verbunden sind. Dadurch zieht die Gravitation jedes der Moleküle mit einer näherungsweise konstanten Kraft nach unten. Daher wird das Teilchen in vertikaler Richtung beschleunigt, wenn es nach unten fällt, und es wird abgebremst, wenn es aufwärts fliegt. Das bedeutet auch, dass die Geschwindigkeit und damit die Temperatur der Moleküle in Abwärtsbewegung steigt und in Aufwärtsbewegung fällt.



Dies führt zu zwei unterschiedlichen Temperaturen in den beiden Kammern. Es entsteht eine höherer Temperatur nahe der Masse und eine niedrigere Temperatur entfernt zur Masse. In diesem Modell ist es nicht nötig, die Geschwindigkeit der Moleküle zu messen, oder eine Tür auf und zu zu machen. Daher wird keine zusätzliche Entropie generiert. Das jedoch ist eine Verletzung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Der Leser möge beachten, dass dieses Modell auch eine Temperaturverteilung in Feststoffen erklärt, auch wenn das nicht der Fokus dieses Artikels ist. Während der adiabatische Mechanismus in Gasen den Temperaturgradienten begrenzt, kann das Temperaturgefälle in Feststoffen sehr viel höher ausfallen.

Zusammenfassung

Da bereits klar ist, dass man von diesem Setup mechanische Energie gewinnen kann, sieht der vollständige Kreisprozess so aus:

1. Warten, bis das Gas in einem Gravitationsfeld eine adiabatische Temperaturverteilung annimmt.
2. Erzeuge mechanische Energie von dieser Verteilung.
3. Füge die gewonnene Energie dem System wieder zu, indem beliebige Arbeit geleistet wird.
4. Fange bei 1 wieder an.

Der eigentliche Widerspruch zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ist in der Wiederherstellung der Temperaturverteilung des Gases im Gravitationsfeld zu finden. Um diese Temperaturverteilung zu bewirken, ist es notwendig, dass Energie von einem kälteren Bereich zu einem wärmeren Bereich fließt, was nach dem zweiten Hauptsatz nicht erlaubt ist. Auch wenn Strahlungsenergie oder andere Prozesse einen gegenteiligen Einfluss haben können, so bewirkt der beschriebene Prozess dennoch einen Temperaturunterschied. Die Folge daraus ist, dass der zweite Hauptsatz der Thermodynamik zwar in vielen Fällen weiter anwendbar bleibt, aber es ist notwendig, die Voraussetzungen zum Satz zu erforschen. Er ist offenbar nicht universell gültig.

Interessenskonflikte: Es existiert keine Beziehung zu irgendeiner Institution. Dieser Artikel wurde ausschließlich aus Interesse an dem Thema geschrieben.

Mitautoren: Kein anderer Autor als der Hauptautor hat an dem Artikel mitgewirkt.