

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Energieerhaltungssatz>

## Energieerhaltungssatz

In dem unter obiger Quelle erreichbaren Text wird im Abschnitt

### **„Energieerhaltungssatz in der Relativitätstheorie“**

ausgeführt, Zitat:

*„Die Betrachtung des Universums mit Mitteln der allgemeinen Relativitätstheorie zeigt, daß der Energieerhaltungssatz auf das Universum als Ganzes nicht anwendbar ist. Insbesondere kann die Gravitationsenergie nicht immer eindeutig in einer Weise definiert werden, die für das Universum als Ganzes gilt. Die Gesamtenergie des Weltalls bleibt demnach weder erhalten noch geht sie verloren – sie ist nicht definierbar.“*

Diese Aussage kann durch die nachfolgende Erklärung widerlegt werden, die Erklärung kann zu einem besseren Verständnis der Zusammenhänge im Universum beitragen.

Die obige Aussage ist widersprüchlich. Wegen der Unendlichkeit der räumlichen Ausdehnung des Universums in alle Richtungen gibt es den Begriff „ganzes Universum“ nicht. Der Begriff ist nicht definierbar. Ein ganzes Universum wäre ein endliches Universum. Das Universum aber ist unendlich, es gibt keine Außengrenze, hinter der kein Universum oder ein anderes Universum wäre. Der Begriff „Gesamtenergie des Weltalls“ ist genau aus diesem Grund nicht definierbar. Eine Gesamtenergie ist stets nur in einem endlichen System bestimmbar. Für ein unendliches System ist sie nicht definiert. Einen Zusammenhang mit dem Energieerhaltungssatz gibt es nicht.

Aus der Nichtdefinierbarkeit einer Gesamtenergie des Universums kann deshalb keine Schlußfolgerung auf Gültigkeit, Ungültigkeit oder Anwendbarkeit des Energieerhaltungssatzes abgeleitet werden.

Um das zu zeigen, sei die folgende Überlegung beschrieben: Man lege im kosmischen Raum einen beliebigen Punkt  $P$  fest und bilde um diesen Punkt eine Sphäre mit dem Radius  $r$ . Innerhalb der Sphäre ist die Gesamtenergie konstant, wenn nicht Energie nach außen abgeführt oder von außen zugeführt wird (Energieerhaltungssatz, Nöther-Theorem). Vergrößert man nun  $r$  um die Größe  $\Delta r$ , erhält man  $r + \Delta r = r_1$ . Der Energieerhaltungssatz gilt unverändert in der Sphäre mit dem Radius  $r_1$ . Diesen Schritt vollziehe man  $n$  mal. Dabei entsteht  $r + n \cdot \Delta r = r_n$ . Der Energieerhaltungssatz gilt nun in der Sphäre mit dem Radius  $r_n$ . Für die im obigen Zitat geäußerte Behauptung ist die Frage zu beantworten: Gibt es ein  $n$ , für das in der entstehenden Sphäre mit dem Radius  $r_n$  der Energieerhaltungssatz seine Gültigkeit verliert? Die Feststellung, daß ein solches  $n$  nicht existiert, ist trivial. Sie ergibt sich aus der Äquivalenz aller Schritte  $r + n \cdot \Delta r$ . Sie führt zu der Schlußfolgerung, daß der Energieerhaltungssatz für beliebige  $n$  gültig ist. Auch mit dem Grenzwert  $\lim_{n \rightarrow \infty} (r + n \cdot \Delta r)$  bleibt diese Aussage erhalten, weil der Grenzwert nicht zur Definition eines „ganzes“ Universums führt. Die Aussage, der Energieerhaltungssatz sei auf das „Universum als Ganzes“ nicht anwendbar, hat deshalb keinen Sinn, weil die Annahme eines „Universums als Ganzes“ keinen physikalischen Inhalt hat. Das Universum ist unendlich in alle Richtungen ausgedehnt. Ein ganzes Universum wäre aber, wie bereits ausgeführt, ein endliches Universum. Ein endliches Universum aber gibt es nicht. Die Ermittlung einer Energiebilanz kann nur in einem beliebig begrenzten Teil des Universums zu einem endlichen Wert führen, der eine Erhaltungsgröße ist. Folglich ist es gleichgültig, wie groß  $n$  gewählt wird, stets

erhält man eine Sphäre, in der die Gesamtenergie unveränderlich ist. Die undefinierbarkeit einer Energiebilanz für ein unendliches Universum lässt folglich eine Aussage über die eingeschränkte Gültigkeit oder Anwendbarkeit des Energieerhaltungssatzes nicht zu.

Die Betrachtung des Universums mit Mitteln der Allgemeinen Relativitätstheorie führt wegen der Invarianz der Zeit (hier: der Unabhängigkeit der Energiemenge von zeitlichen Abläufen) zu keinem anderen Ergebnis. Der Energieerhaltungssatz gilt in allen Inertialsystemen. Verallgemeinert ausgedrückt, es gibt keine Naturgesetze, die nur manchmal gelten, heißt, deren Gültigkeit von nicht inhärenten Parametern abhängig ist. Auf die obige Überlegung angewendet: Der Radius  $r_n$  der Sphäre ist der Unveränderlichkeit (der Konstanz) der Energie in der Sphäre nicht inhärent.

Der verwendete Begriff „Gravitationsenergie“ ist nicht erklärbar, da die Gravitation eine Kraft ist, heißt, sie ist keine Energie. Das gilt unverändert auch für die Betrachtung in der allgemeinen Relativitätstheorie, in der die Gravitationskraft als Krümmung der Raumzeit interpretiert wird. Auch in dieser Darstellungsweise ist sie keine Energie und hat damit auch keinen Zusammenhang mit dem Energieerhaltungssatz. Das im Zitat benutzte Argument ist für die Energie als Erhaltungsgröße irrelevant.