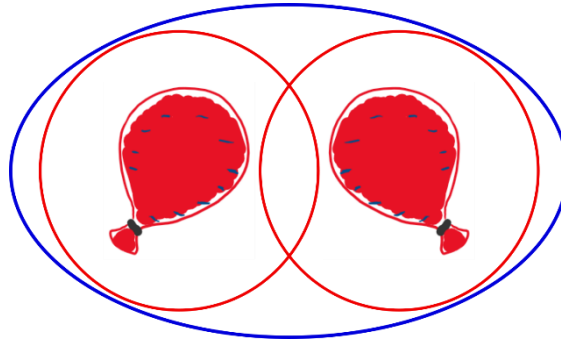


# Arbeitsblatt 1: Energie und Felder

## ***Luftballons:***

Zwei geladene Luftballons stoßen sich ab.

- 1) Konstruiere das Gesamtfeld!



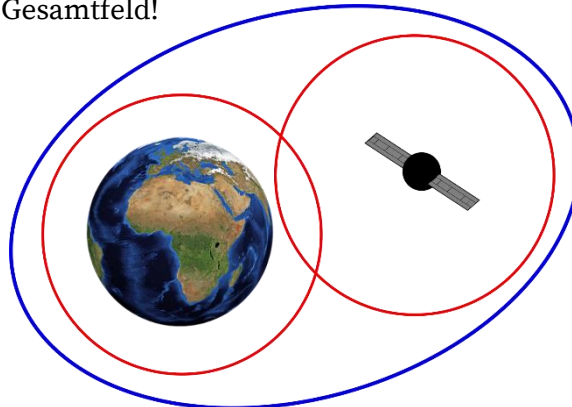
- 2) Wenn man beide Luftballons loslässt, entfernen sie sich voneinander. Wo befindet sich die Energie am Anfang und wo am Ende des Prozesses?



## ***Erde und Satellit:***

Ein Satellit nähert sich der Erde und wird dabei schneller.

1. Konstruiere das Gesamtfeld!



2. Wo befindet sich die Energie am Anfang (wenn der Satellit weiter entfernt ist) und wo am Ende des Prozesses (näher an der Erde)?



## Arbeitsblatt 2: Tendenz des Feldes

### Aufgabe:

Überlegt Euch für die folgenden Beispiele, wie man die Richtung der Energieübertragung erkennt.

### **Luftballons:**

Zwei geladene Luftballons stoßend sich ab und der freie Luftballon bewegt sich davon.

1. Woran erkennt man, dass hier Energie übertragen wird?

Luftballons entfernen sich (Abstand); einer bewegt sich.



2. Beschreibt mit der Tendenz des Feldes, von wo nach wo die Energie übertragen wird!

Das Gesamtfeld tendiert dazu, sich zu vergrößern (abstoßende Wechselwirkung).

Da es die Möglichkeit hat, gibt es Energie ab; der Ballon wird schneller.

### **Satellit und Erde:**

Erde und Satellit nähern sich. Dabei wird der Satellit schneller.



1. Woran erkennt man, dass hier Energie übertragen wird?

Tempo des Satelliten und Abstand ändert sich.

3. Beschreibt mit der Tendenz des Feldes, von wo nach wo die Energie übertragen wird!

Das Gesamtfeld tendiert dazu, sich zu verkleinern (anziehende Wechselwirkung).

Da es die Möglichkeit hat, gibt es Energie ab; der Satellit wird schneller.

### ***Fallender Ball:***

Ein Ball wird aus der ruhenden Hand fallengelassen.

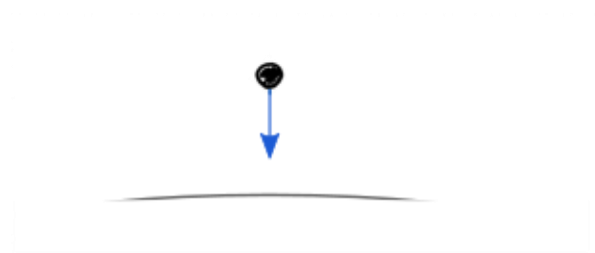
- 1) Woran erkennt man, dass hier Energie übertragen wird?

Ball nähert sich der Erde (Abstand) und

wird dabei schneller (Änderung Tempo).

- 2) Beschreibt mit der Tendenz des Feldes, von wo nach wo die Energie übertragen wird!  
Das Gesamtfeld tendiert dazu, sich zu verkleinern (anziehende Wechselwirkung).

Da es die Möglichkeit hat, gibt es Energie ab; der Ball wird schneller.



# Arbeitsblatt 3: Arten von Feldern und Bewegungen

## Aufgabe:

Ihr seht im Unterricht verschiedene Beispiele zur Energieübertragung zwischen Feldern und Bewegungen. Überlegt Euch für die jeweiligen Beispiele, woher die Energie des Prozesses stammt.

### 1) **Automotor:**

Ein Auto fährt los. Dabei wird Energie in die Bewegung des Autos übertragen. Dies geschieht, indem der Motor Treibstoff verbrennt. Aber woher genau kommt die Energie, die dabei frei wird?

---

Im Motor wird Treibstoff verbrannt. Dabei verändert sich die Konstellation der Atome (Moleküle reagieren und verändern sich und ihre Abstände). Die Verbrennung gibt dabei dem Gesamtfeld der Atome die Möglichkeit, sich zu verändern; dabei gibt es Energie ab, welche über weitere Prozesse zur Bewegung der Zylinder und damit der Räder führt.

---

### 2) **Feuerwerk:**

Bei der Explosion eines Feuerwerkskörpers wird Energie in die Bewegung der auseinanderfliegenden Partikel übertragen.

Wo steckt diese Energie, kurz bevor der Feuerwerkskörper explodiert?



---

Das (elektrische) Feld der Atome/Partikel der Rakete gibt die Energie an die Bewegung der Teilchen und das Licht (elektromagnetisches Feld) ab. Das Anzünden zu Beginn ist dabei der Auslöser für die Veränderung des Feldes entsprechend seiner Tendenz.

---

### 3) **Laser:**

Ein Laser (ähnlich einem starken Lichtstrahl) trifft auf eine Metallplatte und schneidet sie.

Beschreibt kurz, von wo nach wo hier Energie übertragen wird!



---

Die Energie des elektromagnetischen Felds des Laserstrahls wird bei der Wechselwirkung mit der Metallplatte in die (mikroskopische) Bewegung der Atome/Teilchen dieser (spürbar als Erwärmung und Veränderung der Form; Schnitt) sowie in die Bewegung der Luftatome (Erwärmung der Umgebung) und in die Bewegung beschleunigter bzw. herausgeschlagener Partikel übertragen.

---

4) ***Kugelbahn:***

Eine Metallkugel wird auf einer U-förmigen Metallbahn losgelassen und rollt hin-und-her. Dabei gelangt sie immer weniger weit hoch, bis sie schließlich unten in der Mitte der Bahn zum Stillstand kommt.

Beschreibt kurz, wohin die Energie aus der Bewegung übertragen wird! Woran merkt man das?

---

Die Bewegungsenergie der Kugel wird während des Prozesses durch Reibung an die (mikroskopische) Bewegung der Bahnatome bzw. -moleküle sowie die Atome der Kugel selbst übertragen. Diese Bewegung der Atome kann dann als Erwärmung der Bahn sowie der Kugel wahrgenommen werden.

---

5) ***Erwärmung in der Mikrowelle:***

Wenn wir unsere Speisen in der Mikrowelle erwärmen, wird dem Essen Energie zugeführt.

Wo genau finden wir diese Energie am Ende wieder, wenn das Essen erwärmt wurde?

---

Die Strahlung der Mikrowelle versetzt die Atome/Moleküle des Essens in Bewegung. Diese (mikroskopische) Bewegung nehmen wir als Erwärmung wahr.

---

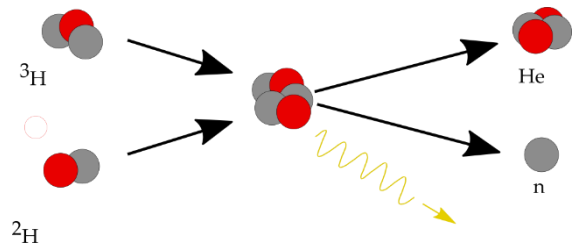
# Arbeitsblatt 4: Moderne Physik

## Aufgabe:

Überlegt Euch für die folgenden Beispiele, von wo nach wo Energie übertragen wird und wie die Energie hier mit der Masse zusammenhängt.

### 1) **Kernfusion:**

Bei der Fusion von Kernen verschmelzen zwei Wasserstoffkerne zu einem gemeinsamen Kern. Dabei ist der entstehende freie Heliumkern (He) leichter als die beiden einzelnen zusammen. Zusätzlich wird ein Neutron (n) freigesetzt und es entsteht Strahlung (z. B. in der Sonne).



Warum geht hier scheinbar Masse „verloren“? Woher stammen die Bewegungsenergie und die Energie des Lichtes?

Die Bewegungsenergie von Heliumkern und Neutron sowie die Feldenergie der Strahlung entspricht der Massendifferenz. Das ist die Energie, die das Quarkfeld abgibt.

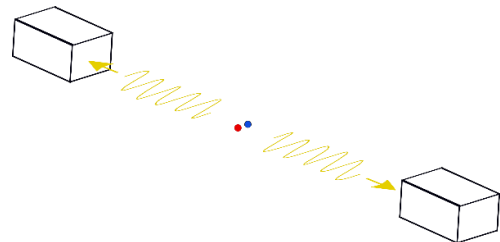
---

[ODER: Die Energie des Quarkfeldes (des fusionierten Kerns) teilt sich auf das Quarkfeld (d. h. die Masse) des Heliumkerns und des Neutrons sowie auf die Feldenergie der Strahlung auf.]

---

### 2) **Positronen-Emissions-Tomographie (PET):**

Bei der PET vernichten sich ein Elektron und ein Positron (Antiteilchen des Elektrons), die sich nahezu in Ruhe befinden. Es entsteht elektromagnetische Strahlung.



Wo befindet sich die Energie am Anfang, wenn die beiden Teilchen noch existieren? Und wohin wird sie übertragen, wenn sie sich gegenseitig vernichten?

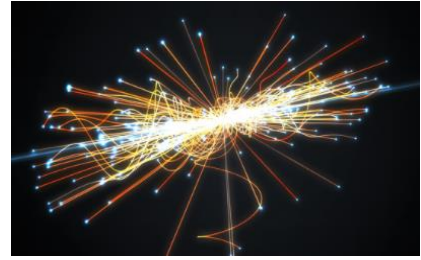
---

Zu Beginn haben Positron und Elektron eine Masse und also Energie durch das (die Wechselwirkung mit dem) Higgsfeld. Wenn diese sich gegenseitig vernichten, wird die Energie in das elektromagnetische Feld der Strahlung übertragen.

---

### 3) *LHC des CERN:*

Im Teilchenbeschleuniger LHC des CERN werden Protonen (positive Kernbausteine) mit hoher Bewegungsenergie aufeinander geschossen.



- a) Beschreibe: Wo überall befindet sich die Energie **vor** der Kollision? (Beschreibe mit Bewegungen und Feldern!)

Zu Beginn gibt es die Bewegungsenergie der Teilchen sowie die Energie im Quarkfeld der Protonen und die Energie durch die Masse der Quarks selbst durch das Higgsfeld.

---

Die Feldenergie und Bewegungsenergie im Treffmoment kann zur Entstehung neuer Elementarteilchen führen, die sich wiederum auch zu größeren Teilchen zusammensetzen können. Beobachten kann man das dann mit Detektoren, welche die einzelnen Teilchen nachweisen.

- b) Beschreibe: Wo befindet sich die Energie **nach** der Kollision? (Beschreibe mit Bewegungen und Feldern!)

Energie verteilt sich auf die Massen und also Energie der neuen Elementarteilchen durch (die Wechselwirkung mit dem) Higgsfeld. Außerdem gibt es deren Bewegungsenergie. Möglicherweise gibt es noch Energie im elektromagnetischen Feld entstehender Strahlung. Ergänzung: weiter: Wenn sich Quarks zu einem neuen Teilchen zusammensetzen, gibt es Energie in deren Quarkfeld.

---

# Arbeitsblatt 5 (Zusatz): Moderne Physik

## Aufgabe:

Überlegt Euch für die Beispiele, von wo nach wo Energie übertragen wird und wie die Energie hier mit der Masse zusammenhängt.

### 1) *Gravitationslinse:*

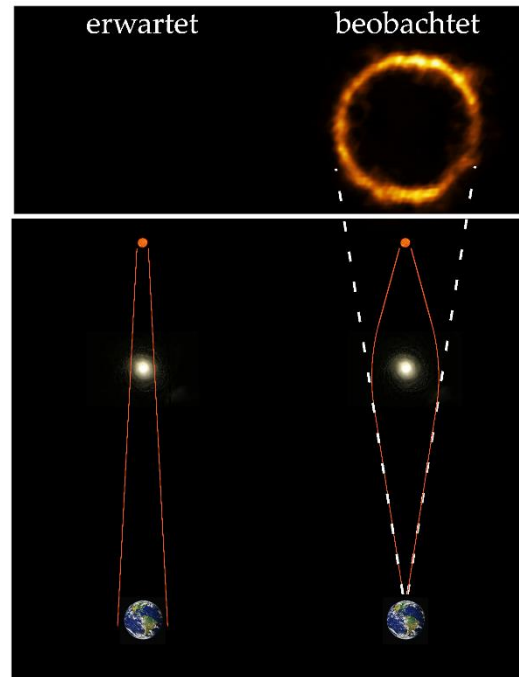
Wenn das Licht einer Galaxie nahe an einem schwarzen Loch vorbeigelangt, wird das Licht abgelenkt. Eigentlich würde man eine gerade Ausbreitung erwarten, da die Gravitation des schwarzen Loches eigentlich nur auf Massen wirken sollte; und Strahlung ist masselos. Die Ablenkung kann man aber deutlich in Form eines sogenannten *Einsteinringes* beobachten.

Habt Ihr eine Idee, warum das Licht trotz seiner fehlenden Masse abgelenkt wird?

---

Da die elektromagnetische Strahlung Feldenergie besitzt (und Energie sich wie Masse verhält), wirkt die Gravitation auch auf die Strahlung (und sie wird abgelenkt/angezogen).<sup>1</sup>

---



**Abbildung 1.** eso.org (ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Rizzo et al.) und pixabay.com)

### 2) *Gravitationsbedingte Rotverschiebung:*

Wenn Strahlung von der Erde aus vertikal nach oben strahlt, dann kann man in größerer Höhe feststellen, dass sich die Farbe des Lichtes geändert hat: es wird röter. Das bedeutet, dass die Frequenz und damit auch die Energie des Lichtes kleiner wird.

Habt Ihr eine Idee, was mit der Energie passiert, die das Licht dabei abgibt?

Die Energie der elektromagnetischen Strahlung wird in das Gravitationsfeld übertragen. Das Gravitationsfeld nimmt dabei einen Teil der (Feld-) Energie der Strahlung auf.

---

<sup>1</sup> Eine Formulierung mit Gesamtfeld von Strahlung und schwarzem Loch ist hier auch akzeptabel.