

Die besonderen Eigenschaften der Entropie

Ausgangsfrage: Warum sind die berechneten (idealen) Wirkungsgrade von Wärmekraftmaschinen größer als die realen Wirkungsgrade?

Diese Frage können wir erst dann vollständig beantworten, wenn wir weitere Eigenschaften der Entropie kennengelernt haben. Diese Eigenschaften dürft ihr im Folgenden entdecken.

Gestufte Hilfen: Die Aufgaben 2, 3, 5, 7, 8 und 9 sind sehr anspruchsvoll, daher erhältst du für diese Aufgaben gestufte Hilfen. Da die Lösung von Aufgabe 1 für die weiteren Aufgaben sehr wichtig ist, erhältst du hierfür ebenfalls gestufte Hilfen.

Vorgehen: Die Aufgaben bauen aufeinander auf. Daher müssen diese Aufgaben in der vorgegebenen Reihenfolge bearbeitet werden:

- I. Einzelarbeit: Aufgabe 1
- II. Ich-Du-Wir: Aufgaben 2, Aufgabe 3
- III. Ich-Du-Wir: Aufgabe 4, Aufgabe 5, Aufgabe 6
- IV. Ich-Du-Wir: Aufgabe 7, Aufgabe 8, Aufgabe 9, Aufgabe 10

Die Zeitpunkte für die „Wir-Phasen“ (Diskussion im Plenum) werden vom Lehrer angekündigt. Falls du eine Aufgabe gelöst hast, und die „Wir-Phase“ vom Lehrer noch nicht angekündigt wurde, wäre es hilfreich, wenn du bei Bedarf deine Mitschüler/-innen unterstützen könntest.

Aufgabe 1: (Fachkenntnisse: Eigenschaften der Entropie kennen)

Stelle alle dir bisher bekannten Eigenschaften der physikalischen Größe „Entropie“ schriftlich zusammen.

Aufgabe 2: (Fachkenntnisse zur Entropie und Energie anwenden und erweitern)

Erläutere, weshalb bei den folgenden Vorgängen **Entropie** neu **erzeugt** wird.

Erläutere, von welchem Energieträger die Energie auf Entropie umgeladen wird.

- a) Mit einem elektrischen Wasserkocher wird Wasser erwärmt.
- b) Ein Motorradfahrer bremst, dadurch erhitzen sich die Bremscheiben.

Aufgabe 3: (Fachkenntnisse zur Entropie und Energie anwenden und erweitern)

Erläutere, weshalb bei den folgenden (sehr unwahrscheinlichen) Vorgängen **Entropie vernichtet** wird.

Erläutere, ob bei diesen Vorgängen der Energieerhaltungssatz verletzt wird.

Hast du ähnliche Vorgänge schon einmal beobachtet?

- a) In einem Wasserkocher befinden sich 1,5 Liter Wasser. Der Stecker des Wasserkochers ist nicht mit der Steckdose, sondern mit einem Elektromotor verbunden. Der Wasserkocher und das darin befindliche Wasser haben zunächst Raumtemperatur. Plötzlich kühlen sich das Wasser und der Wasserkocher ab und der Elektromotor beginnt sich zu drehen.
- b) Ein Bobby-Car steht seit längerer Zeit auf einer waagerechten Fläche im Wohnzimmer. Plötzlich kühlt sich die nähere Umgebung des Bobby-Cars ab und dieser setzt sich selbstständig in Bewegung.

Aufgabe 4: (Fachkenntnisse: Erhaltungsgrößen kennen)

Kreuze die richtigen Felder an.

	kann strömen	ist erzeugbar	ist vernichtbar
Geld			
Energie			
elektrische Ladung			
Impuls			
Masse			
Entropie			

Aufgabe 5: (Skizzen anfertigen, Entropieformeln kennen, Formeln anwenden, Eigenschaften der Entropie kennen und erweitern)

Im Winter hat der angenehm temperierte NwT-Raum eine Temperatur von $21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Draußen hingegen ist es öfter recht frostig ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Dieser Temperaturunterschied bewirkt einen Energiestrom durch die Wand des NwT-Raums hinaus ins Freie. Pro Quadratmeter fließen hierbei 25 W durch die Wand ins Freie. Wie wir wissen, ist dieser Energiestrom mit einem Entropiestrom verbunden.

- Zeige mithilfe einer Rechnung, dass hierbei Entropie erzeugt wird. Fertige dazu auch eine geeignete Skizze an.
- Berechne die Entropiemenge, die innerhalb einer Stunde in einem Quadratmeter der Außenwand des NwT-Raums erzeugt wird.
- Der Physiksaal ist besser isoliert als der NwT-Raum. Bei gleichen Temperaturen (Innentemperatur: $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, Außentemperatur: $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) fließen pro Quadratmeter 5 W durch die Wand ins Freie.
Berechne die Entropiemenge, die innerhalb einer Stunde in einem Quadratmeter der Außenwand des Physiksaals erzeugt wird.
- Prüfe anhand der Teilaufgaben a) und b) ob folgende Aussage richtig sein kann: „Umso mehr Energie „vergeudet“ wird, desto mehr Entropie wird erzeugt.“

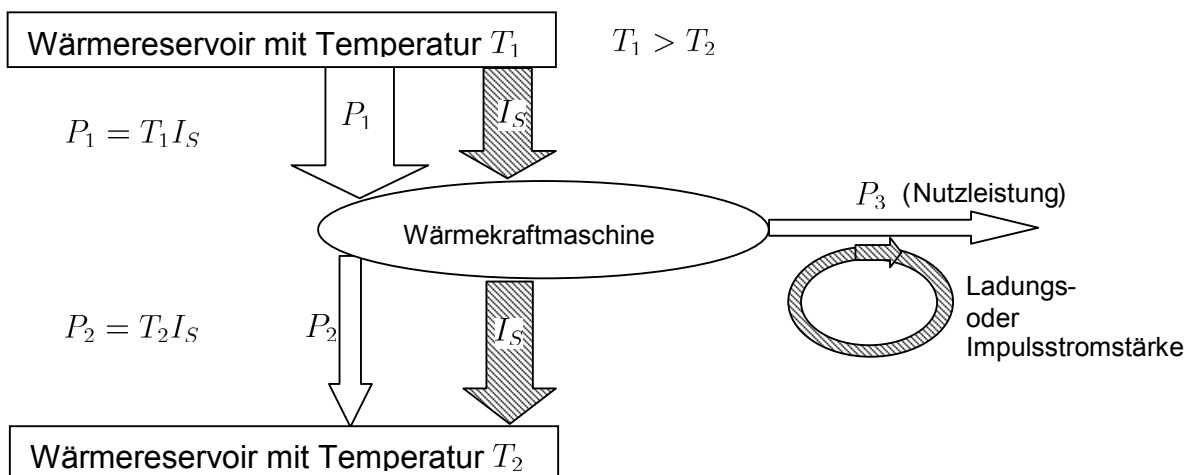
Aufgabe 6: (Fachkenntnisse: Eigenschaften der Entropie kennen und anwenden)

Prüfe folgende Aussagen auf ihre Richtigkeit. Begründe deine Meinung.

- Eine Glühlampe erzeugt Entropie.
- Eine Herdplatte erzeugt Entropie.
- Werden zwei Hände aneinander gerieben, so wird Entropie erzeugt.
- Ein Radfahrer erzeugt Entropie.
- Eine brennende Kerze erzeugt Entropie.
- Ein Autofahrer erzeugt Entropie.
- Beim Rasensprengen wird Entropie erzeugt.
- Heißer Kaffee, der in einer Tasse auf den Tisch gestellt wird, erzeugt Entropie.
- Füllt man warmes Wasser in eine Badewanne, dann wird Entropie erzeugt.
- Ein Fluss erzeugt Entropie.
- Entropie kann vernichtet werden.
- Jeder Mensch erzeugt ständig Entropie.
- Es gibt (ideale) Vorgänge, bei denen keine Entropie erzeugt wird.
- Bei realen Vorgängen wird immer Entropie erzeugt.
- Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Zeit und der Entropie.

Aufgabe 7: (Eigenschaften der Entropie kennen und anwenden, Definition des Wirkungsgrads kennen und anwenden)

Begründe, warum die berechneten (idealen) Wirkungsgrade von Wärmekraftmaschinen größer als die realen Wirkungsgrade sind. Erweitere dazu zunächst die Skizze einer idealen Wärmekraftmaschine (siehe unten) um geeignete „Pfeile“ und eventuell um ein zusätzliches Wärmereservoir.



Aufgabe 8: (Fachkenntnisse: Eigenschaften der Entropie kennen und anwenden)

Trage folgende Geräte und Wirkungsgrade in die Tabelle ein. Kreuze in der letzten Spalte diejenigen Vorgänge an, bei denen Entropie erzeugt wird.

Geräte: Scheibenbremse, idealer Generator, realer Generator, idealer Wasserkocher, realer Wasserkocher, idealer Elektromotor, realer Elektromotor, realer Stirlingmotor, idealer Stirlingmotor, reales Thermoelement, ideales Thermoelement.

Wirkungsgrade: 65%, 72%, 99,5%, 99,5%, 100%, 100%, 100%

Vorgang	Gerät	Wirkungsgrad	Entropie wird erzeugt
Energie wird vollständig von Impuls auf Ladung umgeladen			
Energie wird von Impuls auf Ladung und Entropie umgeladen			
Energie wird vollständig von Ladung auf Impuls umgeladen			
Energie wird von Ladung auf Impuls und Entropie umgeladen			
Energie wird vollständig von Impuls auf Entropie umgeladen			
Energie wird vollständig von Ladung auf Entropie umgeladen		100%	
Energie wird vollständig von Ladung auf Entropie umgeladen		85%	
Energie wird teilweise von Entropie auf Ladung umgeladen		72%	
Energie wird teilweise von Entropie auf Ladung umgeladen		8%	
Energie wird teilweise von Entropie auf Impuls umgeladen			X
Energie wird teilweise von Entropie auf Impuls umgeladen			

Aufgabe 9: (Fachkenntnisse: Eigenschaften der Entropie kennen und anwenden, Formel für Wirkungsgrad einer idealen Wärmekraftmaschine kennen und anwenden)

Erläutere folgende Aussagen:

- Fließt Energie zusammen mit Ladung oder Impuls, dann ist sie **wertvoller**, als wenn sie zusammen mit Entropie fließt.
- Fließt Energie zusammen mit Entropie bei einer hohen Temperatur, dann ist sie **wertvoller**, als wenn sie zusammen mit Entropie bei einer kleineren Temperatur fließt.
- Energie wird **entwertet**, wenn Entropie erzeugt wird.
- Die Entropieerzeugung ist ein Maß für die **Energieentwertung**.

Aufgabe 10: (Fachkenntnisse: Eigenschaften der Entropie kennen und anwenden)

Erläutere die umgangssprachliche Redewendung: „Bei allen realen Vorgängen geht Energie verloren.“