

## Handout zur Seminarsitzung: Energie und Entropie

### Thematisierung der Energie (und Entropie) im KLP NRW:

- Der Begriff der Energie findet bereits im ersten Inhaltsfeld (Temperatur und Wärme) Anwendung, wird jedoch erst in Inhaltsfeld 7 (Bewegung, Kraft und Wärme) definiert.<sup>[1]</sup>
- Die Energie stellt eines der vier Basiskonzepte dar.<sup>[1]</sup>
- Der Begriff der Entropie wird sowohl im KLP der Sek I als auch der Sek II nicht erwähnt.

### Häufige SuS-Vorstellungen:<sup>[2]</sup>

- Energie als mengenartige Größe:
  - o Energie ist notwendig, um etwas zu bewirken
  - o Energie ist ein speicherbares Etwas, wie eine Art Treibstoff
- Energieverbrauch:
  - o Energie wird verbraucht und geht verloren

### Umgang mit dem Begriff der Energie im traditionellen Unterricht:<sup>[3]</sup>

- Grundlage stellt der Dreiklang aus Kraft – Arbeit – Energie dar
- Energie stellt die Fähigkeit dar, Arbeit zu verrichten. Die Energie ist eine abgeleitete Größe aus der Kraft und dem Weg.
- Duit (2007) erklärt sich diese Art des Zugangs damit, dass das Verständnis des Kraftbegriffes einfacher erlernbar als der Energiebegriff sei. Die Verknüpfung mit der Arbeit stelle eine anschauliche Grundlage dar. Es offenbaren sich dabei folgende Herausforderungen:
  - o Der Begriff der Arbeit wird mit körperlicher Anstrengung und nicht mit einem Energietransfer verknüpft.
  - o Arbeit wird nur mit mechanischen Phänomenen assoziiert
- Empirischen Studien zufolge fällt es SuS schwer, den Kraftbegriff zu erlernen und diesen von dem Energiebegriff abzugrenzen.

### Die Energiequadrige nach Duit:<sup>[3]</sup>

- Zusammenfassung der 4 Kernideen zur Kennzeichnung von Energie: Energieentwertung, Energieumwandlung, Energietransport und Energieerhaltung

### Aufzählung verschiedener Unterrichtskonzeptionen und der Konzeptualisierung der Energie:<sup>[4]</sup>

- Traditioneller Unterricht: Fähigkeit, Arbeit zu verrichten
- Energieentwertung: Systeme, die etwas bewirken können, besitzen Energie. Es ist die Energieentwertung, und nicht die Energie, welche Vorgänge in Gang setzt und aufrecht hält.
- Energie (und Entropie) als mengenartige Größen: Extensive mengenartige Größen sind Träger der Energie, welche einem Trägerstrom unterliegen. Es fließt immer ein Energie- und ein Trägerstrom. Abkehr von traditioneller Energieumwandlung: Der Energiestrom wechselt seinen Träger.
- Energie vor Arbeit: Die Energie wird an mechanischen Vorgängen als Erhaltungsgröße eingeführt, die Arbeit dient der Veränderung der Energie in nicht abgeschlossenen Systemen. Umkehrung des traditionellen Ansatzes.

### Literatur:

- [1] Kernlehrpläne, Bildungsportal NRW, <https://www.schulministerium.nrw/kernlehrplaene>, zuletzt aufgerufen am 18.12.2025.
- [2] H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit in Schülervorstellungen und Physikunterricht, Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis, 2018.
- [3] R. Duit, Energie-Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Unterricht Physik, 18, 2007.
- [4] T. Wilhelm, H. Schecker, M. Hopf in Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht, Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis, 2021.

Eine Übersicht zur Unterrichtskonzeption *Energie als mengenartige Größe (Karlsruher Physikkurs)*

Unterrichtskonzeption	Konzeptualisierung von Energie	Konzeptualisierung von Wärme	Konzeptualisierung von Entropie	Vor- und Nachteile	Alltagsnahe Beispiele / Veranschaulichungen
Energie als mengenartige Größe (Herrmann, <i>Karlsruher Physikkurs</i> )	<p>Universeller Treibstoff</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportiert von Energieträgern</li> <li>• Trägerstrom mit Energie beladen</li> <li>• Bestimmte Systeme speichern Energie (Einweg vs. Mehrweg)</li> </ul> <p>➤ Mengenartige phys. Erhaltungsgröße</p> <p>➤ Bildliche Vorstellung</p> <p>➤ Energieerhaltung implizit</p>	<p>Umdeutung der Alltagserfahrung (heiß, kalt, Menge der Wärme – qualitativ) zur physikalischen intensiven Größe der Temperatur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffe ohne Volumenänderung <math>dE = TdS</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Verknüpfung zur Entropie</li> </ul> </li> </ul> <p>Trennung zwischen intensivem und mengenartigem Charakter</p>	<p>Entropie als mengenartige Größe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog zur Ladung</li> <li>• Keine Erhaltungsgröße (nur Zunahme bzw. Erzeugung)</li> <li>• Entropie <math>S</math> und „Alltagswärme“ können synonym verwendet werden</li> <li>• Ein Gegenstand enthält umso mehr Entropie, je höher die Temperatur und seine Masse ist <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Entropie und Temperatur hängen voneinander ab (vgl. Impuls und Geschwindigkeit)</li> </ul> </li> </ul>	<p>Vorteil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Greifbarkeit des Entropiebegriffs</li> <li>• Erklärung von Temperaturänderungen durch Entropiefluss</li> </ul> <p>Nachteil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begriff Wärme ist außerhalb des Karlsruher Ansatzes mit der phys. Größe Wärme <math>Q</math> verknüpft.</li> <li>• <math>Q</math> und <math>S</math> haben nichts gemein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pfandflaschensystem Einweg, Mehrweg (Presslufthammer, Wasser)</li> <li>• Energie als „Reise“, dafür ist Treibstoff notwendig, abhängig von Art des Verkehrsmittels</li> </ul>

## Eine Übersicht zur Unterrichtskonzeption *Energieentwertung*

Unterrichtskonzeption	Konzeptualisierung von Energie	Konzeptualisierung von Wärme	Konzeptualisierung von Entropie	Vor- und Nachteile	Alltagsnahe Beispiele / Veranschaulichungen
Energieentwertung (Backhaus & Schlichting)	<p>Beispiele: Sonne, Batterie, ... besitzen Energie → <b>sie können etwas bewirken</b></p> <p>Energiearten/ Erscheinungsformen (Übertragungs-/ Speicherformen)</p> <p>qualitativ el. Energie quantitativ</p> <p><b>Energieentwertung als Voraussetzung für den Ablauf von Prozessen</b></p>	<p>Abwertung: thermische Energie weniger wertvoll als el. oder mech. Energie</p> <p>geringere Temperatur → weniger wert</p>	nicht enthalten	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definition für das „Energiesparen“: Energieentwertung zu größtmöglicher Energieaufwertung nutzen</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>„Entwertung“ ist positiv</li> <li>Einführung eines exergetischen Wirkungsgrads (Wärmepumpe vs. Elektroheizung)</li> </ul> <p>(Problem mit Wirkungsgrad bei el. Energie → Wärmeenergie: Elektroheizung mit Wirkungsgrad 1 trotzdem Energieentwertung)</p>	<p>Phänomene laufen von sich aus nur in eine Richtung ab, z.B. Abkühlen, Abbremsen</p> <p>für „Rückspulen“ ist wiederum Energie notwendig, z.B. Erhitzen</p> <p>Wärmekraftmaschinen &amp; Wärmepumpen Energievorkommen, Solarenergie, Energieumsatz bei menschlichen Tätigkeiten ---</p> <p>(Energieentwertung als „Ausdruck für die eingeschränkte Einsetzbarkeit der Energie nach einer Energieumwandlung“)</p> <p>(Energieart wird als umso wertvoller bezeichnet, je vollständiger sie in andere umgewandelt werden kann)</p> <p>reine vs. thermische Energiespeicher</p>

Eine Übersicht zur Unterrichtskonzeption *Energie vor Arbeit* (Münchener Ansatz)

Unterrichtskonzeption	Konzeptualisierung von Energie	Konzeptualisierung von Wärme	Konzeptualisierung von Entropie	Vor- und Nachteile	Alltagsnahe Beispiele / Veranschaulichungen
Energie vor Arbeit (Bader & Wiesner, Münchener Ansatz)	<p>1. Energie → 2. Energieerhaltung → Arbeit &amp; Wärme</p> <p>Die Energie wird zuerst als etwas eingeführt, das immer erhalten bleibt.</p> <p>Danach werden Arbeit und Wärme als Arten von Energieübertragung verstanden</p> <p>Einführung: Nicht über Formeln, sondern über Reversibilität:</p> <p>Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gummiball hüpf</li> <li>• Pendel schwingt</li> <li>• Feder schwingt</li> </ul>	<p>eine Art der Energieübertragung, die Energie, die aufgrund eines Temperaturunterschieds von einem Körper zu einem anderen übergeht (Innere Energie).</p> <p>Wärmebegriff wird Ansatz aus der Reibung entwickelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reibung → mechanische Energie nimmt ab</li> <li>• gleichzeitig → Temperatur der Körper steigt</li> </ul> <p>Ein Körper hat Energie; er hat weder Arbeit noch Wärme.</p>	<p>Beschreibung von Irreversibilität</p> <p>Wärme kann von nur von einem Körper höherer Temperatur zu einem Körper niedrigerer Temperatur übergehen</p> <p>Energieverlust tritt auf durch Nutzung der inneren Energie</p> <p>Irreversible Wärmeausbreitung = Entropieerzeugung</p> <p>Sie erklärt, warum Energie zwar erhalten bleibt, aber dennoch technische Prozesse nicht</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie ist nicht sichtbar</li> <li>• nicht fühlbar</li> <li>• nicht an eine Handlung gebunden</li> <li>• Schüler erleben körperliche Anstrengung und hören gleichzeitig: „Das ist keine Arbeit im physikalischen Sinn“</li> <li>• Wärme als Prozessgröße schwer zu verstehen</li> <li>• Entropie wird nicht als klare, quantitative Zustandsgröße eingeführt</li> <li>• sondern eher qualitativ über Richtung und</li> </ul>	<p>Hüpfender Gummiball</p> <p>Pendel und Feder</p> <p>Erwärmung durch Bewegung</p> <p>Kaltes Metall</p> <p>Motoren und Turbinen</p>

	<p>eine fundamentale, erhaltene Zustandsgröße von Systemen, deren Veränderung nur durch Arbeit oder Wärme möglich ist. Arbeit = Änderung der Energie eines Systems</p>		<p>verlustfrei umkehrbar sind</p>	<p>Verlust der Nutzbarkeit</p> <p>Für leistungsstarke SuS sehr geeignet für schwächere SuS sehr kompliziert</p>	
--	--	--	-----------------------------------	---	--