

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Lehrziele.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen.....</b>	<b>4</b>
2.1	Erscheinungsformen der Energie.....	4
2.2	Physikalische Grundlagen.....	5
2.3	Thermodynamische Grundlagen.....	11
2.3.1	Die Zustandsgröße Energie und der 1. Hauptsatz der Thermodynamik.....	11
2.3.2	Die Zustandsgröße Entropie und der 2. Hauptsatz der Thermodynamik.....	13
2.3.3	Die Zustandsgröße Enthalpie.....	16
2.3.4	Prozesse in geschlossenen Systemen.....	17
2.3.5	Phasenumwandlungsprozesse.....	19
2.4	Kreisprozesse.....	23
2.4.1	Kreisprozess eines Dampfkraftwerks.....	23
2.4.2	Der Carnot-Prozess.....	25
2.4.3	Der Clausius-Rankine Vergleichsprozess.....	27
<b>3</b>	<b>Verstromungstechnologien.....</b>	<b>36</b>
3.1	Konventionelle Dampfkraftwerke.....	36
3.1.1	Dampferzeugung und Prozessverbesserung.....	38
3.1.2	Rauchgasreinigung.....	43
3.1.3	Kühlturm.....	45
3.1.4	Turbinen und Generator.....	46
3.2	Gasturbinen-Kraftwerke.....	48
3.2.1	Methoden zur Wirkungsgradsteigerung.....	51
3.2.2	Aufbau und Betrieb moderner Gasturbinen.....	53
3.3	Kombinationskraftwerke.....	55
3.4	Kernkraftwerke.....	58
3.4.1	Kerntechnische Grundlagen.....	59
3.4.2	Reaktorbauarten.....	61
3.4.3	Sicherheitsaspekte und Wiederaufbereitung.....	64
3.5	Stationäre Kolbenmotoren.....	66
3.5.1	Otto-Motoren.....	66
3.5.2	Diesel-Motoren.....	70
3.5.3	Gas-Motoren.....	72
3.5.4	Emissionen von Otto-, Diesel- und Gas-Motoren.....	73
3.5.5	Stirling-Motoren.....	74
3.5.6	Dampfkolbenmotor.....	77
3.6	Brennstoffzellen.....	78
3.6.1	Alkaline Brennstoffzelle.....	80
3.6.2	Polymermembran Brennstoffzelle.....	81

3.6.3	Direktmethanol Brennstoffzelle .....	81
3.6.4	Phosphorsaure Brennstoffzelle .....	82
3.6.5	Schmelzkarbonat Brennstoffzelle .....	82
3.6.6	Oxidkeramische Brennstoffzelle.....	83
3.7	Weitere Prozesse zur Stromerzeugung.....	83
3.7.1	ORC-Prozesse .....	84
3.7.2	Dampfschraubenmotor .....	85
<b>4</b>	<b>Abwärmenutzung und Kälteerzeugung .....</b>	<b>87</b>
4.1	Kälteprozesse .....	87
4.1.1	Kompressionskältemaschinen .....	87
4.1.2	Wärmegetriebene Kältemaschinen .....	88
4.1.3	Wärmepumpen .....	90
4.2	Kraft-Wärme-Kopplung .....	92
4.2.1	Wärmeauskopplung aus Dampfkraftwerken .....	93
4.2.2	Wärmeauskopplung bei Gas- und Kombikraftwerken.....	95
4.2.3	Wärmeauskopplung bei Kolbenmotoren.....	95
<b>5</b>	<b>Glossar.....</b>	<b>97</b>
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>120</b>
<b>7</b>	<b>Linksammlung.....</b>	<b>122</b>
7.1	Bundesministerien und nachgeschaltete Institutionen .....	122
7.2	Energieagenturen und Ländereinrichtungen .....	122
7.3	Europäische Union .....	123
7.4	Versorgungsunternehmen / Konzerne.....	123
7.5	Verbände .....	123
7.6	Erneuerbare Energien.....	124
7.7	Forschungsinstitute .....	124
7.8	Sonstige Energielinks.....	125
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>126</b>
<b>9</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>129</b>
<b>10</b>	<b>Ergebnisse der Übungsaufgaben .....</b>	<b>130</b>

# 1 Lehrziele

Ohne eine Versorgung mit Strom, Wärme und anderen Formen von Energie wäre unser heutiges Leben undenkbar. Wir haben uns daran gewöhnt, dass Strom aus der Steckdose kommt, wenn wir ihn brauchen, dass wir es selbst bei winterlichen Außentemperaturen in unseren Wohnungen warm und hell haben, und dass industrielle Prozesse zur Fertigung der von uns benötigten Güter rund um die Uhr betrieben werden können. Dem gegenüber werden wir immer stärker mit den Auswirkungen unseres energieabhängigen Lebenswandels konfrontiert. Rohstoffe wie Öl und Gas sind nur begrenzt verfügbar und werden in den nächsten Jahrzehnten knapper und teurer, ein globaler Klimawandel aufgrund des starken Kohlendioxid-Ausstoßes kann nach Meinung der Mehrzahl der Wissenschaftler kaum noch abgewendet werden, und Umweltschädigungen durch Exploration, Förderung und Nutzung fossiler und Kern-Brennstoffe bedrohen die Lebensräume von Menschen, Pflanzen und Tieren.

Vor- und Nachteile der Energieerzeugung

Vor diesem Hintergrund ist es von großer Bedeutung, dass wir unsere Ressourcen nicht verschwenden, sondern so effizient wie möglich einsetzen. Die Technologien zur Umwandlung von Brennstoffen zu Strom, Wärme, Kälte, Dampf, mechanischer Energie etc. sind im Laufe der letzten 150 Jahre immer weiter entwickelt und effizienter geworden. Dennoch besteht ein großes Potenzial und die Notwendigkeit zur weiteren Steigerung von Wirkungsgraden und zur Entwicklung neuer Verfahren. Allerdings sind alle Energieumwandlungsprozesse thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten unterworfen, die eine 100 %ige Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Ressourcen leider unmöglich machen.

Notwendigkeit zur Entwicklung effizienter Technologien

Ziel dieser Kurseinheit ist es, die unterschiedlichen Prozesse und Technologien zur Erzeugung der gängigsten Energieformen, insbesondere Strom und Wärme, kennen zu lernen und zu verstehen. Auch die physikalischen und thermodynamischen Grundlagen werden erläutert, ohne deren Kenntnis es nicht möglich ist, Energieversorgungsprozesse zu verstehen und zu bewerten. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Ausnutzung konventioneller Energieträger in Großkraftwerken sowie in dezentralen Blockheizkraftwerken. Viele dieser Prozesse lassen sich aber auch mit regenerativ erzeugten Brennstoffen wie z.B. Biogas betreiben, dies betrifft z.B. die dezentrale Energieerzeugung in Gasmotoren, Mikrogasturbinen oder Brennstoffzellen.

Lehrziel

Die Kurseinheit ist in drei Abschnitte aufgeteilt. Der Erste, Kapitel 2, vermittelt grundlegende Kenntnisse bezüglich physikalischer und thermodynamischer Grundlagen. Hauptziel ist das Verständnis von energetischen Kreisprozessen, ihren Einschränkungen und Wirkungsgraden. In Kapitel 3 werden die wichtigsten Verstromungstechnologien, von Dampf- und Gasturbinenkraftwerken über Kolbenmaschinen bis hin zu Brennstoffzellen erläutert. Kapitel 4 schließlich zeigt die Möglichkeiten der Kälteerzeugung und der Abwärmeauskopplung aus Kraftwerken auf.

Aufbau der Kurseinheit