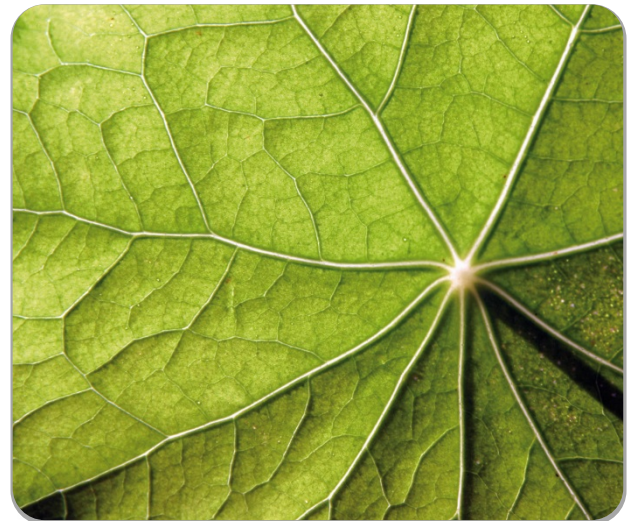




infernum
Interdisziplinäres Fernstudium
Umweltwissenschaften

Effiziente Energietechnologien und Policy

KE 1: Effiziente Energietechnologien



Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften – **infernum**

Effiziente Energietechnologien

Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften – **infernum**

Kurseinheit 1

Effiziente Energietechnologien

von

Leander Grunwald

Michael Joemann

Clemens Pollerberg

Impressum

Titel: Effiziente Energietechnologien

Kursnummer: 71444

Modul: Effiziente Energietechnologien und Policy

Von: Leander Grunwald, Michael Joemann, Clemens Pollerberg

© 2021 FernUniversität in Hagen, Hagen & Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

Alle Rechte vorbehalten.

Studienangebot: Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften (infernum)

Der Inhalt dieses Dokumentes darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch die FernUniversität in Hagen nicht (ganz oder teilweise) reproduziert, benutzt oder veröffentlicht werden. Das Copyright gilt für alle Formen der Speicherung und Reproduktion, in denen die vorliegenden Informationen eingeflossen sind, einschließlich und zwar ohne Begrenzung Magnetspeicher, Computerdrucke und visuelle Anzeigen. Alle in diesem Dokument genannten Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen sind zumeist eingetragene Warenzeichen und urheberrechtlich geschützt. Warenzeichen, Patente oder Copyrights gelten gleich ohne ausdrückliche Nennung. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
Symbolverzeichnis	VI
1 Einleitung und Lehrziele	- 1 -
2 Energetische Grundlagen mit Relevanz zu effizienten Energietechnologien.....	- 4 -
2.1 Begriffe und Grundlagen zum Verständnis	- 4 -
2.2 Energie- und Exergiebilanz zur Effizienzbewertung	- 10 -
2.3 Wirkungsgrade als Kennzahlen der Energieeffizienz	- 12 -
2.4 Übungsaufgaben	- 15 -
2.5 Verwendete Literatur (Kapitel 1 und 2)	- 16 -
3 Technologien zur Nutzung regenerativer Energien und der Energiewandlung	- 17 -
3.1 Regenerative Energien	- 17 -
3.1.1 Solarthermie	- 17 -
3.1.2 Photovoltaik (PV)	- 19 -
3.1.3 Windkraft	- 21 -
3.1.4 Geothermie	- 22 -
3.1.5 Übungsaufgaben	- 25 -
3.1.6 Verwendete Literatur.....	- 26 -
3.2 Technologien der Energiewandlung.....	- 27 -
3.2.1 Heizkessel und Brennwertkessel	- 27 -
3.2.2 Wärme-Kraft-Maschinen	- 28 -
3.2.2.1 Grundlagen der Wärme-Kraft-Maschinen	- 28 -
3.2.2.2 Thermische Kraftwerke.....	- 31 -
3.2.2.3 Blockheizkraftwerke (BHKW).....	- 33 -
3.2.3 Kraft-Wärme-Maschine	- 34 -
3.2.3.1 Grundlagen der Kraft-Wärme-Maschinen	- 34 -
3.2.3.2 Wärmepumpen.....	- 38 -
3.2.3.3 Kältemaschinen	- 39 -
3.2.4 Rückkühltechnik.....	- 41 -
3.2.5 Übungsaufgaben	- 44 -
3.2.6 Verwendete Literatur.....	- 45 -

4	Energiespeicher und Energieträger	- 46 -
4.1	Elektrische Energiespeicher	- 46 -
4.2	Thermische Energiespeicher.....	- 49 -
4.3	Wärme- und Kälteträger zum Energietransport und zur Energiespeicherung.....	- 53 -
4.4	Brennstoffe als chemische Energiespeicher	- 54 -
4.5	Wasserstoff als Energieträger und Energiespeicher.....	- 56 -
4.6	Übungsaufgaben.....	- 59 -
4.7	Verwendete Literatur	- 60 -
5	Technologien der Energieeinsparung und Strategien der Effizienzsteigerung	- 62 -
5.1	Effizienzsteigerung im Gebäudebereich	- 62 -
5.2	Klima- und Lüftungsanlagen	- 65 -
5.3	Beleuchtungssysteme	- 68 -
5.4	Gekoppelte Energieerzeugung	- 70 -
5.5	Sektorenkopplung.....	- 72 -
5.6	Übungsaufgaben.....	- 76 -
5.7	Verwendete Literatur	- 77 -
6	Glossar	- 79 -
7	Lösungshinweise	- 81 -
8	Autoren	- 88 -

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Endenergieverbrauch Deutschland 2019, Datenquelle [AGE-2020].....	- 1 -
Abb. 1.2: Aufbau der Kurseinheit 1 „Effiziente Energietechnologien“ [Eigene Darstellung]	- 2 -
Abb. 2.1: Expansion im h,s-Diagramm [Eigene Darstellung].....	- 13 -
Abb. 2.2: Kompression im h,s-Diagramm [Eigene Darstellung]	- 14 -
Abb. 3.1: Schematische Darstellung eines Solarthermiekollektors [Eigene Darstellung]	- 18 -
Abb. 3.2: Schematische Darstellung eines Photovoltaikmoduls [Eigene Darstellung].....	- 19 -
Abb. 3.3: Schematische Darstellung einer Windkraftanlage [Eigene Darstellung]	- 21 -
Abb. 3.4: Schematische Darstellung eines Brennwertkessels [Eigene Darstellung]	- 27 -
Abb. 3.5: Schematische Darstellung einer Wärme-Kraft-Maschine [Eigene Darstellung]	- 28 -
Abb. 3.6: Kreisprozess eines Dampfkraftwerkes im T,s-Diagramm [Eigene Darstellung]	- 29 -
Abb. 3.7: Idealer Prozess einer Wärme-Kraft-Maschine im T,s-Diagramm [Eigene Darstellung]	- 30 -
Abb. 3.8: Schematische Darstellung einer Kraft-Wärme-Maschine [Eigene Darstellung]	- 34 -
Abb. 3.9: Kreisprozess einer Kraft-Wärme-Maschine im log p,h-Diagramm [Eigene Darstellung]	- 35 -
Abb. 3.10: Idealer Prozess einer Kraft-Wärme-Maschine im T,s-Diagramm [Eigene Darstellung]	- 36 -
Abb. 4.1: Schematischer Aufbau einer Redox-Flow-Batterie [Fraunhofer UMSICHT]	- 48 -
Abb. 4.2: Energiemenge in einem Latent- und sensiblen Wärmespeicher als Funktion der Temperatur [Eigene Darstellung].....	- 51 -
Abb. 5.1: Heizwärmebedarf von Gebäuden mit unterschiedlichem „Wärmeschutzstandard“, Datenquelle [Bos-2020])	- 62 -
Abb. 5.2: Energieausweis eines Gebäudes [Ene-2013]	- 64 -
Abb. 5.3: Vergleichende Darstellung verschiedener Arten der Kraft-Wärme-Kopplung [Eigene Darstellung].....	- 71 -
Abb. 5.4: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit typischen Wirkungsgraden [Eigene Darstellung].....	- 72 -
Abb. 5.5: Energieversorgungsstruktur in Deutschland für das Jahr 2017 [Aus-2017]	- 74 -
Abb. 5.6: Angestrebte Energieversorgungsstruktur in Deutschland durch Realisierung der Sektorenkopplung [Aus-2017].....	- 75 -

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1: Kenndaten verschiedener Solarzellentypen aus [Qua-2018].....	- 20 -
Tab. 3.2: Anwendungsarten der Geothermie nach [Geo-2020]	- 23 -
Tab. 3.3: Arten verschiedener Wärme-Kraft-Maschinen [Eigene Darstellung]	- 30 -
Tab. 3.4: Arten thermischer Kraftwerke aus [Str-2011] und [Eigene Annahmen].....	- 33 -
Tab. 3.5: Arten an Blockheizkraftwerken [Eigene Darstellung mit eigenen Annahmen].....	- 34 -
Tab. 3.6: Kältemaschinen mit typischen Kennzahlen aus [Mau-2016] und [Eigene Annahmen]	- 40 -
Tab. 3.7: Thermisch angetriebene Kältemaschinen mit typischen Kennzahlen [Mau-2016] und [Eigene Annahmen].....	- 41 -
Tab. 4.1: Typen von Akkumulatoren mit Energiedichten und Ladewirkungsgrad [Fre-2007] und [Eigene Annahmen]	- 47 -
Tab. 4.2: Brenn- und Heizwerte verschiedener Brennstoffe aus [Luc-2000] und [Bae-1984]	- 55 -
Tab. 4.3: Kennzahlen einzelner Prozessschritte bei der Wasserstoffnutzung [Eigene Darstellung mit eigenen Annahmen]	- 58 -
Tab. 5.1: Dämmstoffe mit entsprechenden Kennzahlen aus [VDI-2013]	- 63 -
Tab. 5.2: Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger [WD5-2016]	- 65 -
Tab. 5.3: Typische Luftwechselraten entsprechend der Anwendung, zusammengestellt aus [DIN 13779, DIN 16798, VDI 2082, VDI 2052, VDI 2051, DIN 1946].....	- 66 -
Tab. 5.4: Beleuchtungsstärken von Arbeitsstätten nach [DIN 12464].....	- 69 -
Tab. 5.5: Leuchtmittel mit den typischen Kenngrößen aus [Lic-2021]	- 70 -