

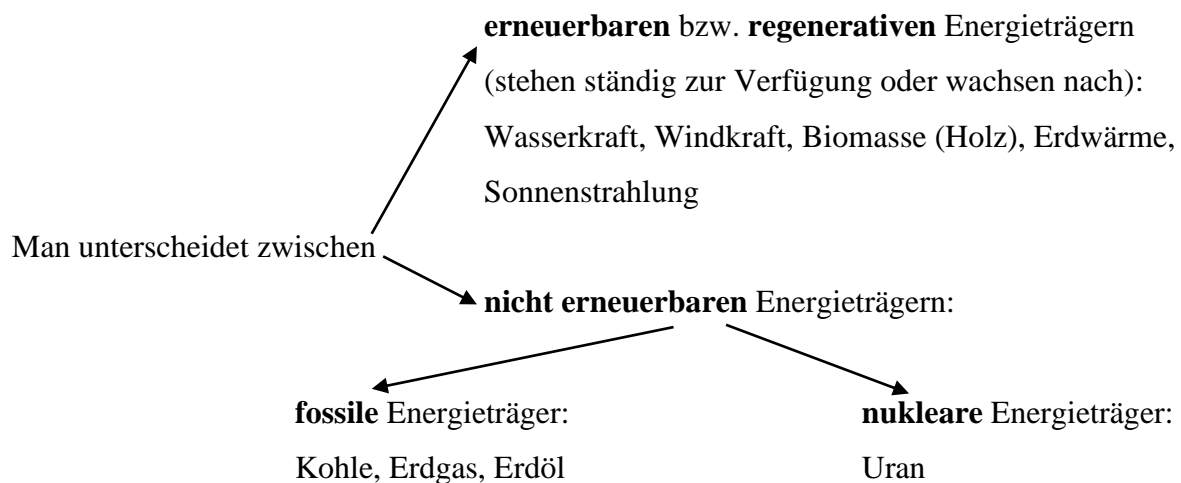
Energie

(siehe auch Buch ab Seite 140)

I Wichtige Begriffe

1 Primärenergie

Unter primären Energieträgern versteht man alle in der Natur vorkommenden Energieträger. Die aus ihnen gewonnene Energie heißt Primärenergie.



2 Sekundärenergie

Primärenergieträger werden häufig nicht direkt genutzt. Sie werden (in Kraftwerken oder Raffinerien) in sekundäre Energieträger umgewandelt. Dabei treten „Energieverluste“ (Umwandlungsverluste) auf.

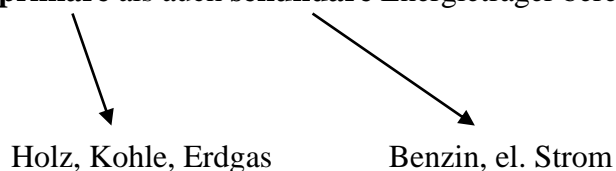
Beispiele für sekundäre Energieträger:

Briketts, Benzin, Heizöl, Flüssiggas, **elektrischer Strom**

3 Endenergie

Endenergie heißt die Energie, die dem Verbraucher direkt zur Verfügung steht.

Die Endenergie kann sowohl durch **primäre** als auch **sekundäre** Energieträger bereitgestellt werden.



4 Nutzenergie

Beim Verbraucher wird die Endenergie in Nutzenergie umgewandelt.

Beispiele:

Kachelofen: **chemische Energie** des Holzes wird in **Wärmeenergie** umgewandelt.

Bohrmaschine: **elektrische Energie** des el Stroms wird in **mechanische Energie** umgewandelt.

II Entwicklung des Energiebedarfs (siehe Buch Seite 146)

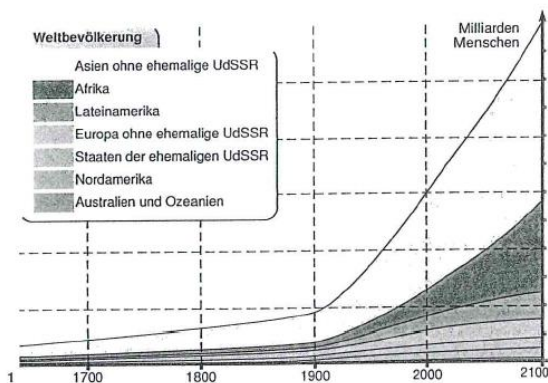
Der weltweite Energiebedarf ist in der Vergangenheit ständig gestiegen. Es ist zu erwarten, dass in Zukunft auch wegen der weiterhin wachsenden Weltbevölkerung der weltweite Energiebedarf weiter zunehmen wird.

Im Augenblick ist der jährliche Energiebedarf pro Kopf von Land zu Land sehr unterschiedlich (Industrienation ↔ Entwicklungsland).

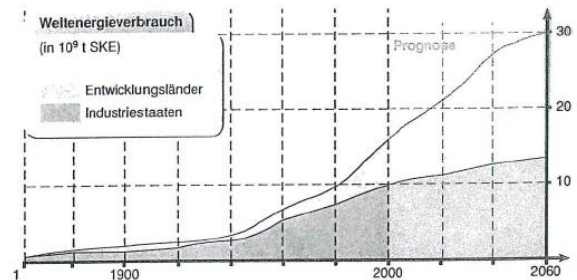
Es ist zu beachten, dass die Reserven an fossilen Energieträgern und Uran endlich sind.

Deshalb gewinnen die regenerativen Energieträger immer mehr an Bedeutung.

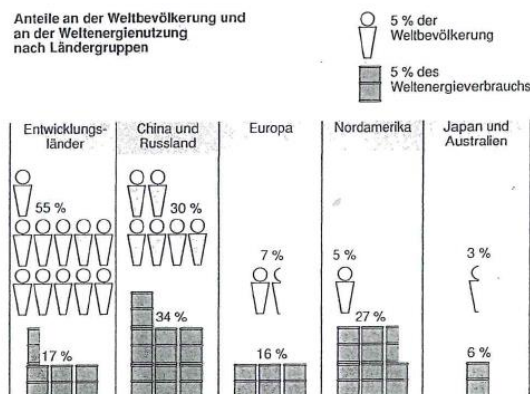
Bevölkerungswachstum (Prognose):



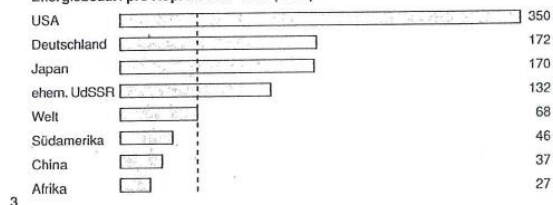
Weltenergieverbrauch (Prognose)



Anteile an der Weltbevölkerung und an der Weltenergiegenutzung nach Ländergruppen

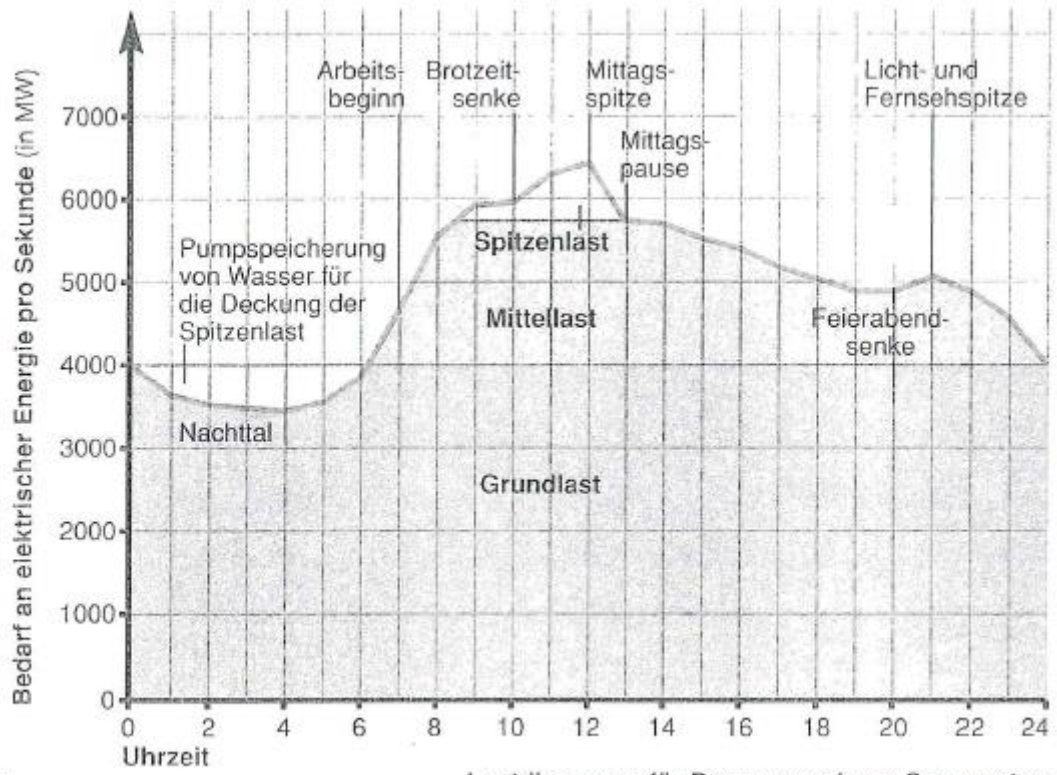


Energiebedarf pro Kopf im Jahr 1999 (in GJ)



III Grundlast – Spitzenlast

Der Bedarf an elektrischer Energie schwankt im Tagesverlauf.



1

Lastdiagramm für Bayern an einem Sommertag

IV Kraftwerke

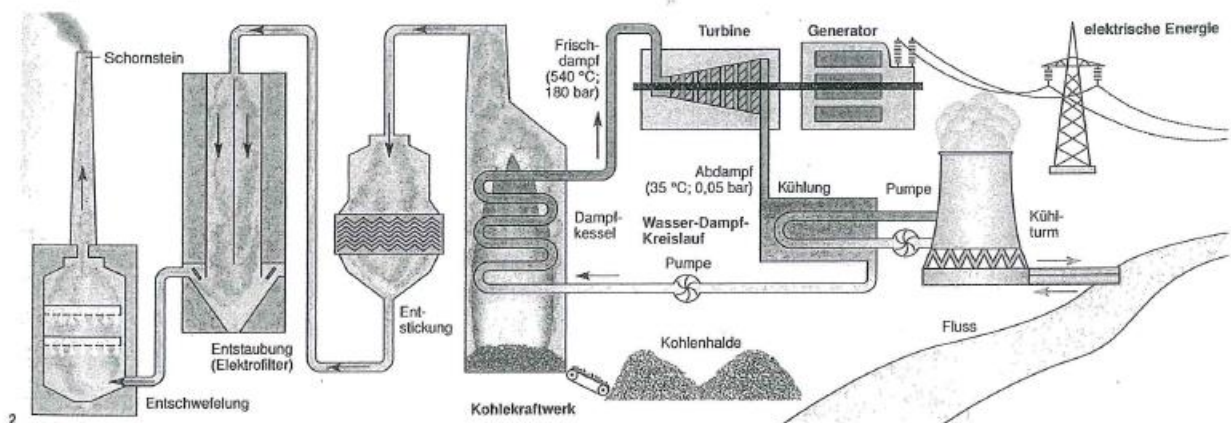
1 Wärmekraftwerke (thermische Kraftwerke)

A) Dampfkraftwerke

a) Heizkraftwerke (siehe Buch S. 149 – 152)

In einem Heizkraftwerk wird durch Verbrennung von Kohle, Öl, Müll, Erdgas oder Biogas elektrische Energie „erzeugt“.

Beispiel Kohlekraftwerk:



Funktionsweise:

- * Die Kohle wird in einem Kessel verfeuert
- * Die dabei freiwerdende Energie wird an Wasser in Rohren abgegeben. Das Wasser siedet.
- * Der Wasserdampf treibt eine Turbine an.
- * Die Turbine treibt einen Generator an, der elektrische Energie zur Verfügung stellt.
- * Nach dem Durchlaufen der Turbine wird der Wasserdampf im Kondensator abgekühlt kondensiert. Das Wasser wird wieder zurück in den Kessel gepumpt.

Energieumwandlungen:

Chemische Energie (der Kohle) $\xrightarrow{\text{Verbrennung}}$ innere Energie der Verbrennungsgase
 $\xrightarrow{\text{Dampfkessel}}$ innere Energie und Bewegungsenergie des Wasserdampfes \longrightarrow mechanische Energie der Turbine $\xrightarrow{\text{Generator}}$ elektrische Energie

Umweltbelastung:

Bei der Verbrennung fossiler Energieträger wird durch die Verbrennungsgase die Luft belastet.

Das bei der Verbrennung freiwerdende Schwefeldioxid reagiert mit der Luftfeuchtigkeit zu

Schwefelsäure. Die Folge ist der sog. saure Regen \Rightarrow Steinfraß, Atemwegserkrankungen, Versauerung von Böden und Gewässern (Sterben der Tier- und Pflanzenwelt)

Stickoxide können über die Bildung von Ozon ebenfalls zu Atemwegs- und Kreislauf-erkrankungen führen.

Die entstehenden Stäube können durch Einatmung die Entstehung von Krebs fördern.

Außerdem entsteht Kohlenstoffdioxid (CO_2) in großen Mengen. Dieses Gas ist hauptsächlich für die Verstärkung des Treibhauseffektes verantwortlich. Die Verstärkung des Treibhauseffektes bewirkt einen Anstieg der Durchschnittstemperatur auf der Erde und damit weltweit Klimaänderungen, die wiederum eine Vielzahl negativer Folgen nach sich ziehen.

Maßnahmen zur Reduktion freigesetzter Schadstoffe:

Die Schadstoffe werden weitgehend herausgefiltert und gelangen somit kaum mehr in die Atmosphäre.

Entstickung: In einer Katalysatoranlage werden die Stickoxide in Wasserdampf und Stickstoff umgewandelt.

Entstaubung: In einer Elektrofilteranlage werden die Staubpartikel abgeschieden.

Entschwefelung: Mit Hilfe des Kalkwaschverfahrens wird das Schwefeldioxid „herausgewaschen“; es entsteht Gips.

Vor- und Nachteile eines Kohlekraftwerks:

Vorteile:

- billiger Brennstoff (Kohle muss nicht importiert werden)
- konstante Leistung, grundlastfähig
- günstiger Betrieb des Kraftwerks, somit auch günstiger Strom

Nachteile:

- das klimabeeinflussende Gas CO_2 und andere umweltschädliche Abgase werden freigesetzt
- Abbau von Kohle schädigt die Umwelt
- Brennstoff Kohle nicht regenerativ

Wirkungsgrad: ca. 40%

b) **Kernkraftwerke**

- Funktionsweise
- Unterschied Druckwasserreaktor ↔ Siedewasserreaktor
- Sicherheitsvorkehrungen
- Problematik der Entsorgung und Endlagerung

Energieumwandlungen im Druckwasserreaktor:

Kernenergie (des Urans) $\xrightarrow{\text{Kernspaltung}}$ innere Energie der Brennstäbe \longrightarrow innere Energie des Wassers $\xrightarrow{\text{Dampfzeger}}$ innere Energie und Bewegungsenergie des Wasserdampfes \longrightarrow mechanische Energie der Turbine $\xrightarrow{\text{Generator}}$ elektrische Energie

Vorteile:

- Keine Emission von CO₂ oder anderen Abgasen
- Große, konstante Leistung
- Kein Verbrauch fossiler Energieträger

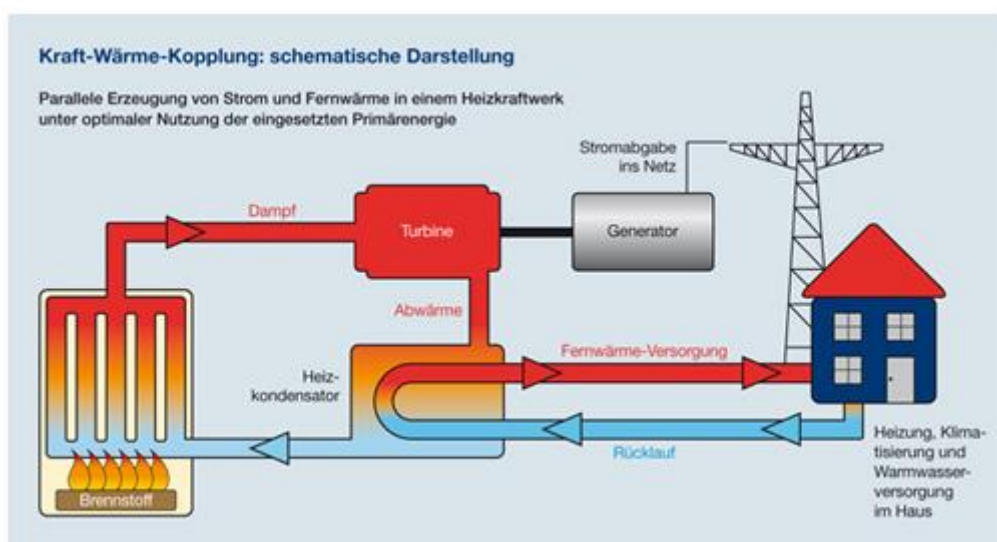
Nachteile:

- Problem der Endlagerung von Atommüll
- Gefahr des Reaktorunfalls mit folgenschweren Schäden für Natur und Mensch

Wirkungsgrad ca. 33%

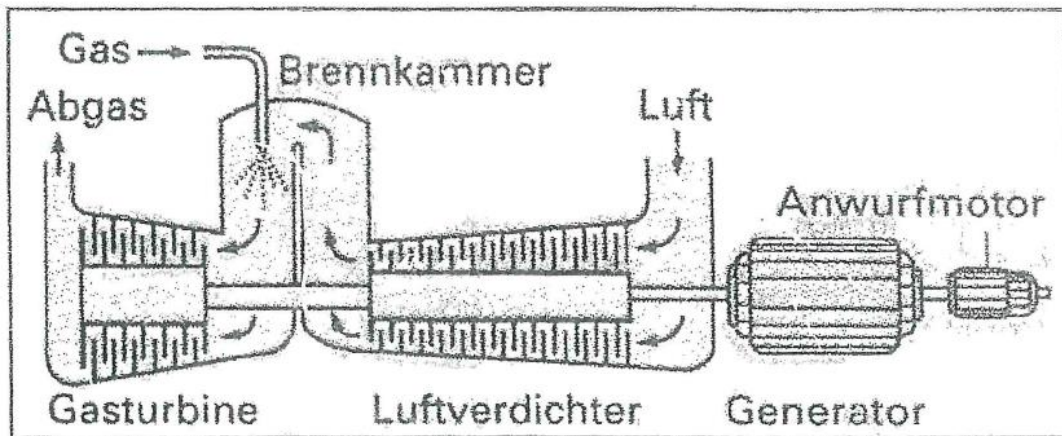
Kraft-Wärme-Koppelung (siehe Buch Seite 193)

Beim Betrieb eines Wärmekraftwerks geht ein Großteil der Energie, die im Brennstoff gespeichert war als Abwärme verloren. Um den Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerks auf bis zu 90% zu steigern, nutzt man die innere Energie des Wasserdampfes zum Heizen und zur Warmwasserbereitung von Haushalten.



B) Gasturbinenkraftwerk

Bei einem Gasturbinenkraftwerk wird der „Umweg“ über den Wasserdampf vermieden. Ein Gemisch aus Verbrennungsgasen und Luft wird direkt über die Turbine geleitet.



Energieumwandlungen:

Chemische Energie des Gases $\xrightarrow{\text{Verbrennung}}$ innere Energie und Bewegungsenergie der Verbrennungsgase
 \longrightarrow mechanische Energie der Turbine $\xrightarrow{\text{Generator}}$ elektrische Energie

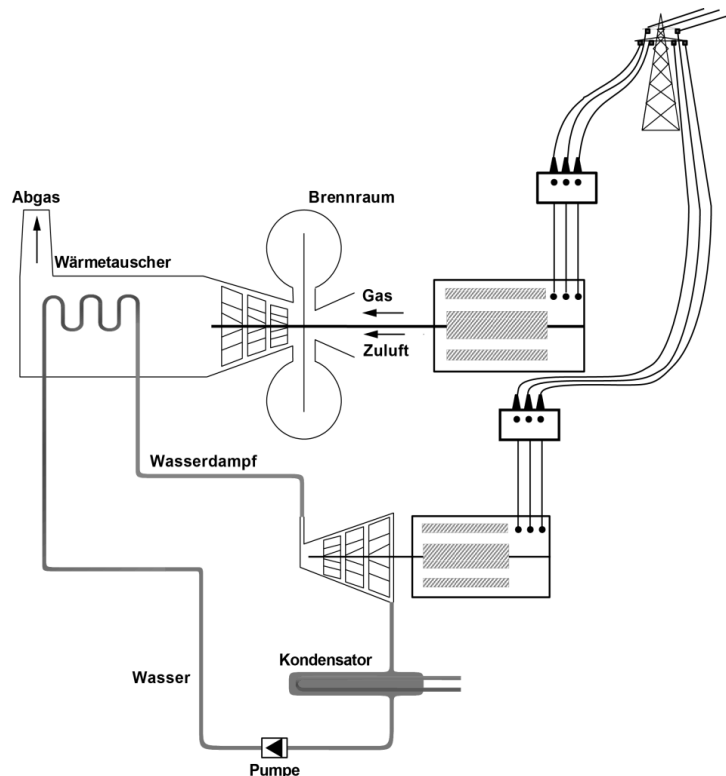
Gasturbinenkraftwerke können schnell hoch- und wieder heruntergefahren werden, besitzen jedoch mit **ca. 30%** einen relativ kleinen **Wirkungsgrad**.

Sie werden hauptsächlich zur **Spitzenlastversorgung** eingesetzt.

C) Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GuD-Kraftwerk) (siehe Buch S.194)

Ein GuD-Kraftwerk ist eine Kombination aus einem Gasturbinen- und einem Dampfkraftwerk.

Wirkungsgrad: über 50%

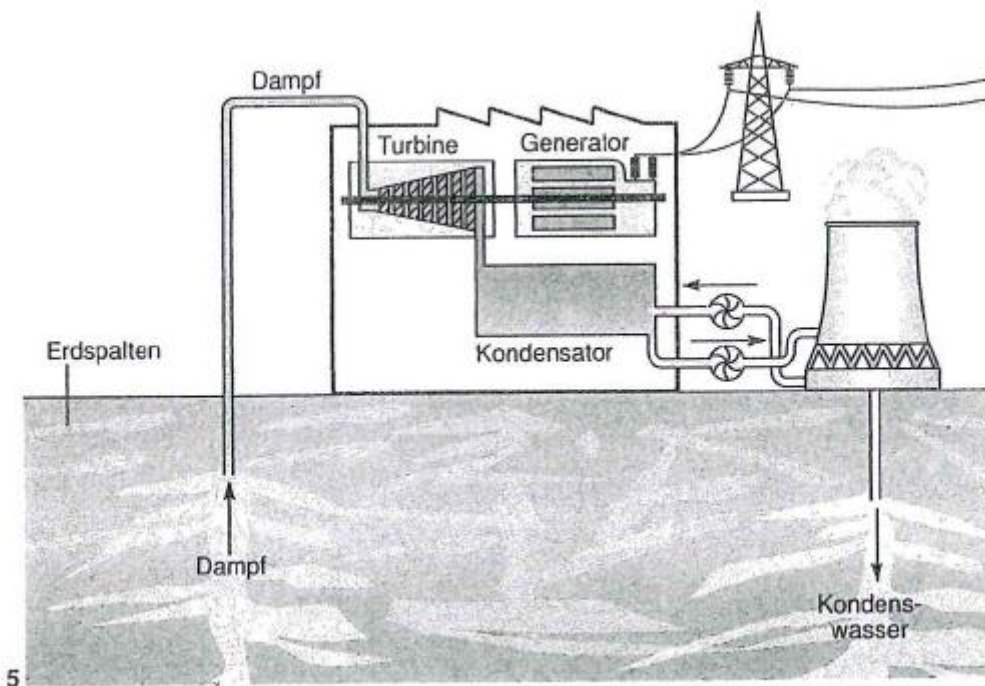


D) Erdwärmekraftwerke (siehe Buch Seite 163)

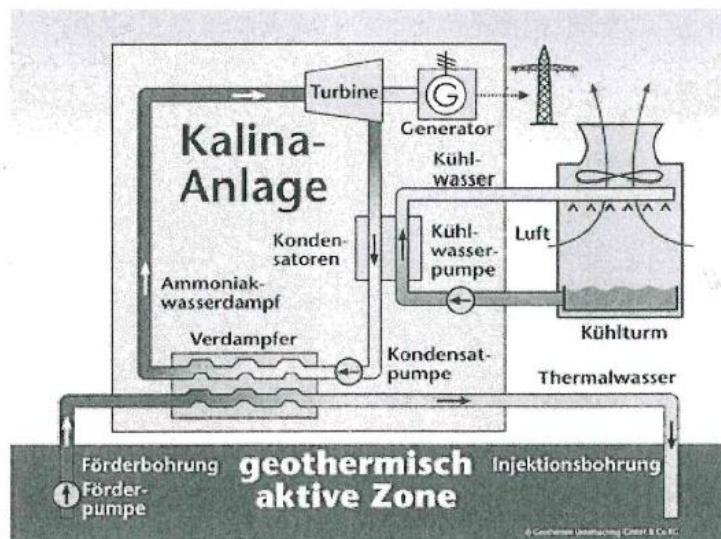
Im Mittel nimmt die Temperatur von der Erdoberfläche Richtung Erdinneres alle hundert Meter um 3°C zu. Diese Temperaturzunahme beruht auf radioaktiven Zerfallsprozessen und auf Wärme aus dem Erdinneren.

An manchen Orten nimmt die Temperatur mit zunehmender Tiefe rascher zu.

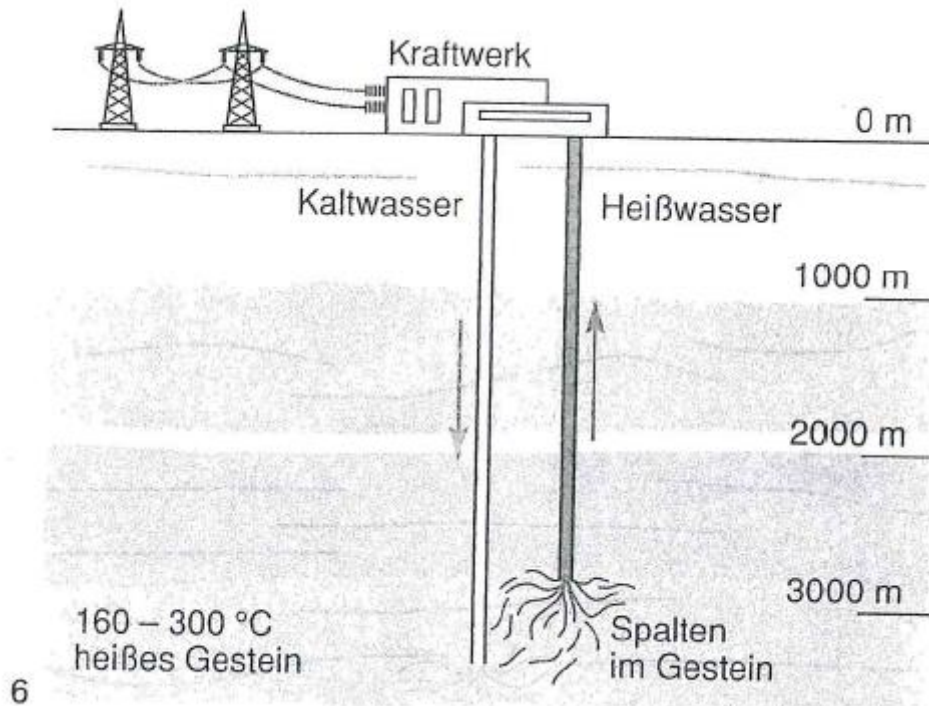
Heißes Gestein befindet sich relativ nahe an der Erdoberfläche und kann unterirdische Seen oder Flüsse erhitzen oder Wasser in heißen Wasserdampf verwandeln. Der heiße Dampf kann in einem Erdwärmekraftwerk (geothermisches Kraftwerk) über Turbinen zur Gewinnung elektrischer Energie benutzt werden.



Trifft man bei einer Bohrung auf Thermalwasser knapp unter der Siedetemperatur, so kann man die innere Energie des Thermalwassers dazu nutzen in einem Wärmetauscher eine Flüssigkeit zu verdampfen, deren Siedetemperatur deutlich niedriger als die von Wasser ist. Dieser Dampf treibt dann eine Turbine an.



Beim „Hot-Dry-Rock-Verfahren“ wird Strom aus Erdwärme erzeugt, ohne dass man auf unterirdisches Thermalwasser stoßen muss. Dazu pumpt man Kaltwasser mit großem Druck in tiefe Gesteinsschichten, wo sich das Wasser erhitzt. Das Heißwasser wird wieder nach oben zu einem Wärmetauscher befördert.



Vorteile:

- als regenerative Energie ist die Erdwärme von äußeren Einflüssen unabhängig (im Gegensatz zur Wind- und Sonnenenergie) und damit grundlastfähig
- Erdwärme steht im unerschöpflichen Vorrat zur Verfügung
- kein Kohlenstoffdioxid-Ausstoß
- optimale Energieausnutzung durch Kraft-Wärme-Koppelung

Nachteile:

- Bohrungen in erdbebengefährdeten Gebieten nicht möglich
- nur Gebiete geeignet, wo bereits in relativ niedriger Tiefe ausreichend hohe Temperaturen vorliegen
- großer Platzbedarf
- hohe Anfangskosten (Probebohrungen etc.)

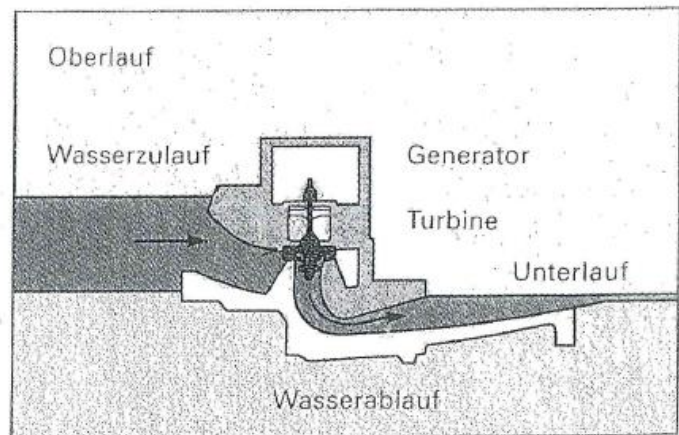
2 Wasserkraftwerke (siehe Buch Seite 157)

Wasserkraftwerke wandeln die kinetische Energie des Wassers in elektrische Energie um.

A) Laufwasserkraftwerke

Eingesetzt bei Flüssen an Staustufen.

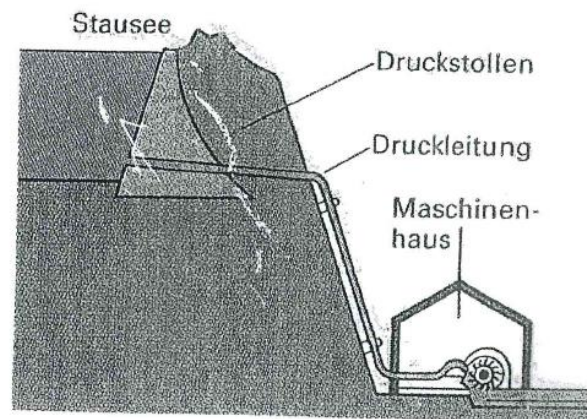
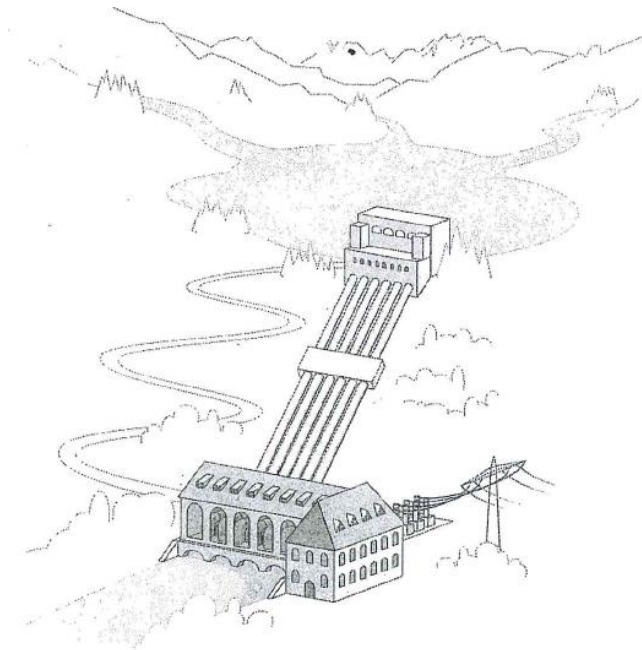
Das Kraftwerk ist im Dauerbetrieb und damit grundlastfähig.



B) Speicherkraftwerk

Zu Zeiten der Spitzenbelastung des Stromnetzes wird Wasser eines Speichers zur Stromerzeugung z.B. über Rohrleitungen abgelassen.

In der restlichen Tageszeit wird der Speicher durch seine natürlichen Zuläufe wieder gefüllt.



C) Pumpspeicherkraftwerk

Pumpspeicherkraftwerke haben keinen oder nur einen sehr geringen natürlichen Wasserzulauf. Der Speicher wird mit nach oben gepumptem Wasser gefüllt. Dies geschieht nachts, wenn ein Überangebot an elektrischer Energie vorhanden ist (Nachtal). Somit wird die überschüssige elektrische Energie als Lageenergie des Wassers gespeichert.

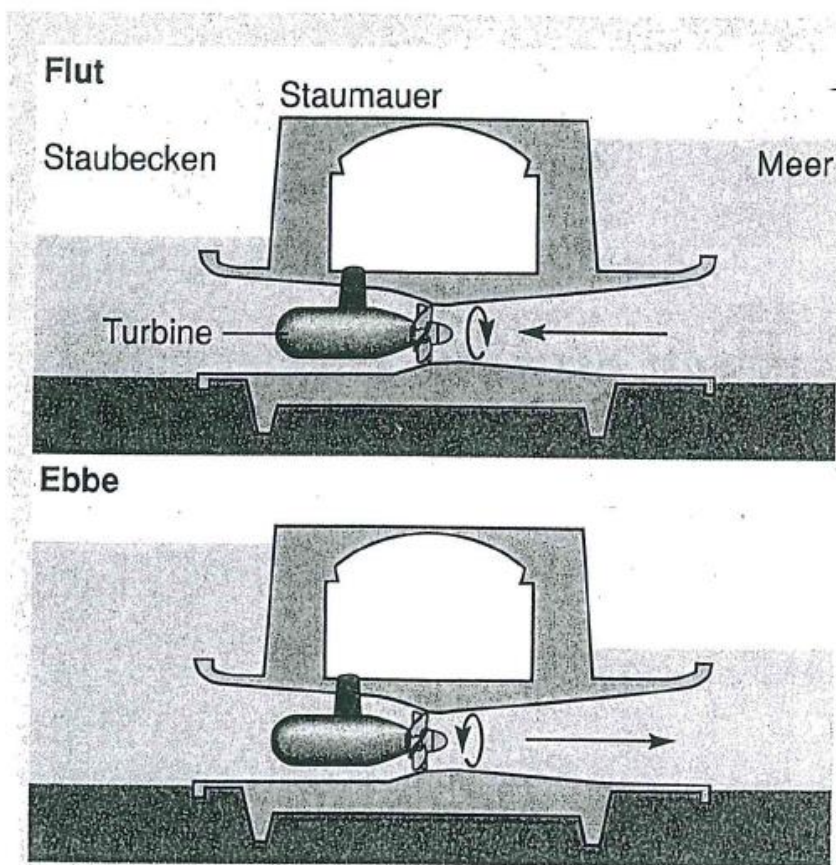
D) Gezeitenkraftwerke (siehe Buch Seite 158)

Ein passender Küstenabschnitt (buchtförmig) mit einem Tidenhub von mindestens 5m ist geeignet für den Bau eines Gezeitenkraftwerks.

Das Kraftwerk befindet sich im Staudamm.

Bei Flut werden zunächst die Durchlassöffnungen zu den Turbinen verschlossen bis der Wasserstand auf der Meerseite 5 m höher ist als im Staubecken. Dann werden die Verschlüsse zu den Turbinen geöffnet. Das Wasser strömt dann über die Turbinen in das Staubecken.

Bei einsetzender Ebbe wird zunächst der Rückfluss des Wassers aus dem Staubecken verhindert. Ist der Wasserstand im Staubecken 5 m höher als auf der Meerseite, wird das Wasser aus dem Staubecken freigegeben und treibt wieder die Turbinen an.



Probleme bei Gezeitenkraftwerken:

- Korrosion der Stahlteile durch Salzwasser (→ teurer Edelstahl)
- Versandung des Staubeckens
- Verschiebung der Gezeiten um täglich 50 min

Zusammenfassung Wasserkraftwerke:

Energieumwandlungen:

Lageenergie des Wassers → Bewegungsenergie des Wassers → mechanische Energie
der Turbine $\xrightarrow{\text{Generator}}$ elektrische Energie

Vorteile von Wasserkraftwerken:

- keine Emission von CO₂ oder anderen Abgasen
- hoher Wirkungsgrad (80% bis 90%)
- Nutzung von kostenloser, regenerativer Energie

Nachteile:

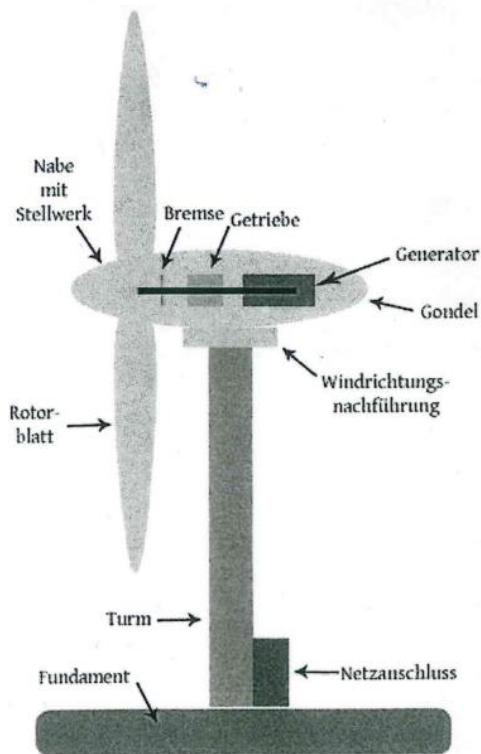
- nicht an jedem Ort verfügbar
- Eingriffe in die Natur

3 Windkraftwerke (siehe Buch Seite 162)

In einem Windkraftwerk wird die kinetische Energie bewegter Luftmassen (= Wind) in elektrische Energie umgewandelt. Der Zusammenschluss mehrerer Windkraftanlagen wird Windpark genannt.

Windparks auf dem Meer werden als Offshore-Windparks bezeichnet.

Um die Windenergie möglichst effektiv zu nutzen, sind Windgeschwindigkeiten von mindestens $4 \frac{m}{s}$ erforderlich, wobei der Wind möglichst gleichmäßig wehen sollte. In Deutschland werden diese Bedingungen an der Nordseeküste, an Teilen der Ostseeküste und auf Kämmen vereinzelter Gebirge erreicht.



Energieumwandlungen:

Bewegungsenergie des Windes \longrightarrow Bewegungsenergie des Rotors $\xrightarrow{\text{Generator}}$ elektrische Energie

Vorteile:

- keine Emission von CO_2 oder anderen Abgasen
- Nutzung von kostenloser, regenerativer Energie
- geringer Platzbedarf

Nachteile:

- nur in windreichen Gebieten einsetzbar
- Lärmbelästigung und Schattenschlag (Disco-Effekt)
- Verunstaltung des Landschaftsbildes
- keine Versorgungssicherheit (Wind ist kein zuverlässiger Energieträger)

Der Wirkungsgrad einer Windkraftanlage hängt von der Windstärke ab und liegt im Durchschnitt bei knapp über 30%.

4 Solare Wärmekraftwerke (Solarthermische Kraftwerke)

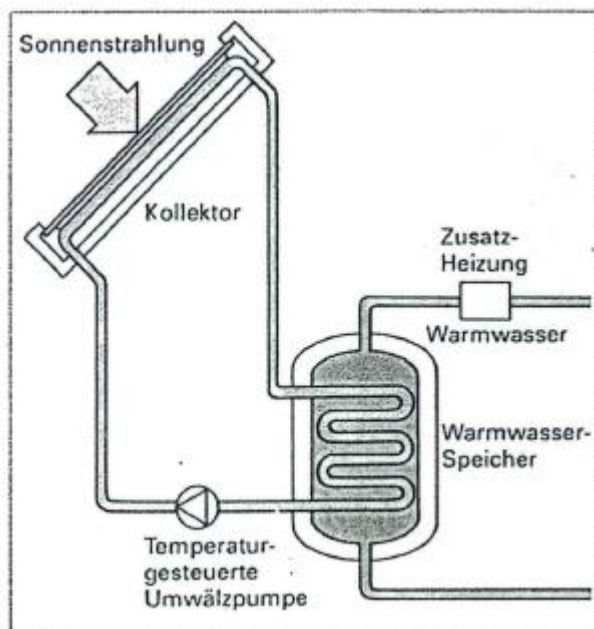
Siehe V.2

V Solarenergie

1 Sonnenkollektoren (Siehe Buch Seite 166)

Sonnenkollektoren wandeln die Strahlungsenergie der Sonne in thermische Energie um. Die thermische Energie wird direkt im Gebäude für die Heizungsunterstützung bzw. für die Warmwasseraufbereitung genutzt.

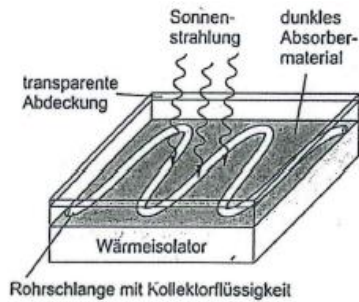
Mit Hilfe von Sonnenkollektoren kann die Energie zur Warmwasseraufbereitung eines Haushalts im Jahresdurchschnitt zu 40% bis 60% gedeckt werden, im Sommer zu 100%.



Funktionsweise:

- Sonnenstrahlung trifft auf den Kollektor und erwärmt die Kollektorflüssigkeit.
- Die Kollektorflüssigkeit gibt in einem Warmwasserspeicher die thermische Energie an das Wasser ab.
- Reicht die Strahlungsenergie nicht aus, wird der Warmwasserspeicher zusätzlich beheizt.

A) Flachkollektoren



Der Absorber ist schwarz gefärbt, damit er möglichst viel Strahlungsenergie der Sonne absorbiert.

Die transparente Abdeckung (Glasplatte) schützt den Kollektor vor wetterbedingten Schädigungen, außerdem entsteht unter der transparenten Abdeckung ein Treibhauseffekt.

Energieumwandlungen:

Strahlungsenergie der Sonne \longrightarrow innere Energie des Absorbers \longrightarrow innere Energie der Kollektorflüssigkeit $\xrightarrow{\text{Warmwasserspeicher}}$ innere Energie des Wassers

Wirkungsgrad Sommer: ca. 50% Wirkungsgrad Winter: ca. 20%

B) Röhrenkollektoren

Wirkungsgrad bis zu 90%

Vorteile einer Sonnenkollektoranlage:

- kostenlose, regenerative Energie
- keine Emission von CO₂ oder anderen Abgasen

Nachteile:

- relativ hohe Anschaffungskosten
- wetter-, tages- und jahreszeitabhängig
- nur in sonnenreichen Gebieten effizient nutzbar

2 Fotovoltaik-Anlagen (siehe Buch Seite 167)

Unter Fotovoltaik versteht man die direkte Umwandlung der Strahlungsenergie in elektrische Energie durch Solarzellen. Dabei wird der von der Solarzelle erzeugte Gleichstrom mit Hilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom umgewandelt.

Vorteile einer Fotovoltaikanlage:

- kostenlose, regenerative Energie
- keine Emission von CO_2 oder anderen Abgasen
- kurze Transportwege der elektrischen Energie

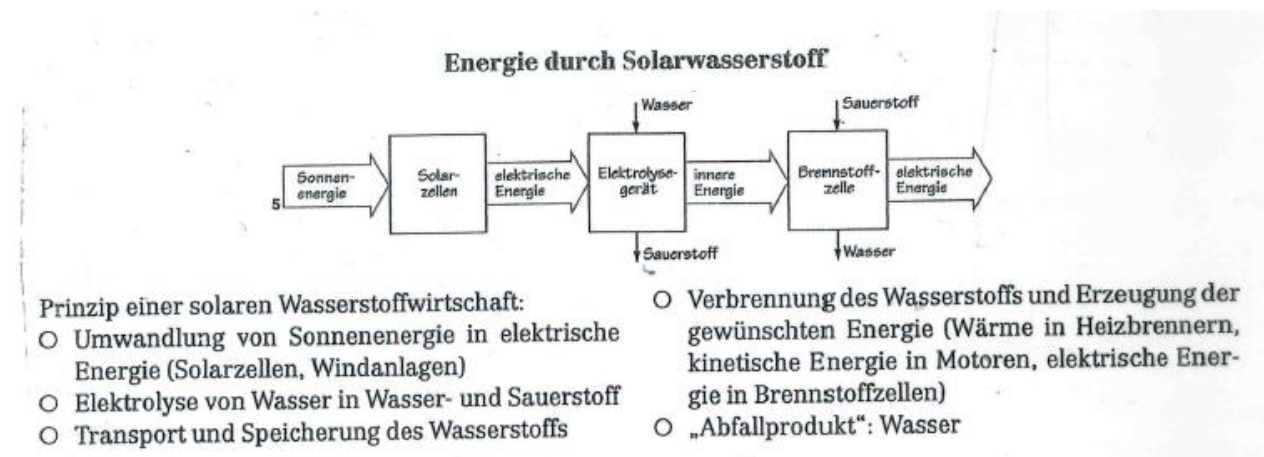
Nachteile:

- relativ hohe Anschaffungskosten
- wetter-, tages- und jahreszeitabhängig
- nur in sonnenreichen Gebieten effizient nutzbar
- hoher Energiebedarf bei der Herstellung von Solarzellen
- zur Herstellung von Solarzellen benötigt man Chemikalien und umweltschädliche Stoffe (Problem der Entsorgung)

Wirkungsgrad: ca. 15%

3 Solar-Wasserstoff-Technik (siehe Buch Seite 169)

Die Solarwasserstofftechnik stellt eine Möglichkeit der Speicherung der durch Fotovoltaik erzeugten elektrischen Energie dar.



Nachteile:

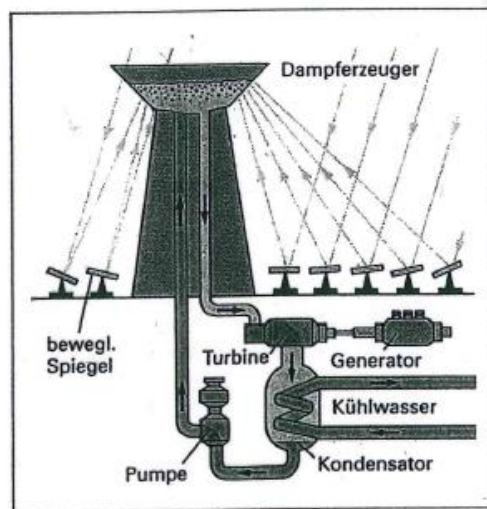
- Problematik der Speicherung des Wasserstoffs
- Technik sehr teuer

Wirkungsgrad einer Brennstoffzelle: ca. 80%

4 Solare Wärmekraftwerke (Solarthermische Kraftwerke)

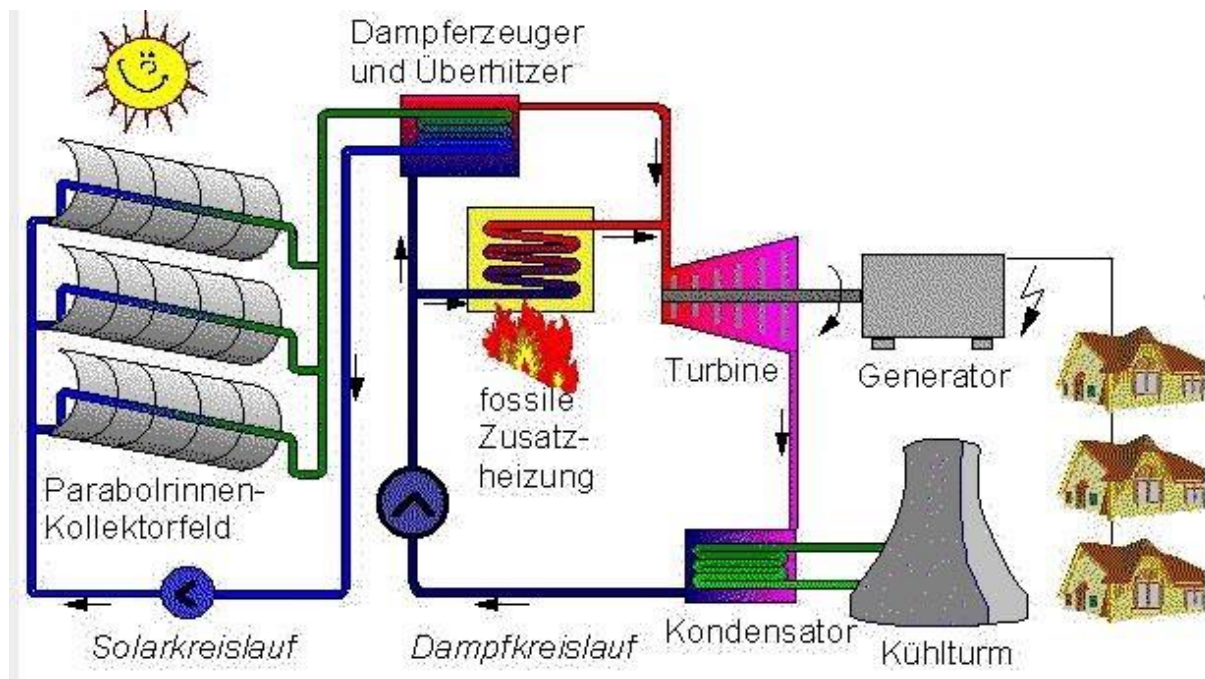
A) Solarturmkraftwerk (Abbildung siehe Buch Seite 166)

Bei einem Solarturmkraftwerk werden die Sonnenstrahlen mit Hilfe von Spiegeln, die einzeln auf den jeweiligen Stand der Sonne ausgerichtet werden an die Spitze eines Turms gelenkt. Dort kann dann Wasserdampf erzeugt werden, der eine Turbine antreibt.



B) Parabolrinnenkraftwerk

Bei einem Parabolrinnenkraftwerk werden eine Reihe von rinnenförmigen Parabolspiegeln auf den jeweiligen Sonnenstand ausgerichtet. Die Sonnenstrahlung wird an den Parabolspiegeln gerade so reflektiert, dass sie sich in einem Rohr sammelt, durch das ein spezielles Öl zirkuliert. Dieses Öl wird auf bis zu 400°C erhitzt und gibt innere Energie in einem Wärmetauscher zur Wasserdampferzeugung ab. Der Wasserdampf betreibt einen Dampfturbinen-Generator, der schließlich elektrische Energie bereitstellt.



Energieumwandlungen: Strahlungsenergie der Sonne \longrightarrow innere Energie des Öls
 \longrightarrow innere Energie und Bewegungsenergie des Wasserdampfes \longrightarrow mechanische Energie der Turbine $\xrightarrow{\text{Generator}}$ elektrische Energie

VI Umweltbelastungen (siehe Buch Seiten 177 bis 181)

Durch die **Gewinnung**, den **Transport** und die **Nutzung** von Energieträgern wird die Umwelt belastet.

Die **Luft** wird vor allem durch die Verbrennungsprodukte (Schwefeldioxid, Stickoxide, Stäube, CO₂) fossiler Energieträger belastet (siehe Umweltbelastung durch Heizkraftwerke)

Beim **Abbau** von Energieträgern (z.B. von Braunkohle) kommt es häufig zu massiven Eingriffen in die natürliche Landschaft.

Beim **Transport** von Erdöl kommt es immer wieder zu Unfällen, die zu schädlichen Verunreinigungen des Bodens und des Wassers führen (z.B. Tankerunglücke).

Bei **Reaktorunfällen** kann der Boden der umliegenden Gebiete für lange Zeit in sehr hohem Maße radioaktiv sein.

VII Maßnahmen zum Umweltschutz

1 Reduktion freigesetzter Schadstoffe

A) Heizkraftwerke

In **Heizkraftwerken** werden die bei der Verbrennung freigesetzten, für die Umwelt schädlichen „Abfallprodukte“ weitgehend herausgefiltert (Entstickung, Entstaubung, Entschwefelung) und gelangen somit kaum mehr in die Atmosphäre (siehe Heizkraftwerke).

B) Kraftfahrzeuge

Auch bei den Kraftfahrzeugen werden durch **Katalysatoren** und **Rußpartikelfilter** Schadstoffe, die bei der Verbrennung des Treibstoffs entstehen, herausgefiltert.

2 Einsparen von Energie

A) Heizung

- Wärmedämmung
- Moderne Heiztechnik
- Fußbodenheizung

B) Warmwasseraufbereitung

- Sonnenkollektoranlage

C) Elektrische Energie

- Kein Dauer-Stand-by
- Energiesparlampen
- Beim Gerätekauf auf Energieverbrauchsklassen achten

D) Autofahren

- Unnötiges Rasen vermeiden
- Beim Autokauf auf Verbrauch achten

E) Kraft-Wärme-Koppelung

F) GuD-Kraftwerke

G) Blockheizkraftwerke

- Kurze Transportwege der elektrischen Energie

3 Forschung

- Supraleitung
- Verbesserung der Wirkungsgrade
- Solar-Wasserstoff-Technik

VIII Energieentwertung (siehe Buch Seiten 183 bis 186)

Viele Prozesse bzw. Zustandsänderungen laufen von selbst nur in eine Richtung ab (irreversible Prozesse). Die bei einem solchen Prozess auftretenden Energieumwandlungen führen zu einer sog. **Energieentwertung**.

Energieentwertung bedeutet, dass ein Teil der Energie bei Energieumwandlungen in **innere Energie der Umgebung** umgewandelt wird; sie wird somit zerstreut (Energiedissipation) und ist dadurch nicht mehr nutzbar.