

Energieeffizienz bei Kraftwerken

mit fossilen Energieträgern



Gliederung

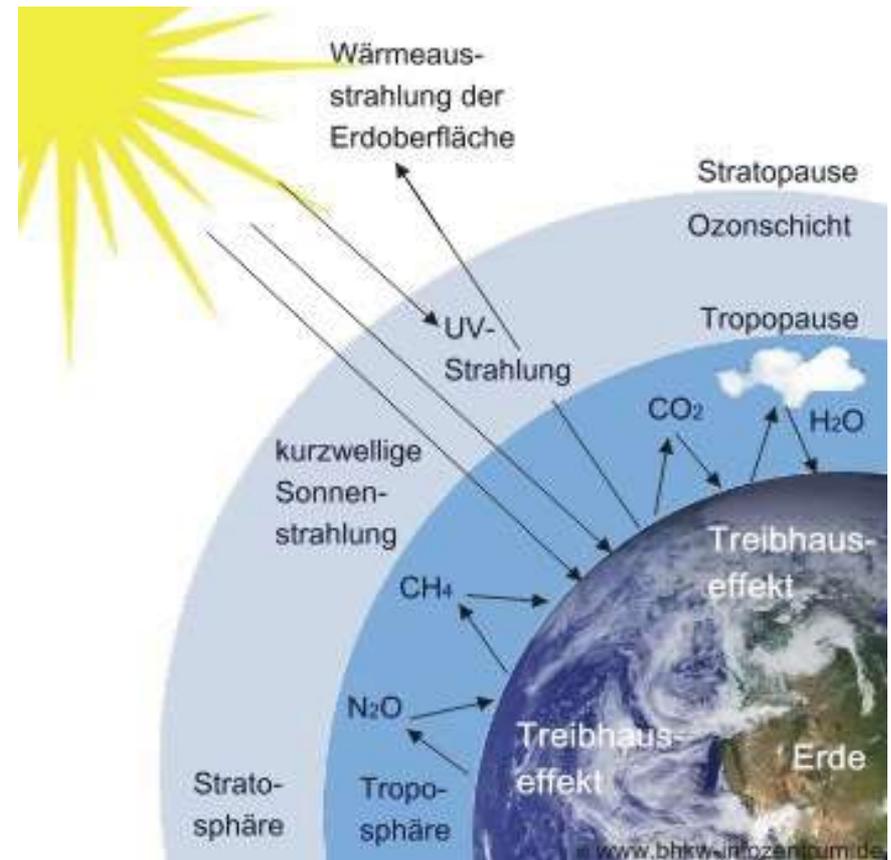
1. Grundprobleme bei Kraftwerken
2. Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung
 - Funktion eines Kraftwerkes
 - Wirkungsgrad
 - Erhöhung des Wirkungsgrades:
 - größere Temperaturdifferenz
 - GuD-Kraftwerke
 - Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) - Fernwärme
 - Zentrale und dezentrale Versorgung

1. Grundprobleme bei Kraftwerken

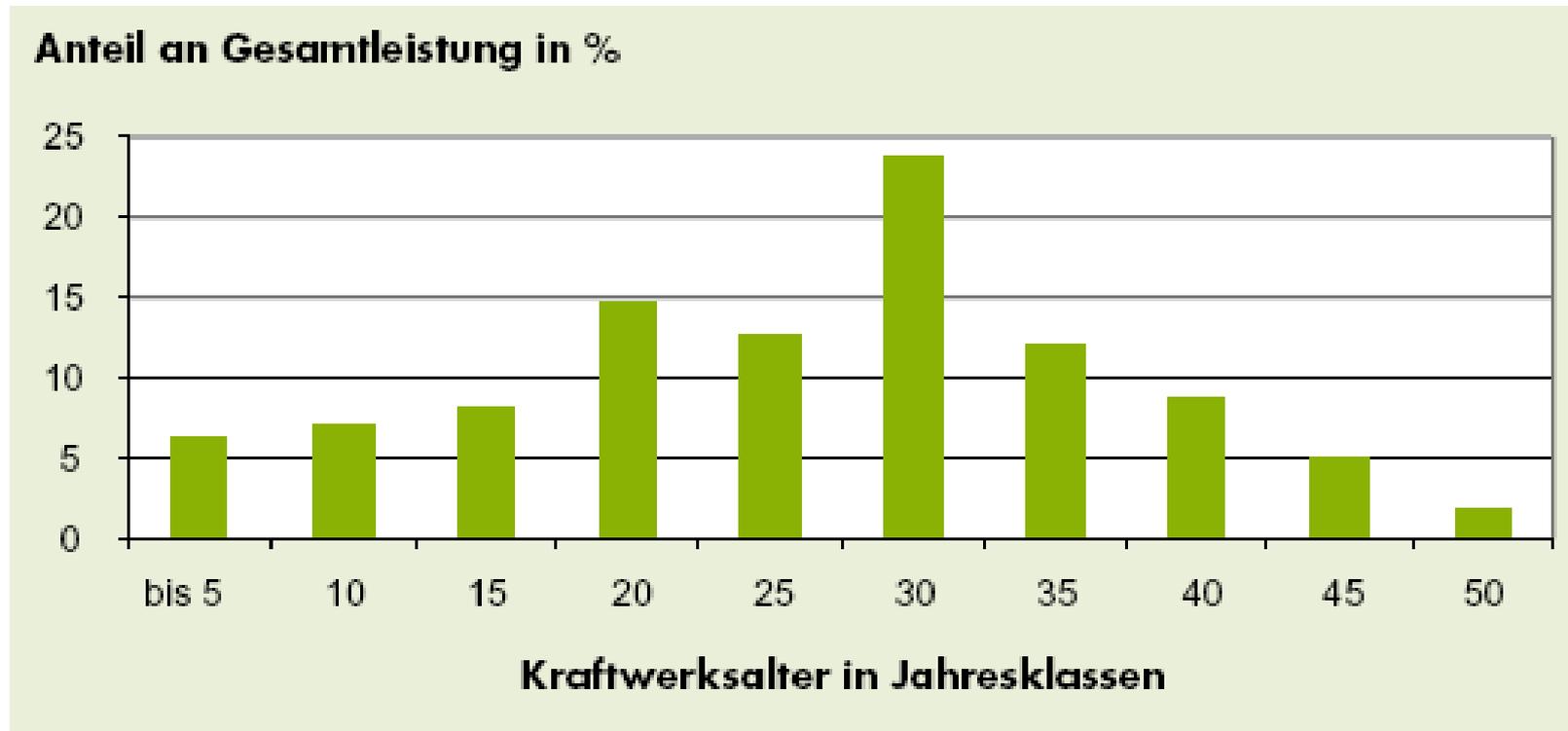
– Warum beschäftigen wir uns mit dem Thema?

- **Hohe CO₂ Emissionen**

- CO₂ Konzentration seit der Industrialisierung um 30% gestiegen
- Trend: Verdopplung der CO₂ Konzentration bis 2100
- Verstärkung des Treibhauseffektes
- Treibhauseffekt wird durch Wetter-Extrema bemerkbar



- **Alte Anlagen:** alte Materialien und alte Technologien



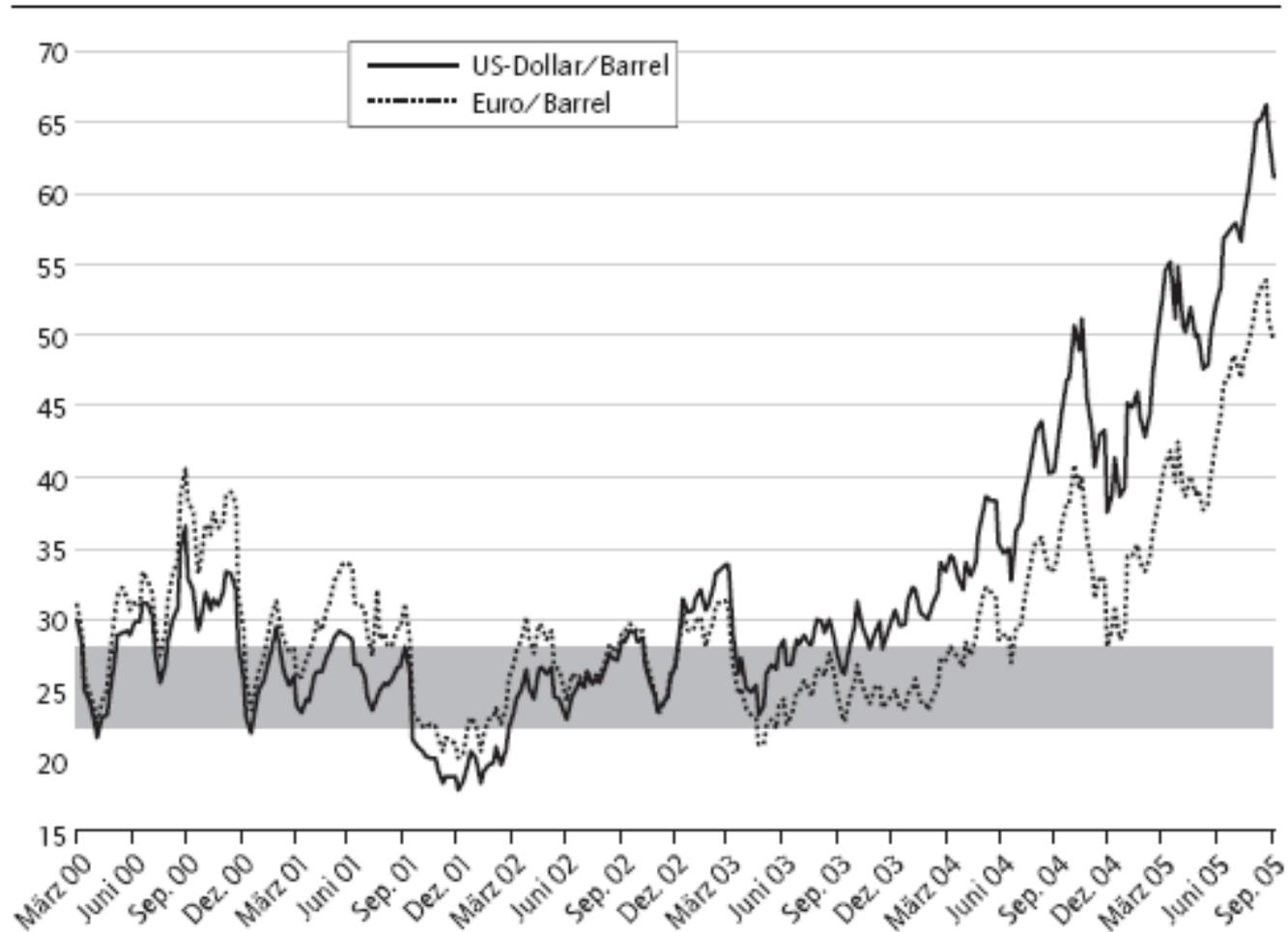
- **Ressourcenknappheit bei fossilen Brennstoffen**

Die natürlichen Rohstoffe der Erde sind begrenzt!
In absehbarer Zeit werden sie aufgebraucht sein.

- a) Erdöl hält noch ca. 40-50 Jahre
(Herstellung von Treibstoffen, chem. Industrie)
- b) Erdgas hält noch ca. 60-70 Jahre
(Heizen und Kochen)
- c) Kohle hält noch ca. 160-180 Jahre
(Stromerzeugung in Kraftwerken)

- **Hohe Energiepreise**

Preisentwicklung bei Brent-Rohöl von März 2000 bis September 2005



- **Zerstörung großer Flächen für Beschaffung der Brennstoffe**



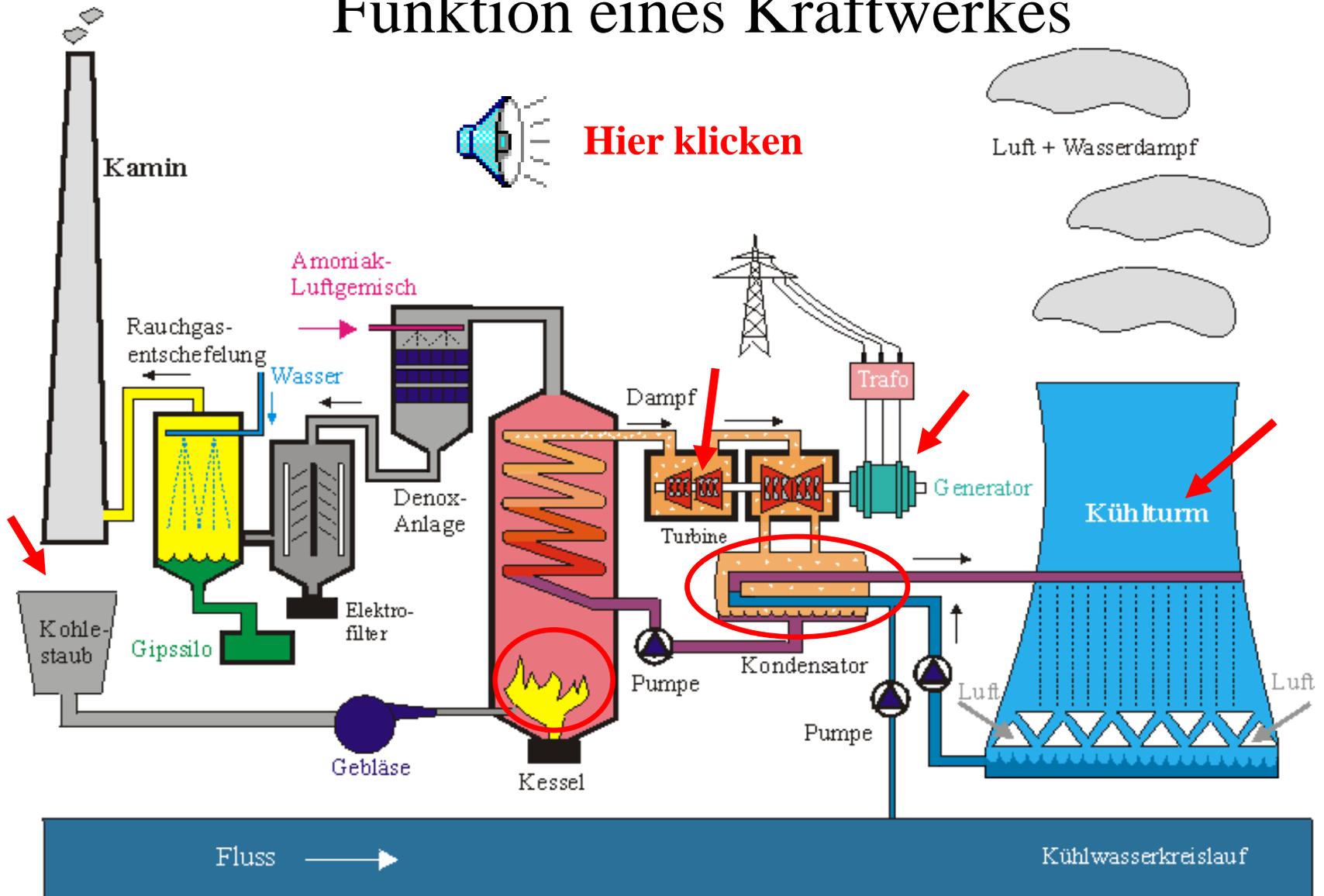
Tagebau Inden in Nordrheinwestfalen

- **Umsiedlung von Menschen**



Braunkohleabbau im rheinischen Garzweiler

2. Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung Funktion eines Kraftwerkes



Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{\text{Endenergie/Nutzenergie}}{\text{Primärenergie/aufgewendete Energie}}$$

Im Kraftwerk:

Umwandlungs-,
Übertragungsverluste

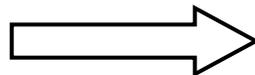


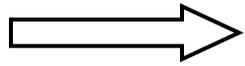
Primärenergie/aufgewendete Energie:

Brennstoff (Kohle, etc.)

Endenergie/Nutzenergie:

Strom

 $\eta = 30 - 35\%$



Erhöhung des Wirkungsgrades zur Effizienzsteigerung

- größere Temperaturdifferenz
- GuD-Kraftwerke
- Kraft-Wärme-Kopplung - Fernwärme
- Dezentrale Versorgung

Größere Temperaturdifferenz im Kraftwerk

- zwischen dem heißesten und kältesten Punkt

Bei heutigen Kraftwerken:

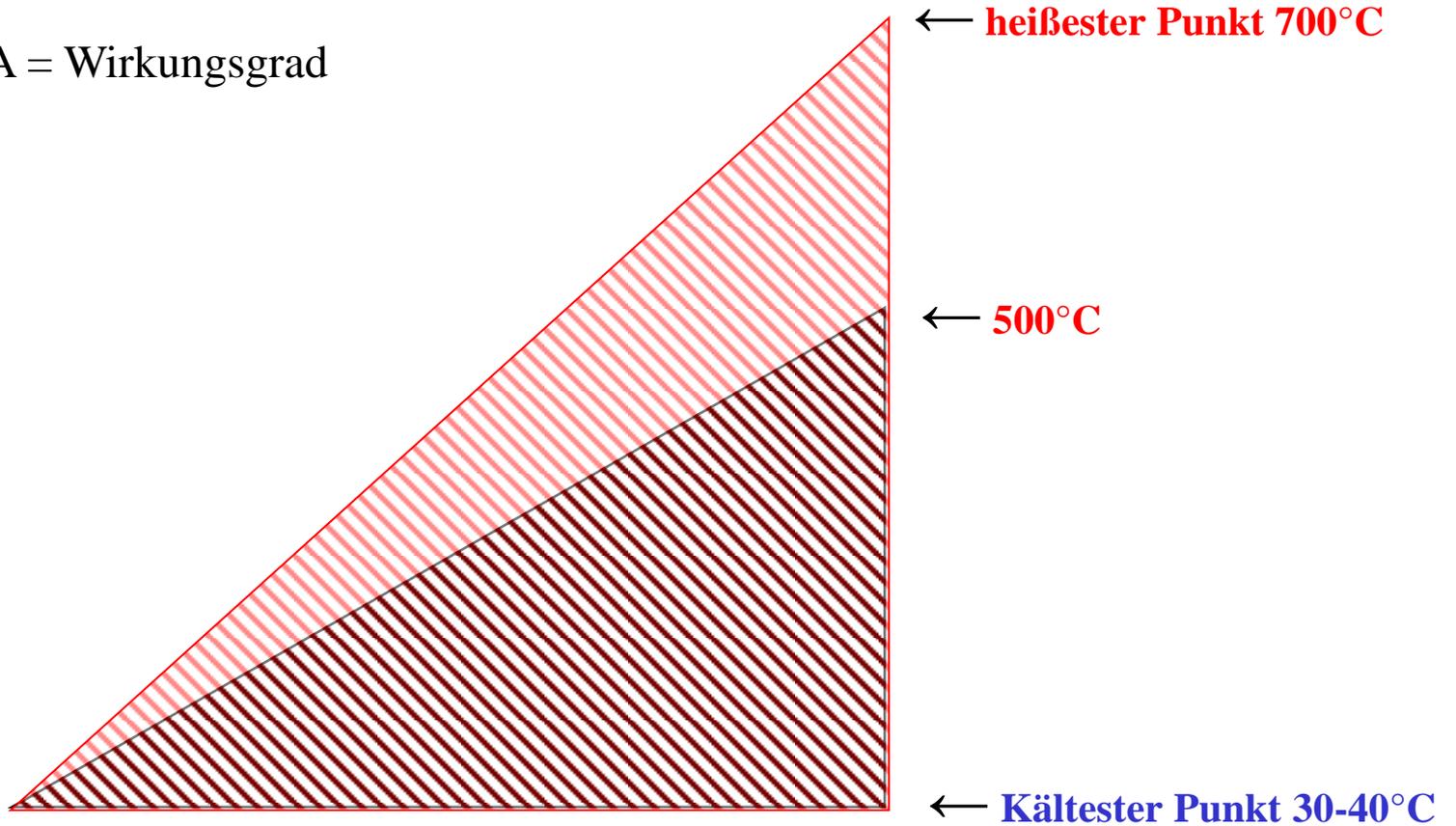
- **Heißester Punkt:** Temperatur des erhitzten Wassers (ca. 500°C)
 - **Kältester Punkt:** Temperatur des abgekühlten Wassers (30-40°C)
- $\Delta T \approx 470^\circ\text{C}$
- relativ niedriger Wirkungsgrad $\eta = 30 - 35\%$

größere Temperaturdifferenz → größerer Wirkungsgrad

⇒ $\eta = 50 - 55\%$

Zur Veranschaulichung

A = Wirkungsgrad



Zur Veranschaulichung

Theoretisch maximal möglicher Wirkungsgrad nach Carnot für ideales Kraftwerk:

$$\eta = \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) * 100\%$$

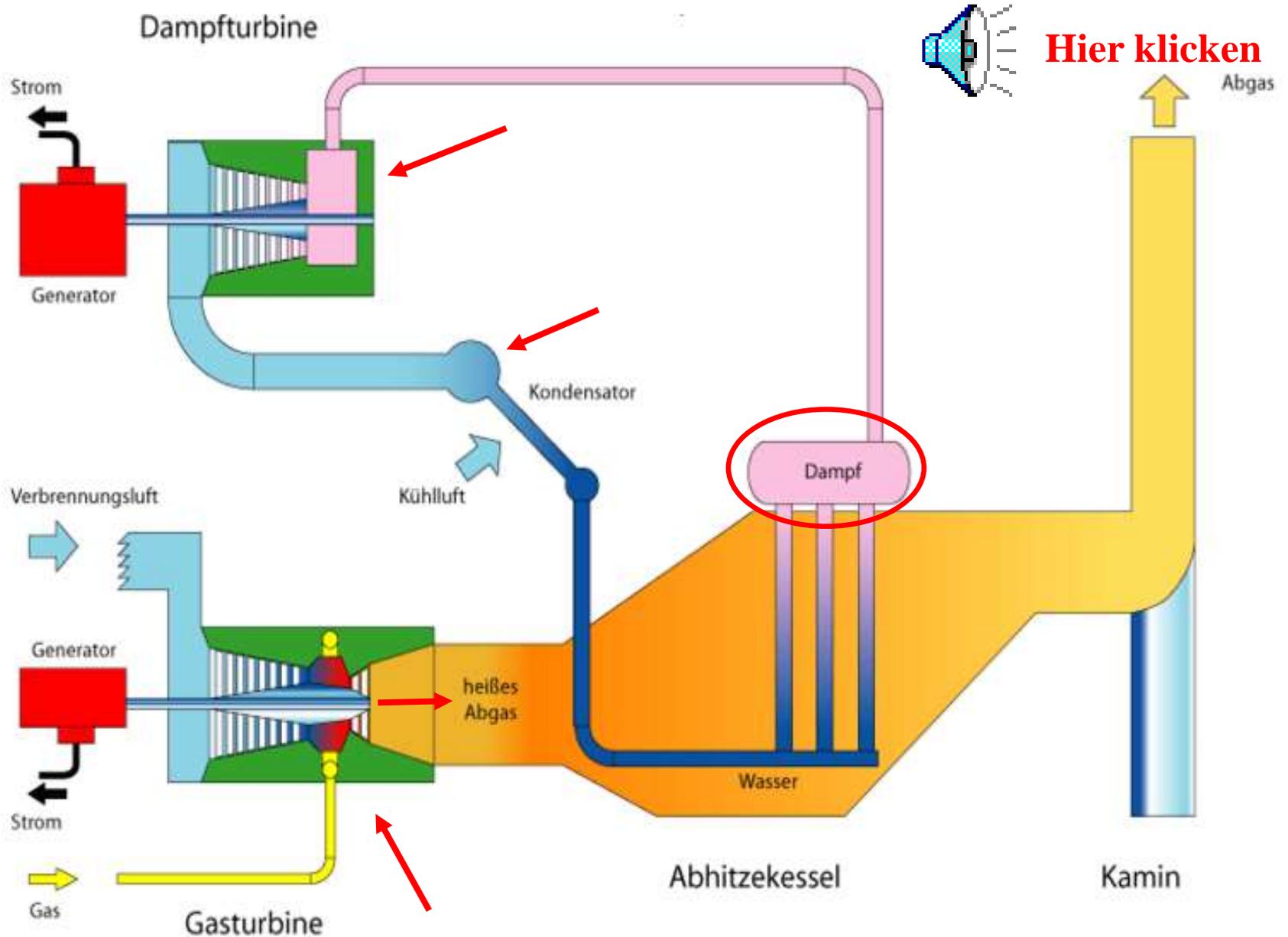
Beispiel:

$$\eta_{\text{heute}} = \left(1 - \frac{303\text{K}}{773\text{K}}\right) * 100\% = 60\%$$

$$\eta_{\text{Zukunft}} = 68\% \quad T_2 = 700^\circ\text{C} = 973\text{K}$$

Umrechnung Grad – Kelvin: $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$

GuD-Kraftwerke - Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke



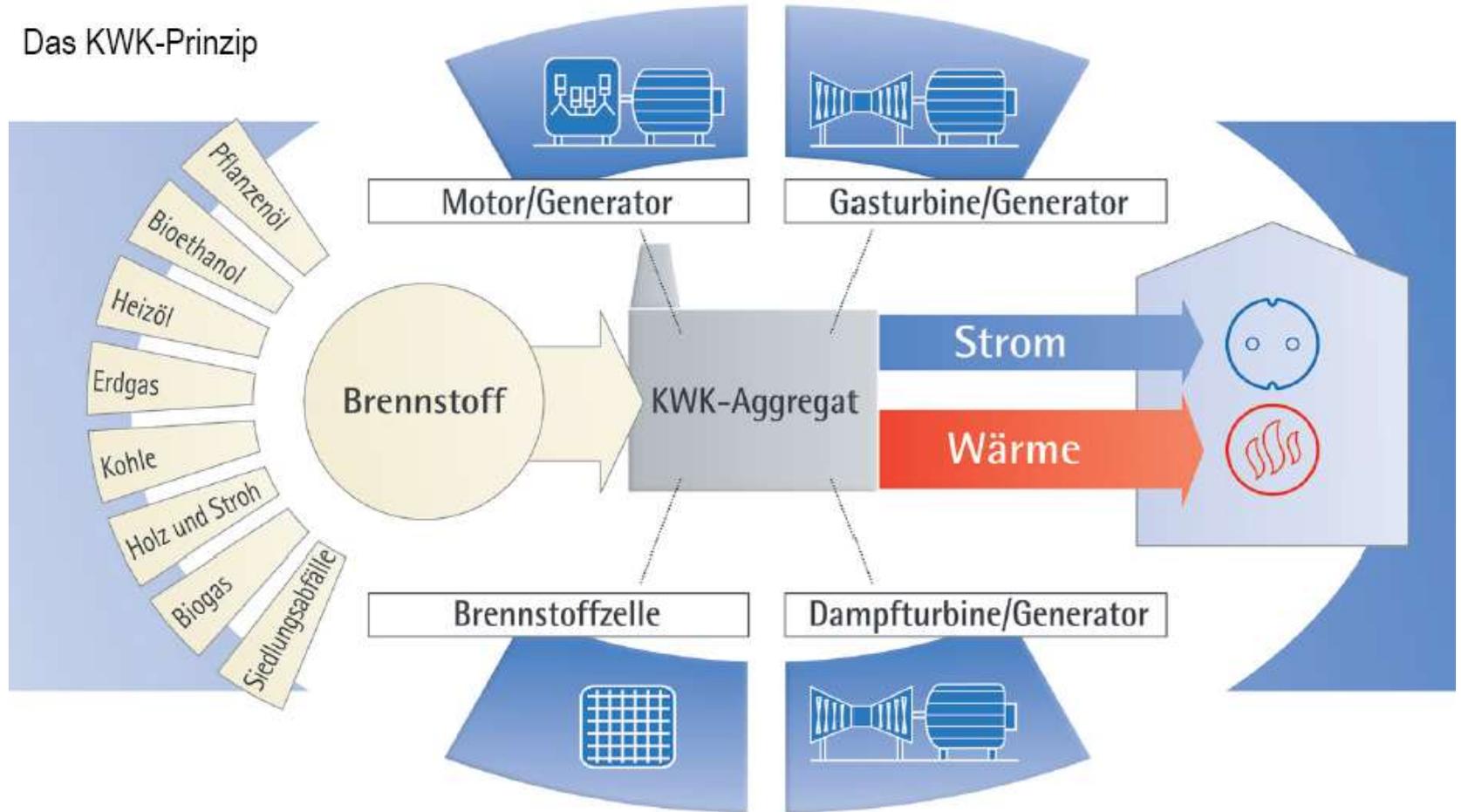
Vergleich der Temperaturdifferenz

Heutige fossile Kraftwerke	GuD-Kraftwerke
<p data-bbox="202 578 672 621">Heißester Punkt: ca. 500°C</p> <p data-bbox="202 635 639 678">Kältester Punkt: 30-40°C</p> <p data-bbox="202 821 463 863">→ $\Delta T \approx 470^\circ\text{C}$</p> <p data-bbox="202 878 483 921">→ $\eta = 30 - 35\%$</p> <p data-bbox="202 978 672 1021">In der Zukunft: 50 – 55%</p>	<p data-bbox="967 578 1642 664">Heißester Punkt: Verbrennung von Gas 800-1200°C</p> <p data-bbox="967 692 1593 792">Kältester Punkt: abgekühltes Wasser 30-40°C</p> <p data-bbox="967 806 1226 849">→ $\Delta T \approx 970^\circ\text{C}$</p> <p data-bbox="967 863 1226 906">→ $\eta = 50-60\%$</p>

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

- **Probleme bei typischen Kraftwerken:**
von eingesetzter Primärenergie: ca. 38 % in Strom
ca. 62 % in Wärme
Wärme wird ungenutzt an Umgebung abgegeben durch fehlende Abnehmer
- **Kraft-Wärme-Kopplung:** gleichzeitige Nutzung von Strom und Wärme
- **Fernwärmenetz** zur Nutzung der Abwärme → Transport von thermischer Energie (Wärme) in Rohrsystem vom Erzeuger zum Verbraucher
Vermeidung von Stromverlust bei Transport: kleinere und dezentrale Kraftwerke

Das KWK-Prinzip



Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Strom und Wärme werden beide genutzt
- Verringerung des Brennstoffverbrauchs und der CO₂-Emission
- Transportverluste werden vermieden

Nachteile:

- Probleme mit Zugang zum Elektrizitätsmarkt
- Höhere Installationskosten/Kilowatt bei Großkraftwerk

Zentrale und dezentrale Energieversorgung I

Zentrale Versorgung

- große Kraftwerke
- Lange Stromtransportwege
- Versorgung vieler Haushalte mit Strom

Bsp. großer Windpark, Kernkraftwerke, fossile Großkraftwerke

Dezentrale Versorgung

- Mehrere kleine Kraftwerke
- Oft in Verbindung mit KWK und Fernwärme
- Kürzere Transportwege
- Versorgung weniger Haushalte mit Strom
- Energie wird in der Region verbraucht, in der sie gewonnen wird

Bsp. Photovoltaik-Dachanlagen, Biomasse- und Biogaskraftwerke, Blockheizkraftwerke

Zentrale und dezentrale Energieversorgung II

Dezentrale Versorgung

1. Motive: Schaffung von Sicherheit; Unabhängigkeit
2. Vorteile: verringert die Netzverluste beim Transport von Strom, großflächige Stromausfälle sind unwahrscheinlicher, fördert die Nutzung von regenerativen Energien und der hocheffizienten KWK
3. Nachteile: eher niedrigere Wirkungsgrade, hohe Investitionssummen