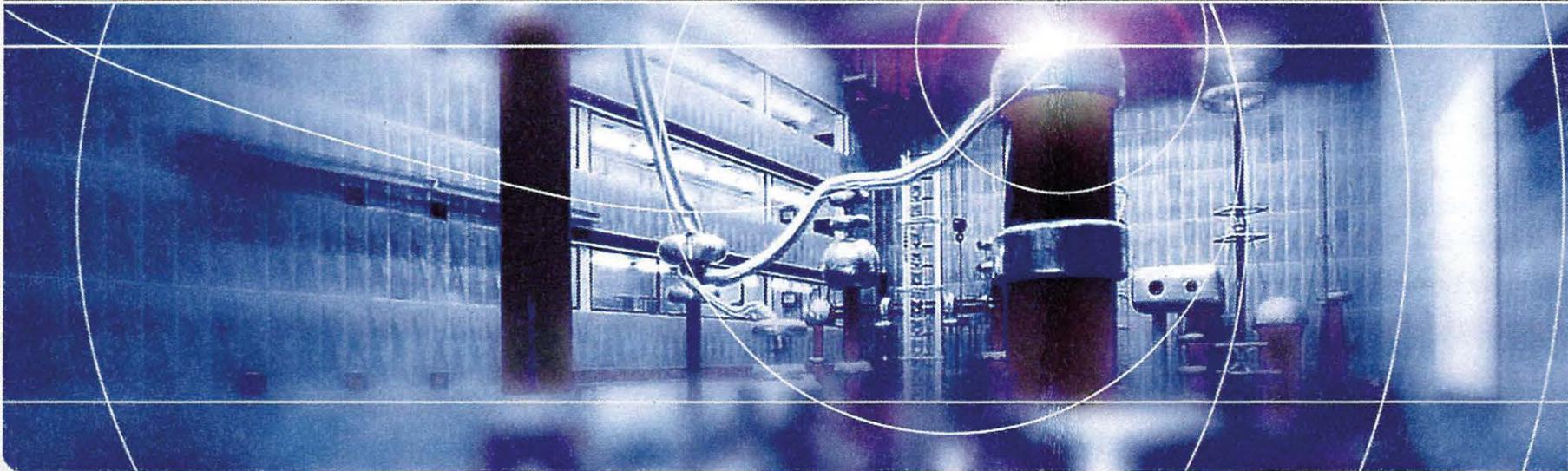


Erzeugung elektrischer Energie

Dr.-Ing. Bernd Hoferer

INSTITUT FÜR ELEKTROENERGIESYSTEME UND HOCHSPANNUNGSTECHNIK (IEH)



Gasturbinenkraftwerke

- Eigenschaften:

Kurze Anfahrzeiten von ca. 2...10 min wegen der geringen Druckverhältnisse

geringe Anlagenkosten aber hohe Brennstoffkosten

daher in Europa Einsatz als Spitzenlastkraftwerke

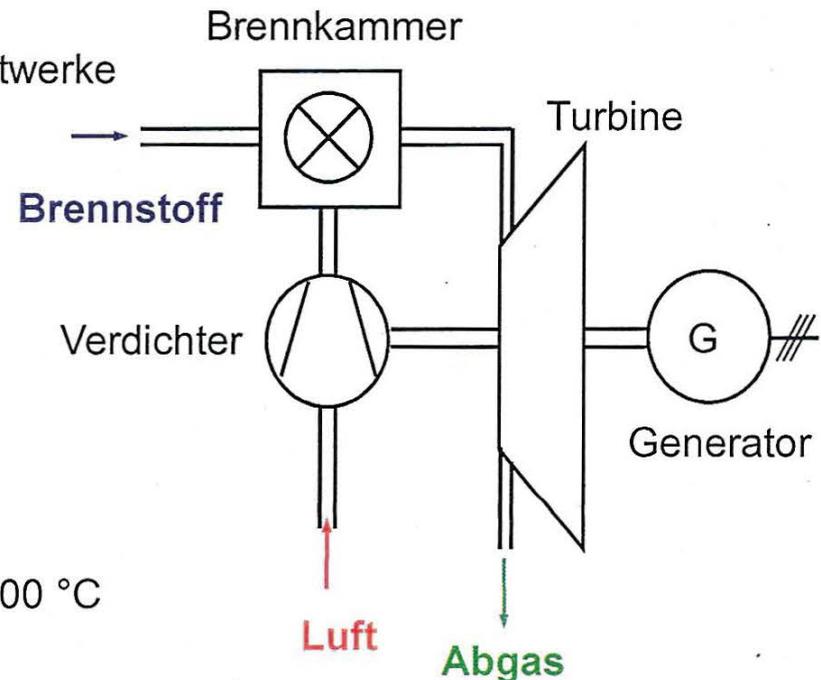
- Funktionsweise:

Brennstoff (Öl, Erdgas, Gichtgas) wird unter Luftzufuhr verbrannt

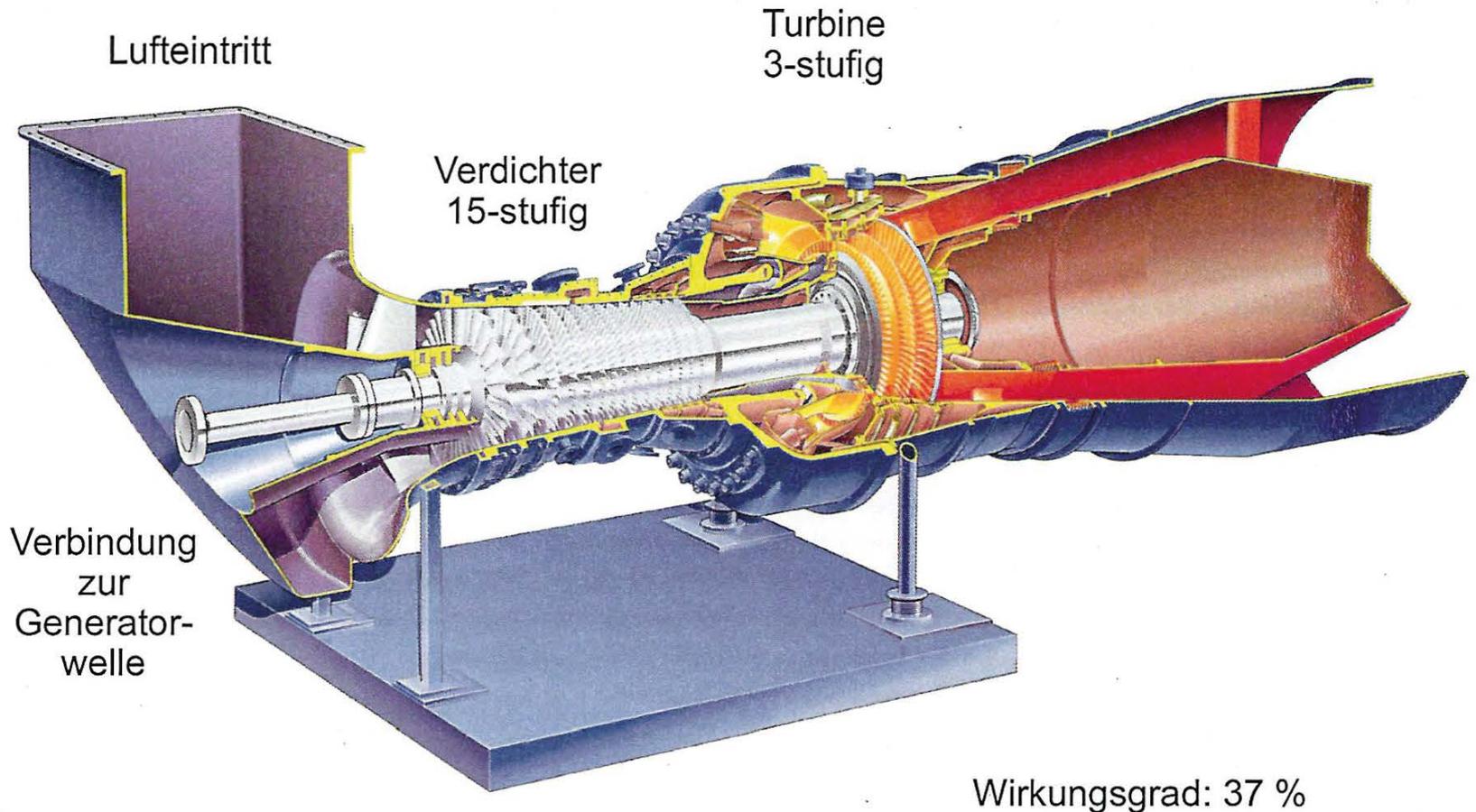
Problem: Verdichter benötigt viel Energie, da die Luft den Aggregatzustand nicht verändert.

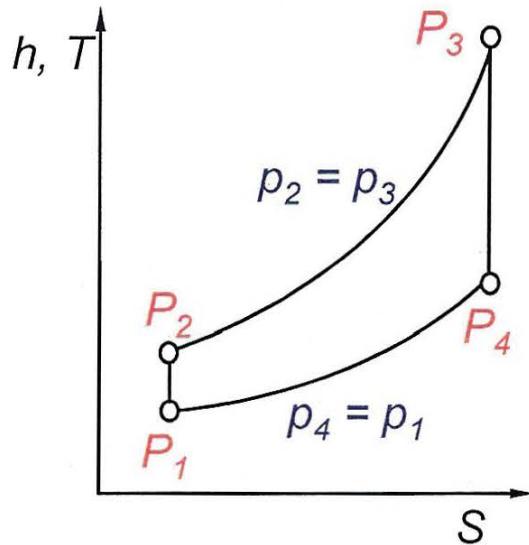
Temperaturen am Turbineneintritt: 1200...1500 °C

Wirkungsgrad ca. 40 % (Vollastbetrieb)



Gasturbine GTX 100 (Alstom), 43 MW





1 → 2: isentrope Verdichtung der Luft im Turbo-Verdichter

Zufuhr mechanischer Arbeit:

$$W_{12} = h_2 - h_1 > 0$$

2 → 3: Zufuhr von Brennstoff, Verbrennung des Gemischs in einer gleichmäßig durchströmten Brennkammer

Isobare Wärmezufuhr:

$$Q_{zu} = Q_{23} = h_3 - h_2 = v \cdot C_{mp} \cdot (T_3 - T_2) > 0$$

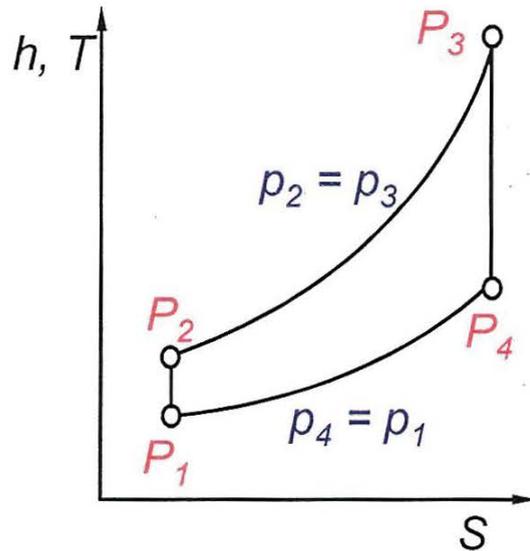
3 → 4: Isentrope Expansion der heißen Abgase in der Turbine, Abgase strömen in die Atmosphäre, d. h. Gegendruck der Turbine ist der Atmosphärendruck p_4

Abgabe mechanischer Arbeit: $W_{34} = h_4 - h_3 < 0$

4 → 1: isobare Abkühlung der Abgase in der Atmosphäre

$$Q_{ab} = q_{41} = h_1 - h_4 = v \cdot C_{mp} \cdot (T_1 - T_4) < 0$$

Gasturbinen: Wirkungsgrad (I)



$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{|W_{12} + W_{34}|}{Q_{23}} = \frac{|h_2 - h_1 + h_4 - h_3|}{h_3 - h_2} = \frac{h_3 - h_2 + h_1 - h_4}{h_3 - h_2} \\
 &= 1 + \frac{h_1 - h_4}{h_3 - h_2} = 1 - \frac{v \cdot c_{mp} \cdot (T_4 - T_1)}{v \cdot c_{mp} \cdot (T_3 - T_2)} \\
 &= 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}
 \end{aligned}$$

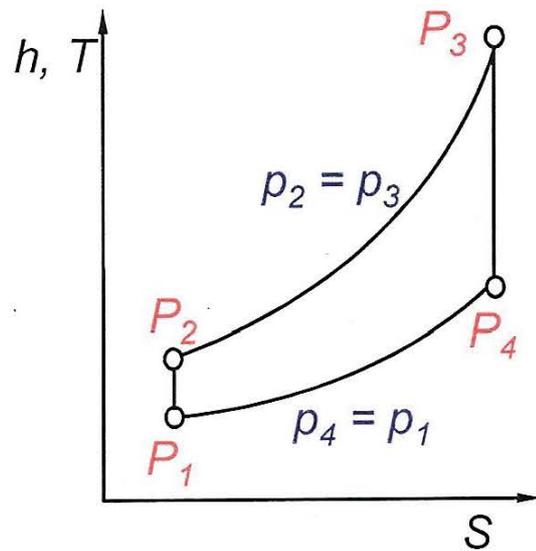
Aus dem allgemeinen Gasgesetz und dem Adiabatengesetz

$$p_i \cdot V_i^\kappa = p_k \cdot V_k^\kappa \quad \text{und} \quad \frac{p_i \cdot V_i}{T_i} = \frac{p_k \cdot V_k}{T_k}$$

folgt $\left(\frac{p_k}{p_i}\right)^\kappa = \frac{T_i}{T_k}$ und wegen $p_1 = p_4$ und $p_2 = p_3$

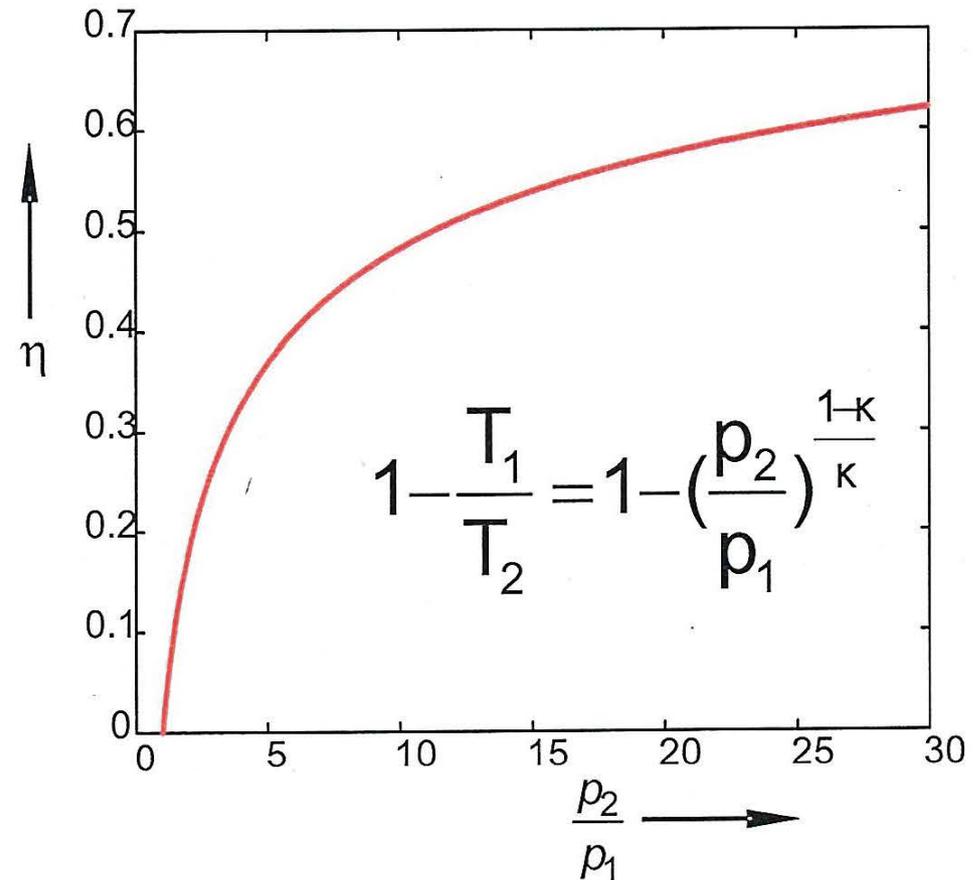
$$\eta = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}}$$

Gasturbinen: Wirkungsgrad (II)



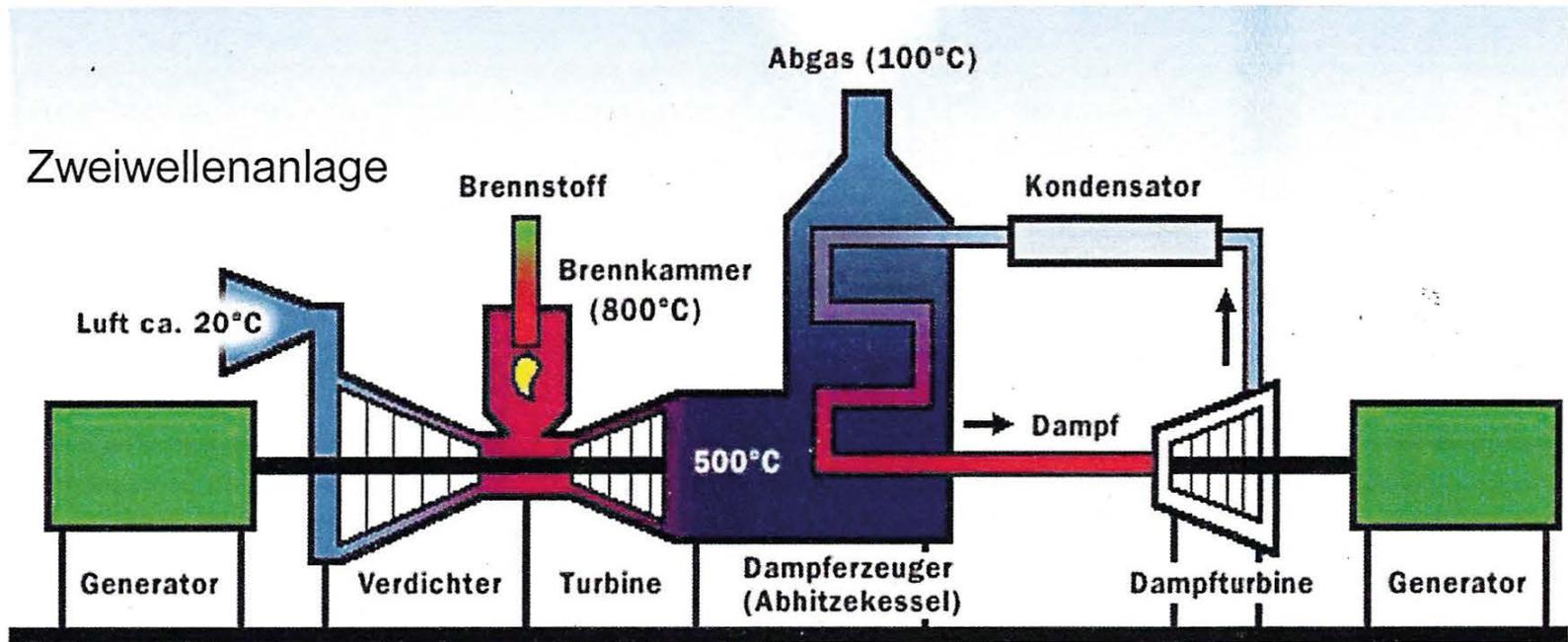
$\kappa = 1,4$ für Luft

$\kappa = 1,67$ für Edelgase



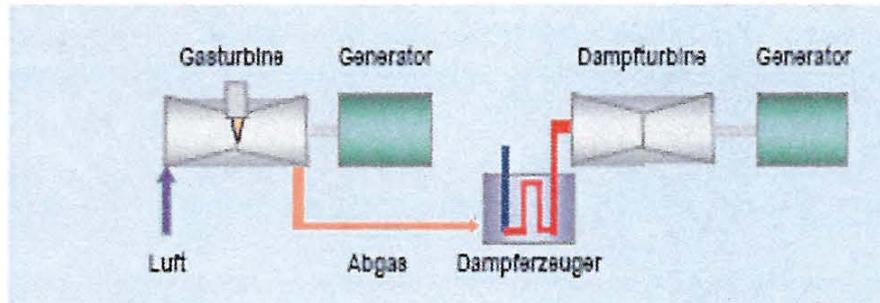
Gasturbinen- und GuD-Kraftwerke

GuD-Kraftwerke = Kombination von Gasturbinen- und Dampfturbinenkraftwerk

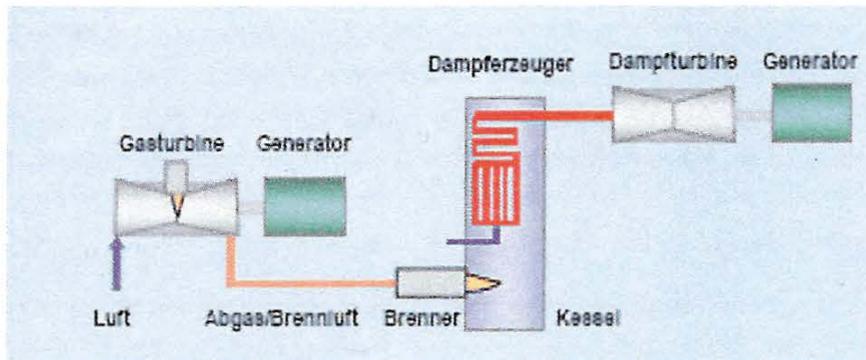


Gasturbinen- und GuD-Kraftwerke

GuD - Kraftwerk



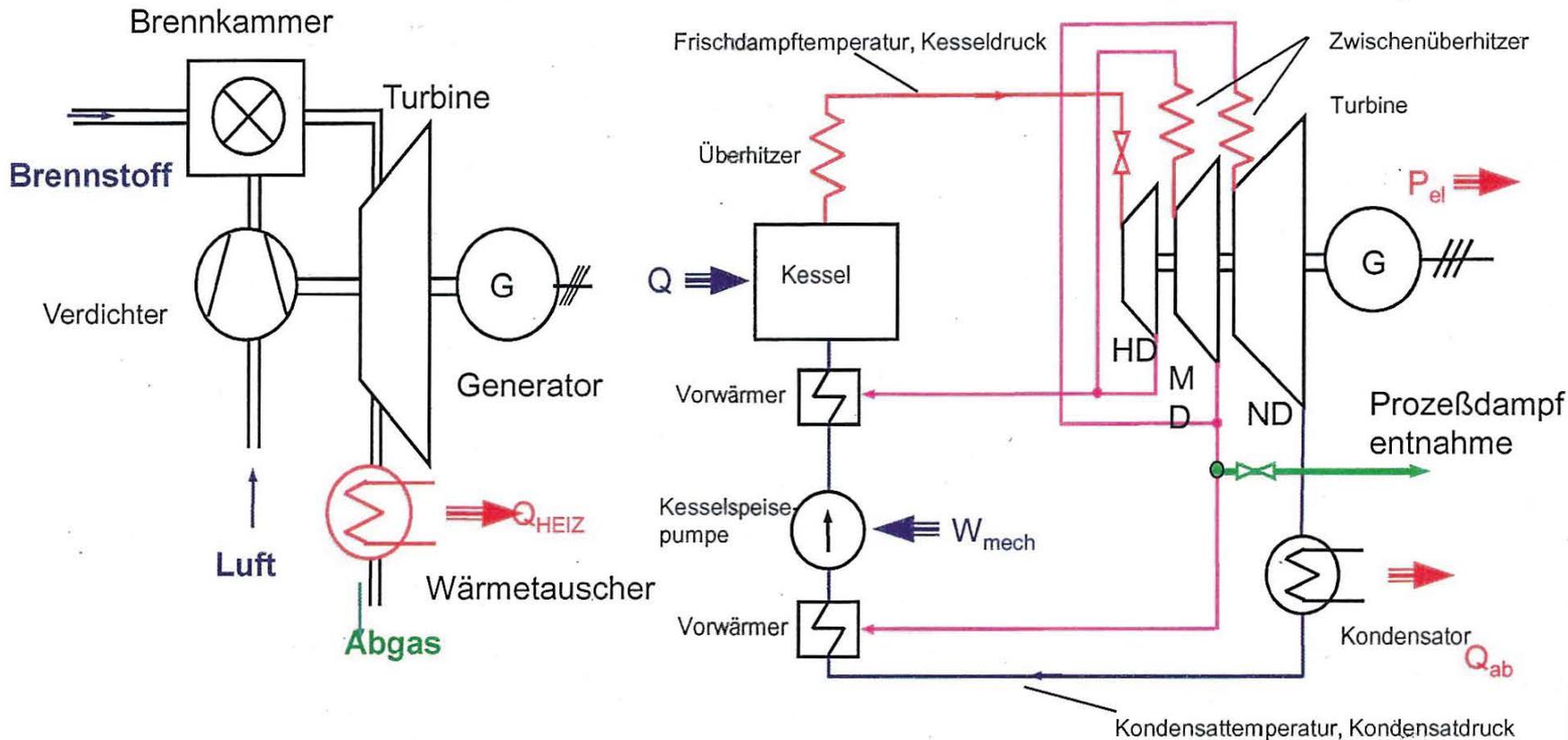
Kombikraftwerk



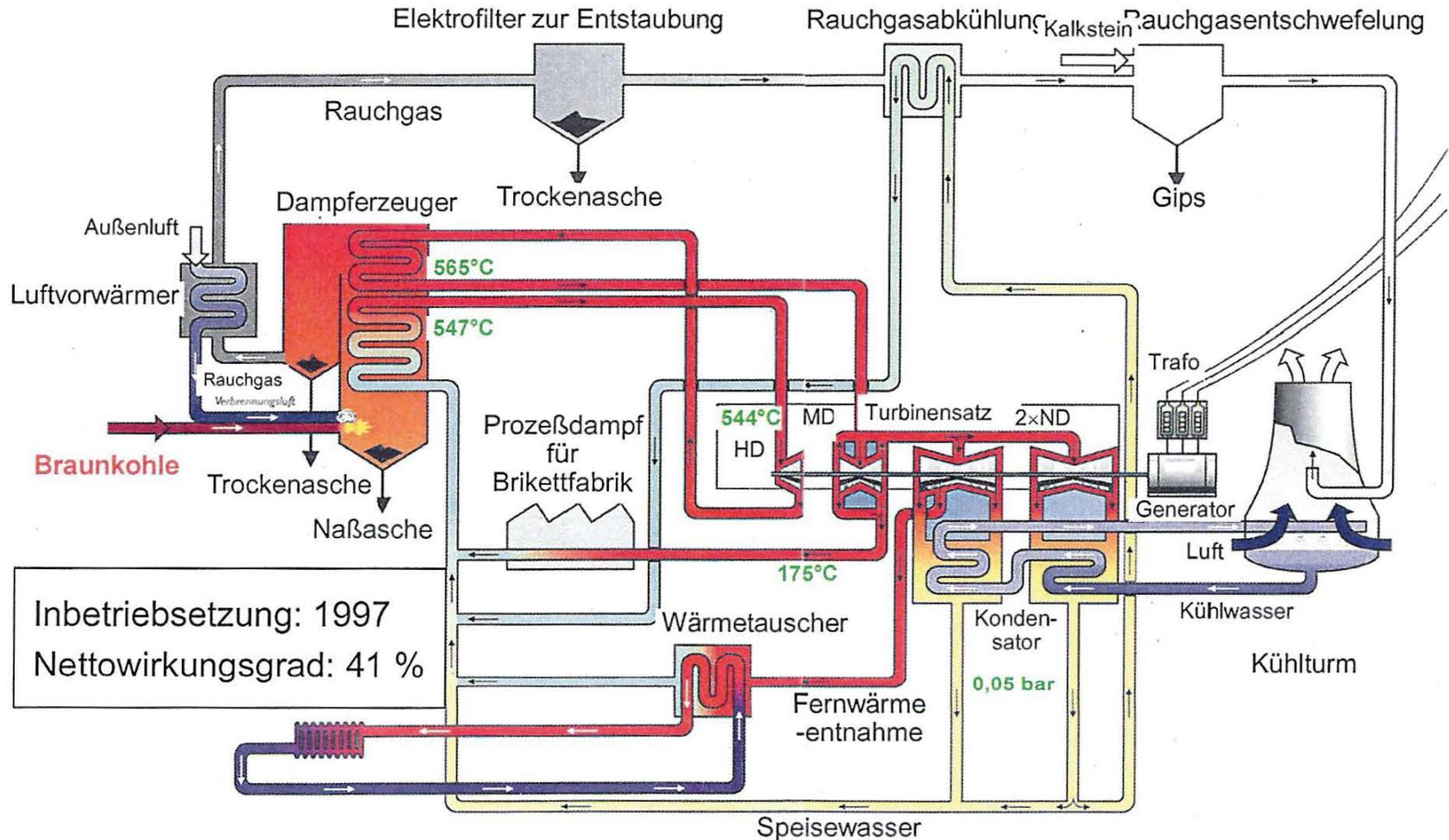
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Aus dem zugeführten Primärenergieträger werden zeitgleich mehrere Zielenergien (elektrische Energie, mechanische Energie, Wärmeenergie) erzeugt

- Wärmenutzung des Abgases einer Gasturbine
- Auskopplung von Prozeßdampf (Entnahme-Kondensationskraftwerk)



Braunkohlekraftwerk Schwarze Pumpe



Inbetriebsetzung: 1997
 Nettowirkungsgrad: 41 %

Braunkohlekraftwerk Schwarze Pumpe



Quelle: Vattenfall AG