



Mikro-Gasturbinen Aufbau und Anwendung

Prof. Dr. Ing. K. Dielmann

Fachhochschule Aachen

Vortragsinhalt

- Funktion und Aufbau
- Hersteller, Bauformen
- Rekuperatorparameter
- Besonderheit der Konstruktion
- Regelung; Regelbarkeit
- Vergleich mit anderen Systemen
- Wirkungs- und Nutzungsgrade
- Schadstoffemissionen
- Nutzung in Kraft-Wärme-Kopplung
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Herkunft der μ Tn

- Die Grundlagen für die Entwicklung der μ Tn kommen aus der Kraftfahrzeug- bzw. der Luftfahrtindustrie



Die Form des Verdichters und der Turbine ähneln denen von Abgasturboladern.

Herkunft der μ Tn

- Die Grundlagen für die Entwicklung der μ Tn kommen aus der Kraftfahrzeug- bzw. der Luftfahrtindustrie



Die Stromerzeugung über einen schnelllaufenden Permanentmagnet-Generator ist dem bei Flugzeughilfsantrieben ähnlich.

Herkunft der μ Tn

- Die Grundlagen für die Entwicklung der μ Tn kommen aus der Kraftfahrzeug- bzw. der Luftfahrtindustrie



Bei der μ T befindet sich diese zusammen auf einer Welle.

Funktionsprinzip (Beispiel Capstone-Turbine)

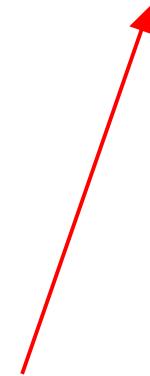
Die Abgase verlassen die Turbine in
Richtung Kamin oder zum Wärmenutzer



Vor dem Austritt aus der Turbine geben die Abgase
ihre Wärme wiederum an die Verbrennungsluft ab.



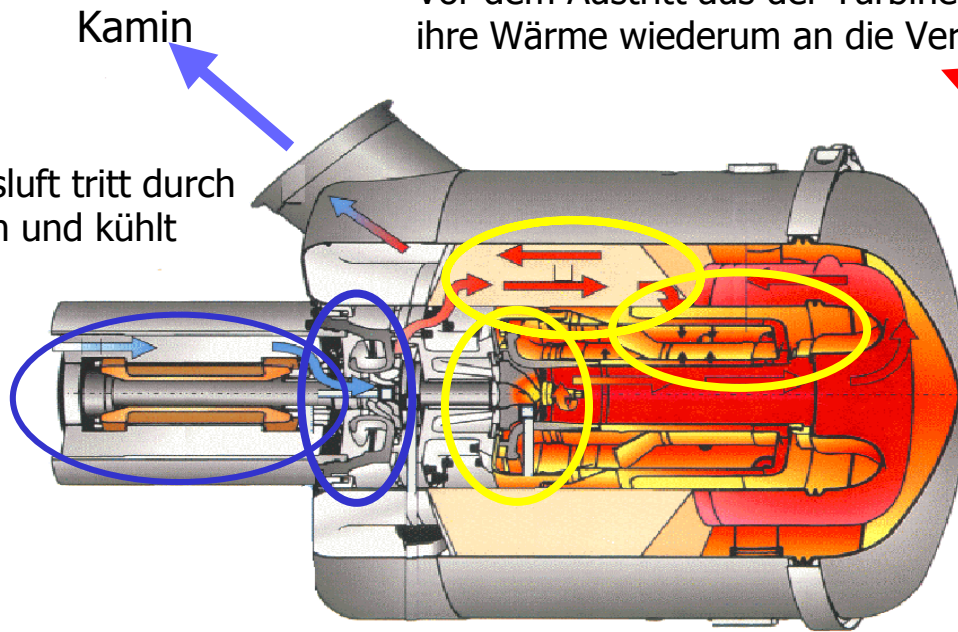
In der Brennkammer wird der
Brennstoff hinzugegeben und
entzündet.



Die heißen Gase werden in der
Turbine entspannt.



und im Rekuperator mit den heißen
Abgasen vorgewärmt.



Kamin

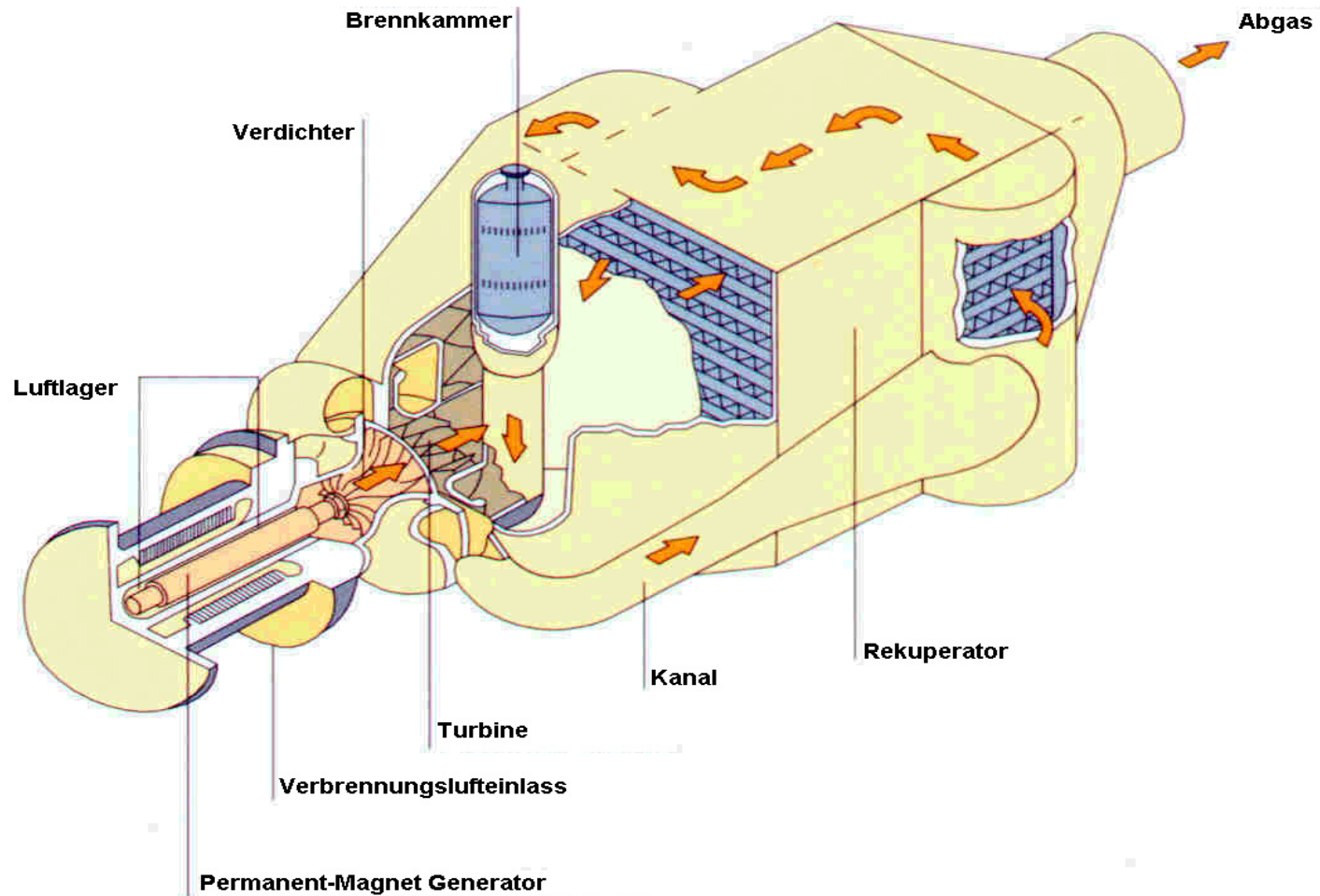
Die Verbrennungsluft tritt durch
den Generator ein und kühlt
diesen dabei.



Im Radialverdichter wird die Luft auf etwa
4 bar verdichtet

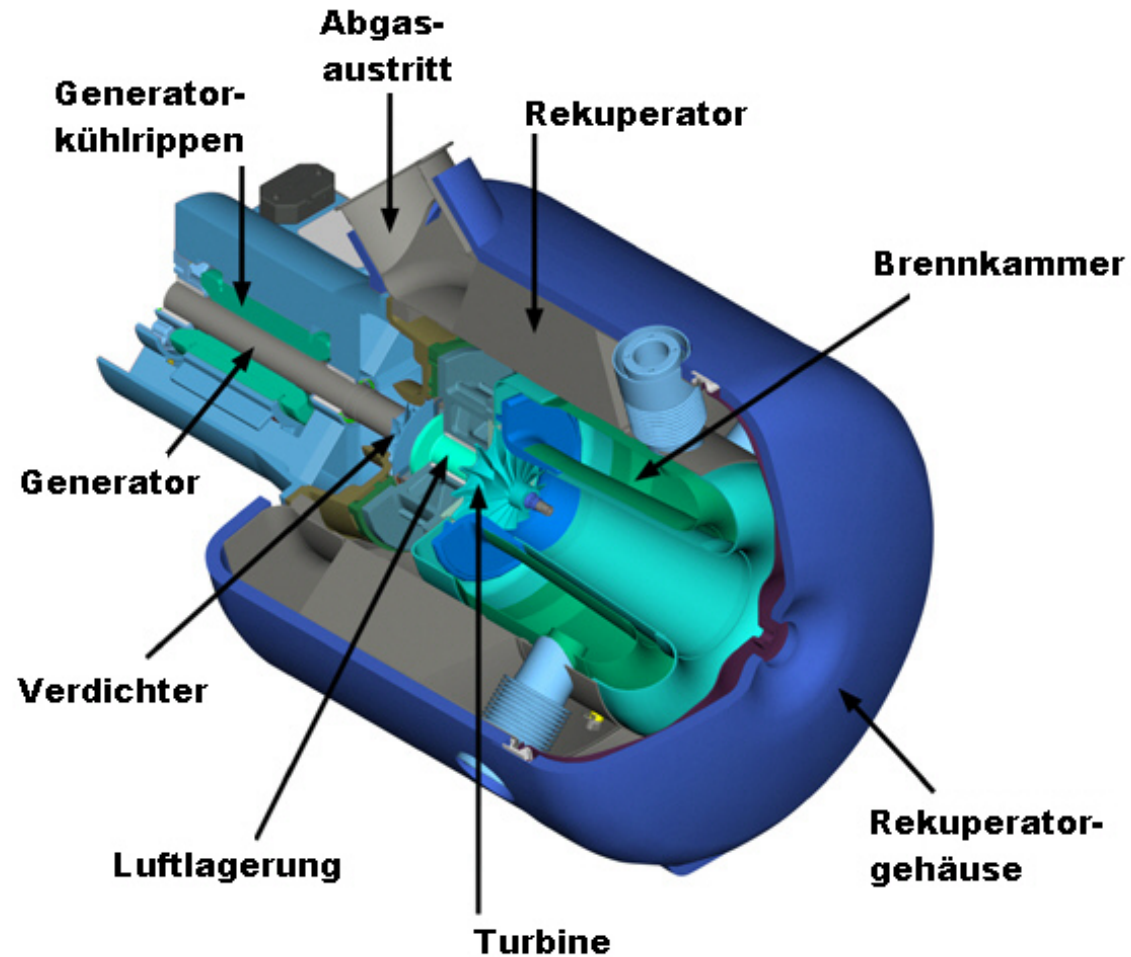


Mikroturbinen-Hersteller



Honeywell Power Systems (75 kW_{el})

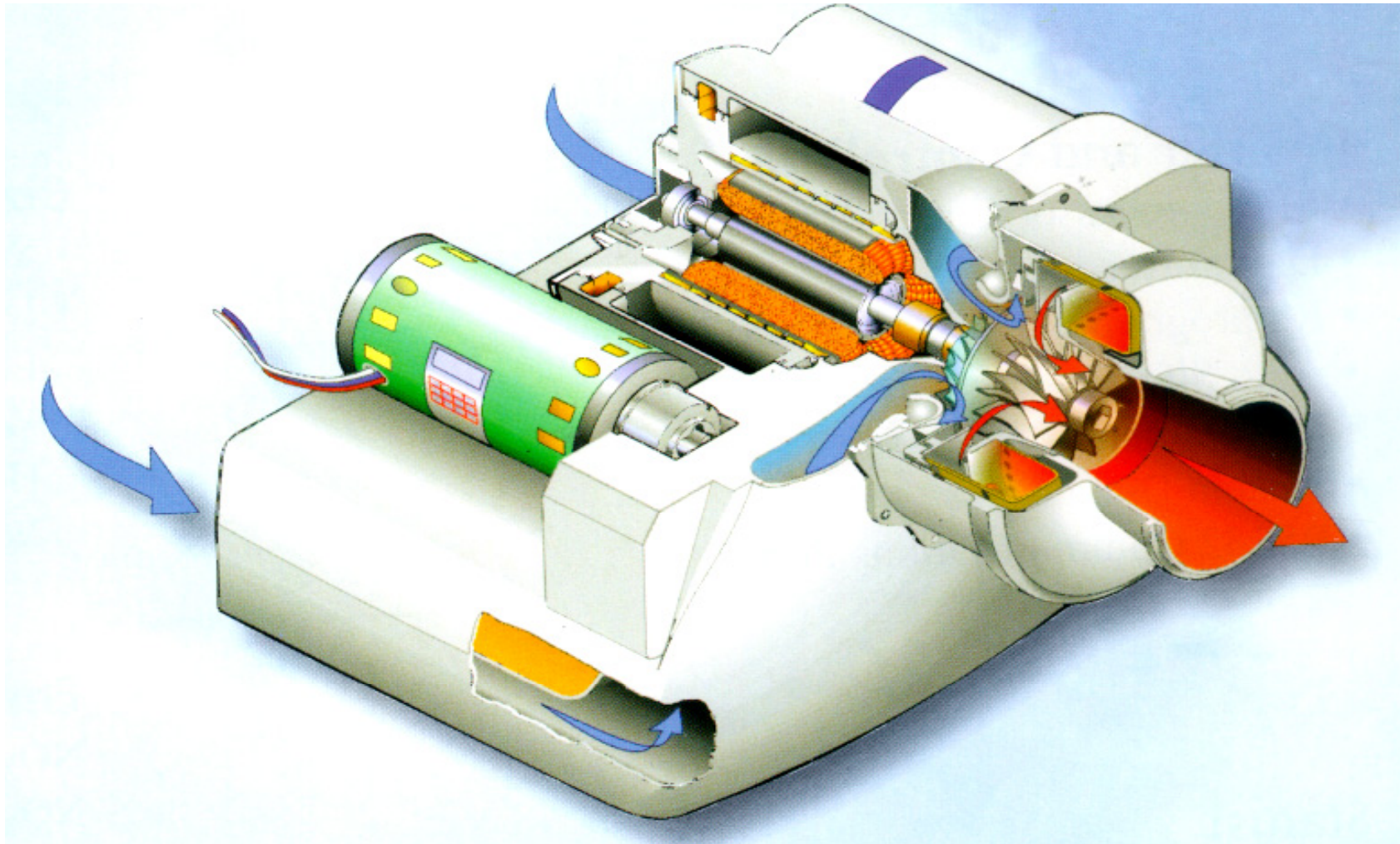
Mikroturbinen-Hersteller



Capstone

(30 kW_{el}, 60 kW_{el})

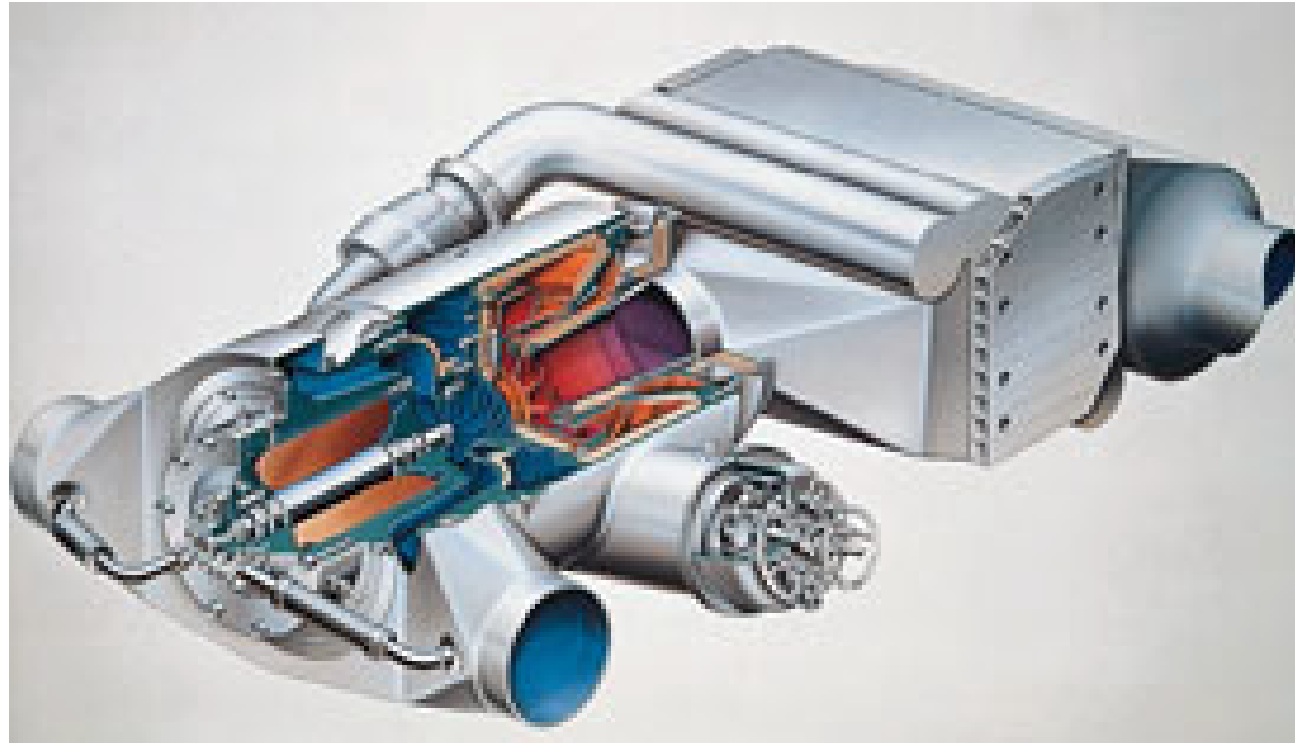
Mikroturbinen-Hersteller



Elliott

(45 kW_{el}, 80 kW_{el})

Mikroturbinen-Hersteller



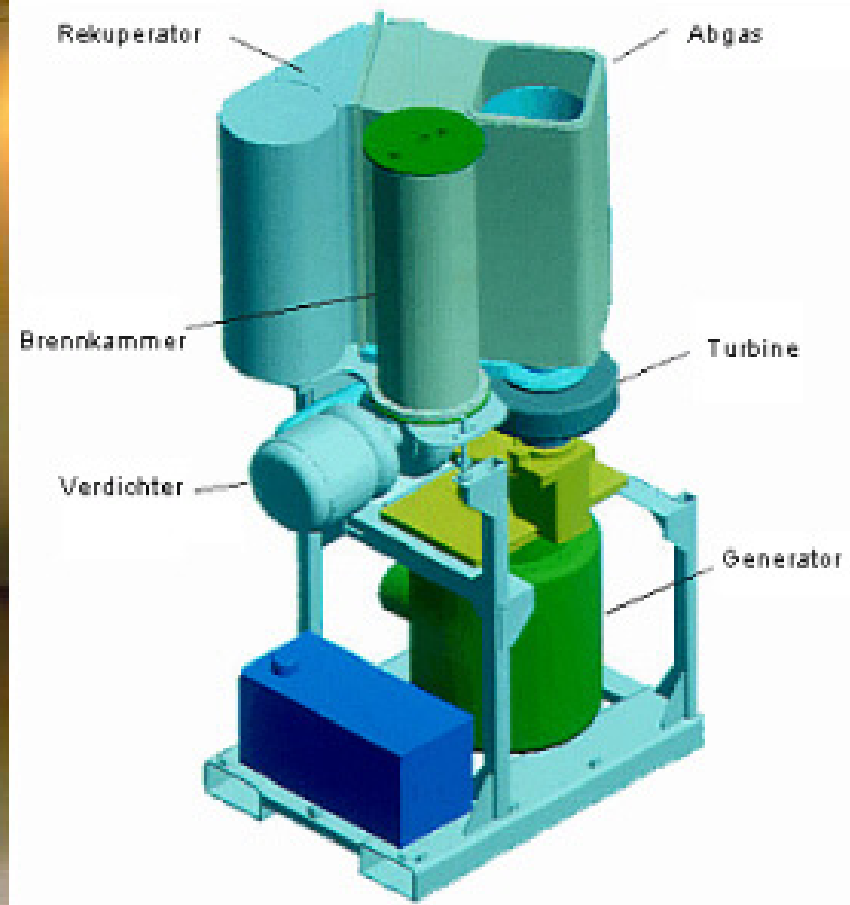
ABB/ Volvo (Turbec)

(ca. 100 kW_{el})

Mikroturbinen-Hersteller

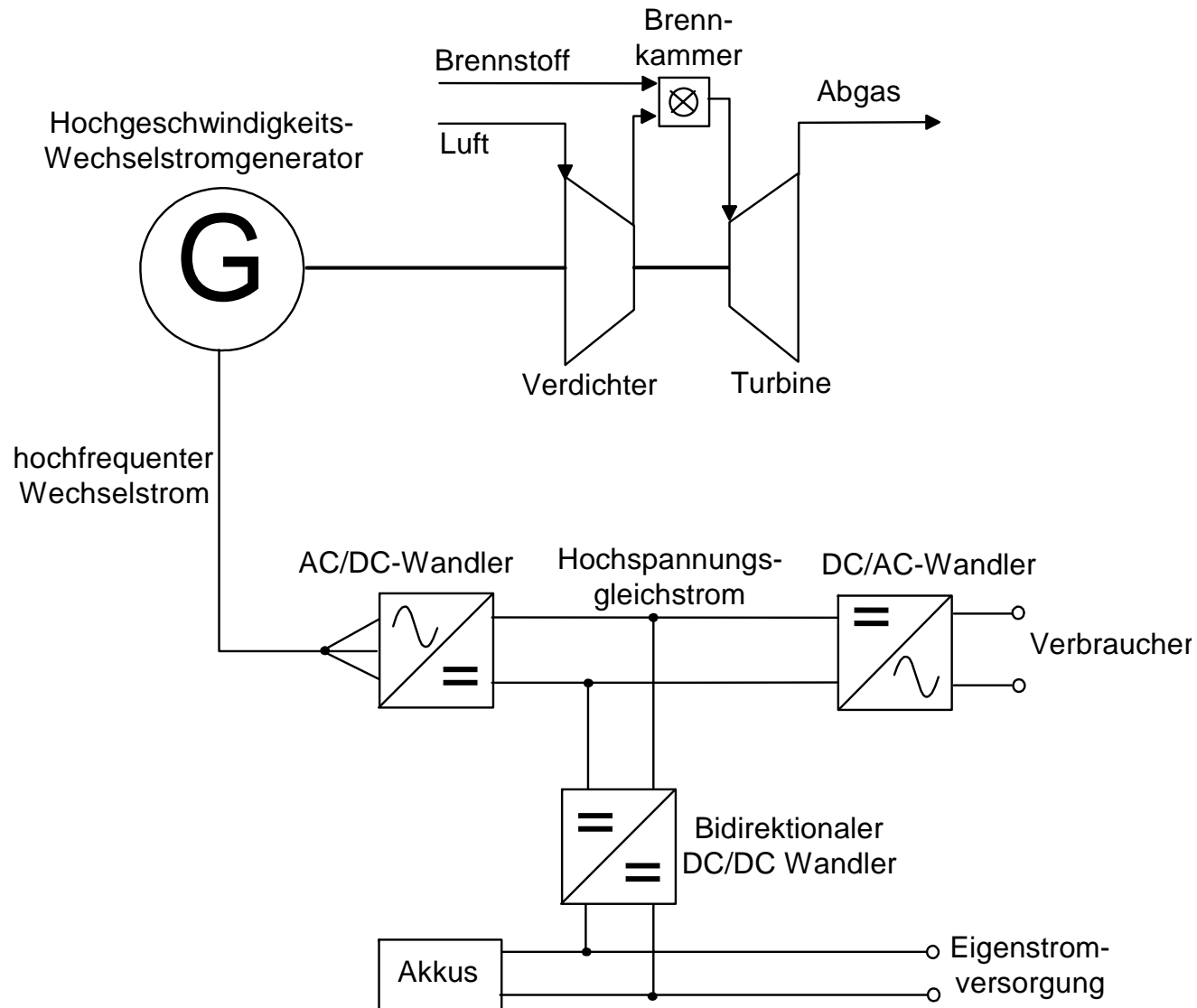


NREC

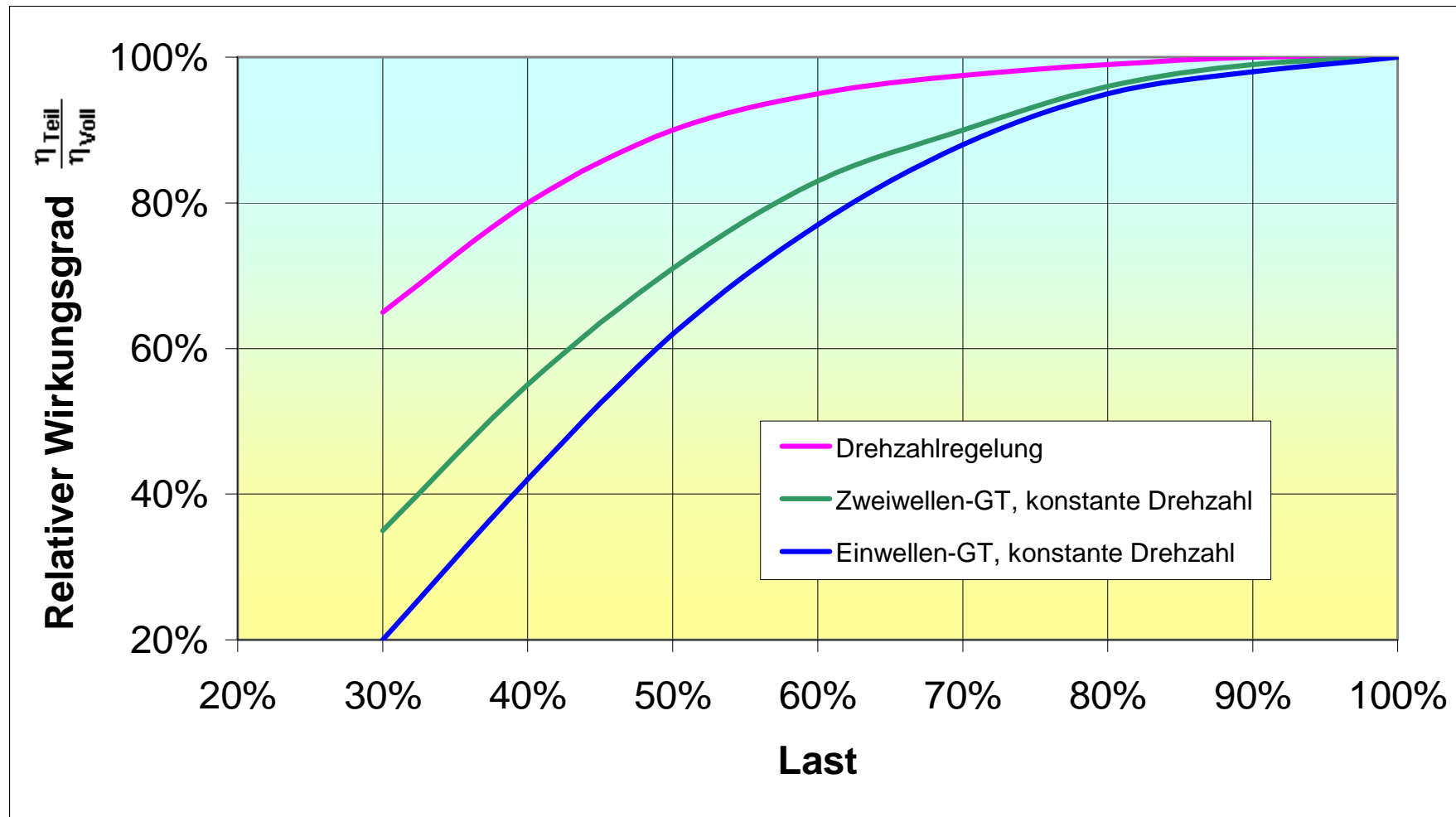


(70 kW_{el})

Das elektronische Getriebe

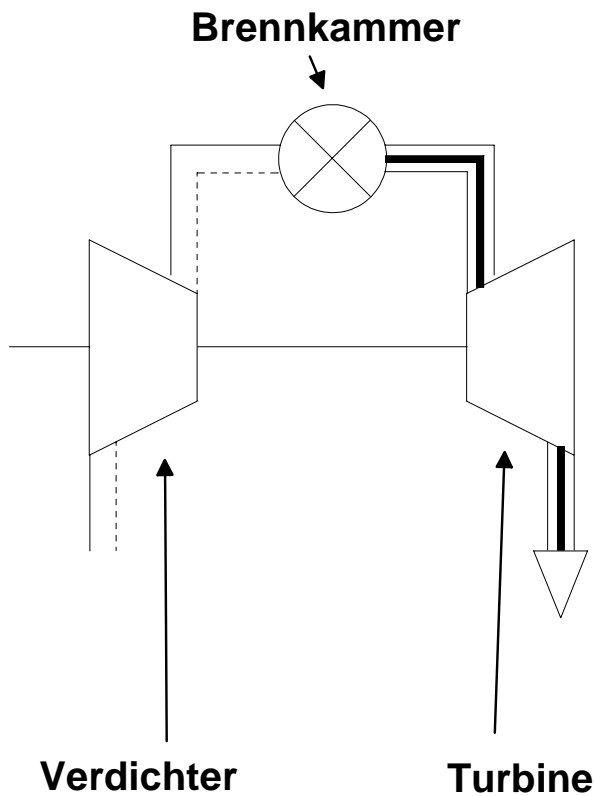


Teillastverhalten von μT mit Drehzahlregelung, Ein- und Zweiwellen-Industriegasturbinen

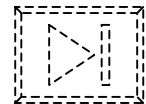
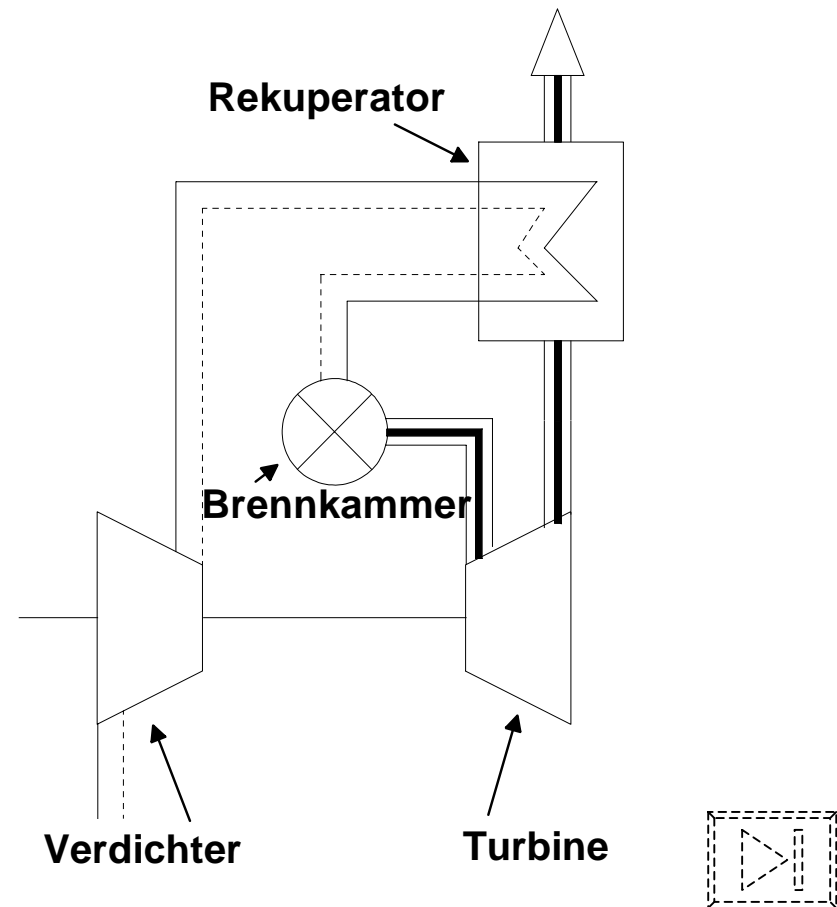


Schaltung von Gasturbinen

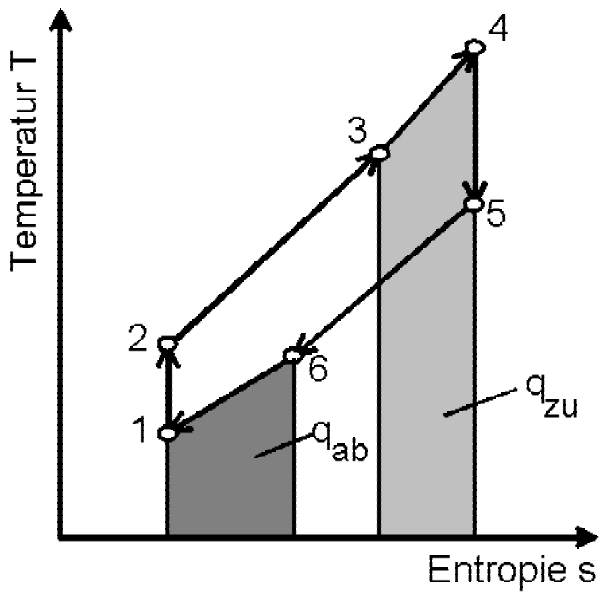
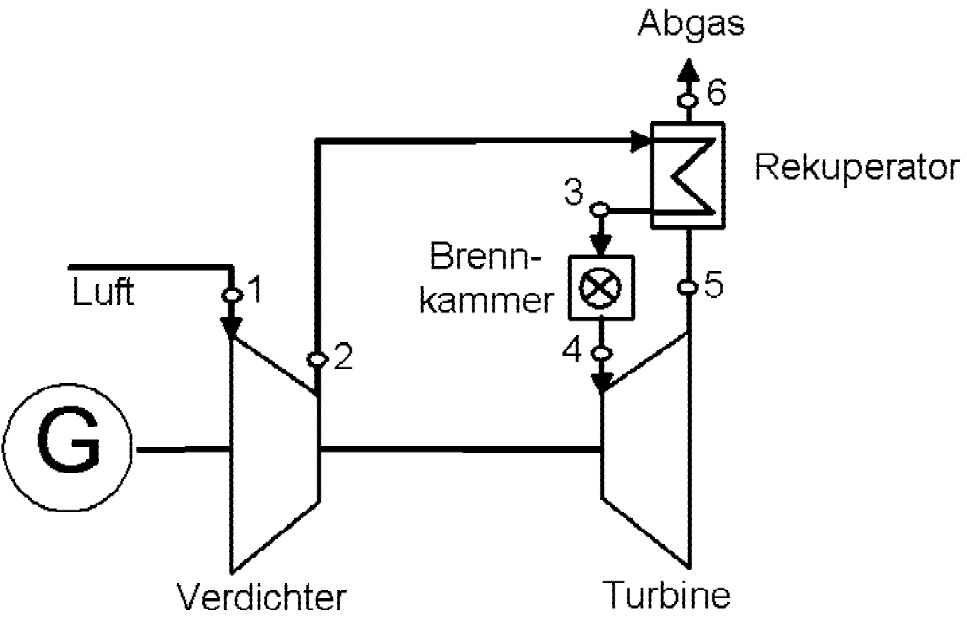
Gasturbine ohne Rekuperator
(„nicht rekuperiert“) bei Kraftwerks- und Industrieturbinen üblich



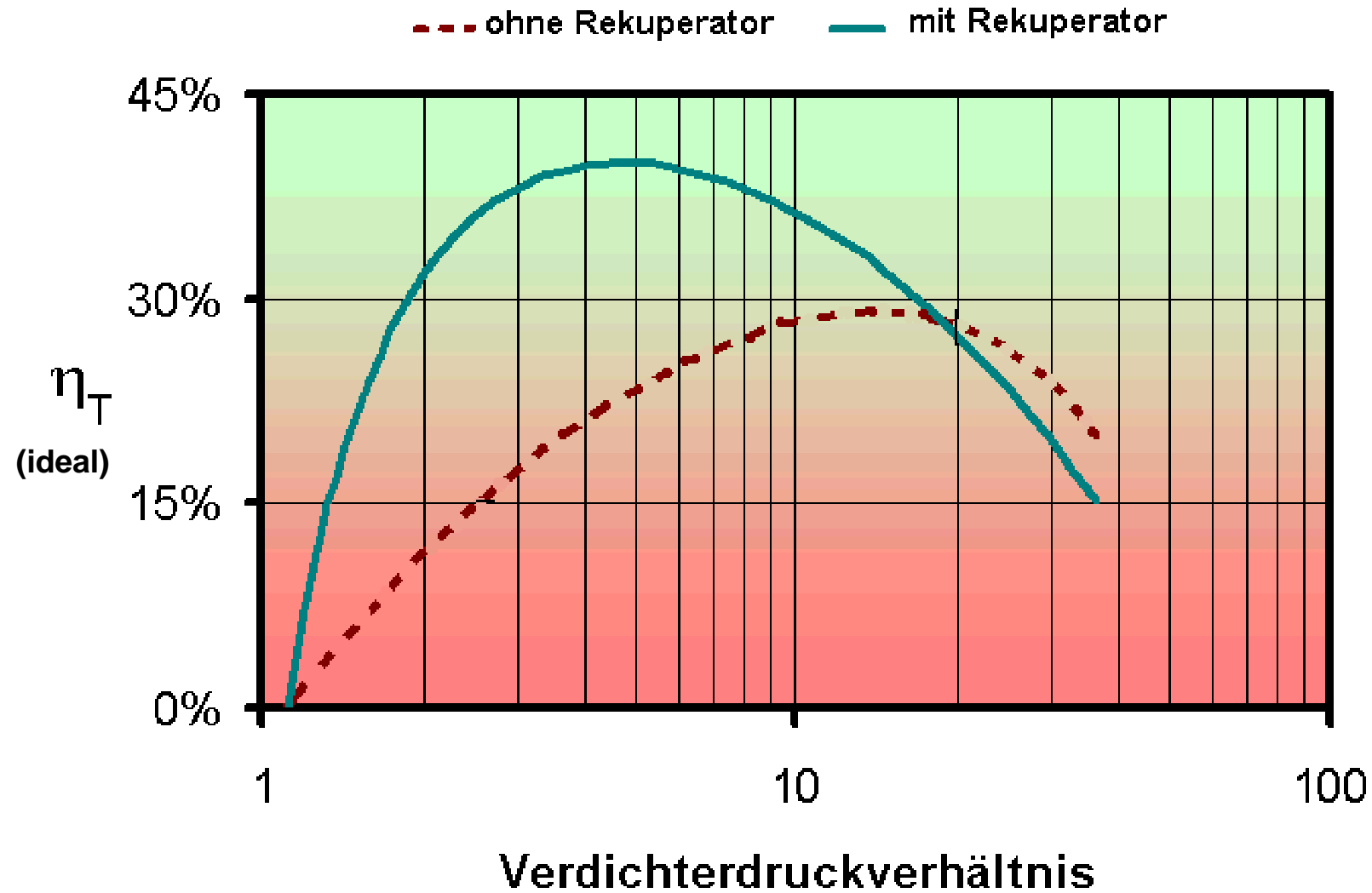
Gasturbine mit Rekuperator
(„rekuperiert“) bei Mikroturbinen üblich



Gasturbine mit Rekuperator



Turbinenwirkungsgrad



Besonderheiten der Technologie

- Elektronisches Getriebe
 - ⇒ keine Synchronisationseinrichtungen nötig
- Inselbetriebsfähigkeit
- Geringe Abgasemissionen ($\text{NO}_x < 30 \text{ mg/m}^3$)
- Geringe Wartungskosten
- Geringe Schallemissionen (ca. 65 dB(A))
- Geringes Gewicht, kompakte Bauweise
- Abgastemperaturen von etwa 280 °C
 - ⇒ für KW(K)K nutzbar
- Verschiedene Brennstoffe möglich
(Erdgas, Flüssiggas, Fackelgas, Klärgas, Kerosin und Heizöl)

Vergleich der Industriegasturbinen mit Mikroturbinen

Industriegasturbinen

- elektrische Leistung 0,5 - 10 MW
- Brennkammerdruck 9,0 - 16,0 bar
- Brennkammertemperatur > 1100°C
- Abgastemperaturen 450 - 550 °C
- Lambda-Werte ca. 3,2 - 4,5
- mechanisches Getriebe, konstante Drehzahl, Teillast nur durch Brennkammertemperaturabsenkung
- ansprechende NOx-Emissionen
- hohe Schallemissionen
- Start- / Stop - Empfindlichkeit

Mikrogasturbinen

- **30 - 200 kW**
- **3,5 - 4,5 bar**
- **< 950 °C**
- **ca 250-300 °C nach Rekuperator**
- **bis ca. 8,5**
- **„elektronisches Getriebe“, Teillast durch Drehzahlregelung**
- **sehr niedrige NOx-Emissionen**
- **niedrige Schallemissionen**
- **bis zu 1.000 Starts im Jahr gewährleistet**

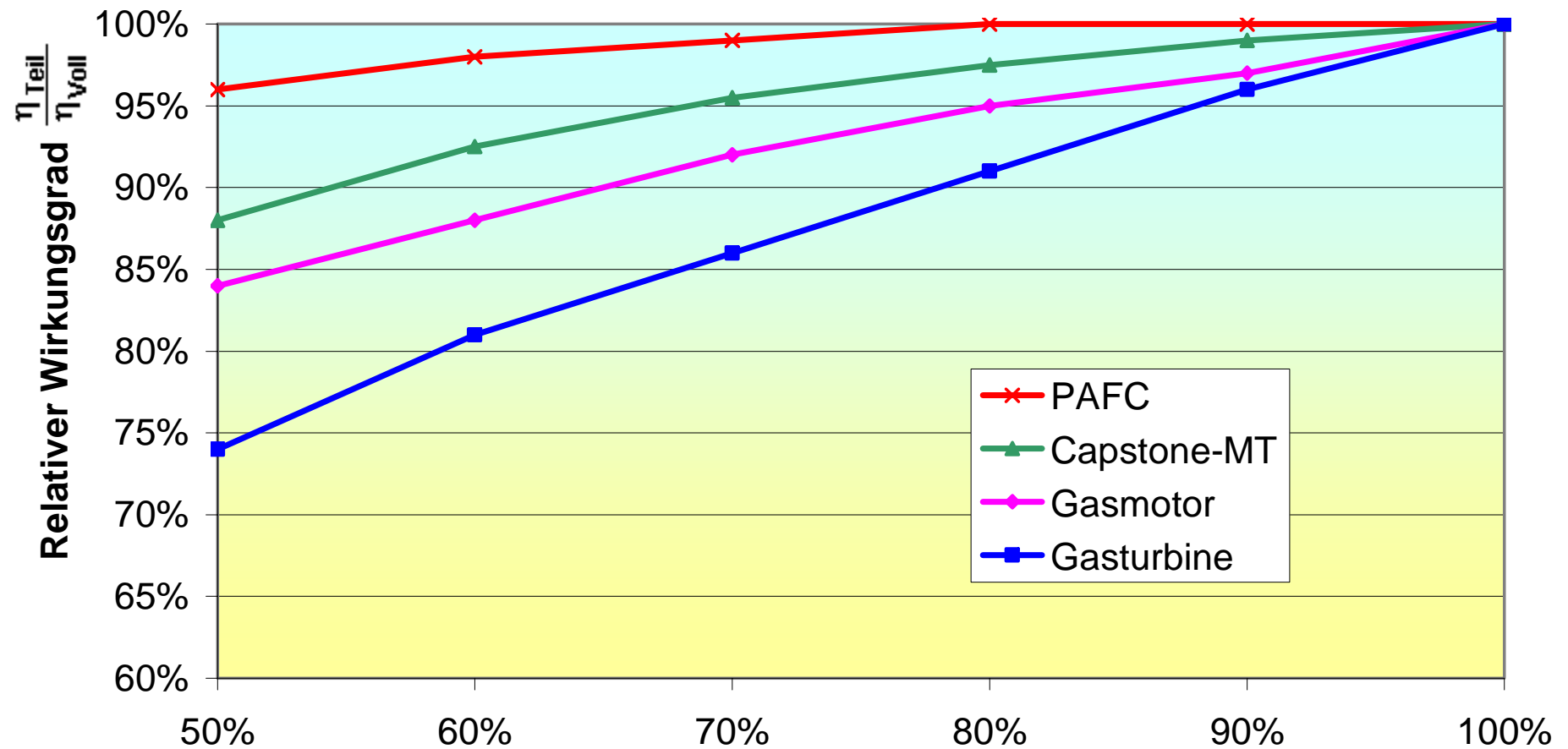
Vergleich von Gasmotoren mit Mikroturbinen

Anlagengröße 30 - 75 kW

| | | Mikroturbine | Gasmotor |
|---|----------------------|---------------|-------------|
| spezifische Investitionskosten KWK-Anlage | DM/kW _{el} | 2500 - 3000 | 2500 – 3500 |
| Wartungskosten | Pf/kWh _{el} | 1,0 - 1,5 ++ | 3,5 – 4,5 |
| Wartungsintervalle | Bh | 8000 ++ | 2000 |
| el. Wirkungsgrad | % | 26 - 28 | 28 – 31 + |
| Primärenergieausnutzung | % | 73 - 78 | 85 ++ |
| Abwärmemeterniveau | | hoch + | niedrig |
| Kühlwasser erforderlich | | nein + | ja |
| benötigter Gasvordruck | bar _ü | 3,8 | 0,03 |
| Abmessungen | | rel. klein + | |
| Gewicht | | rel. gering + | |
| NO _x - Emissionen | g/MWh _{Br} | 55 ++ | 250 |
| Schallemissionen | dB(A) in 1m | 65 o | 65 o |

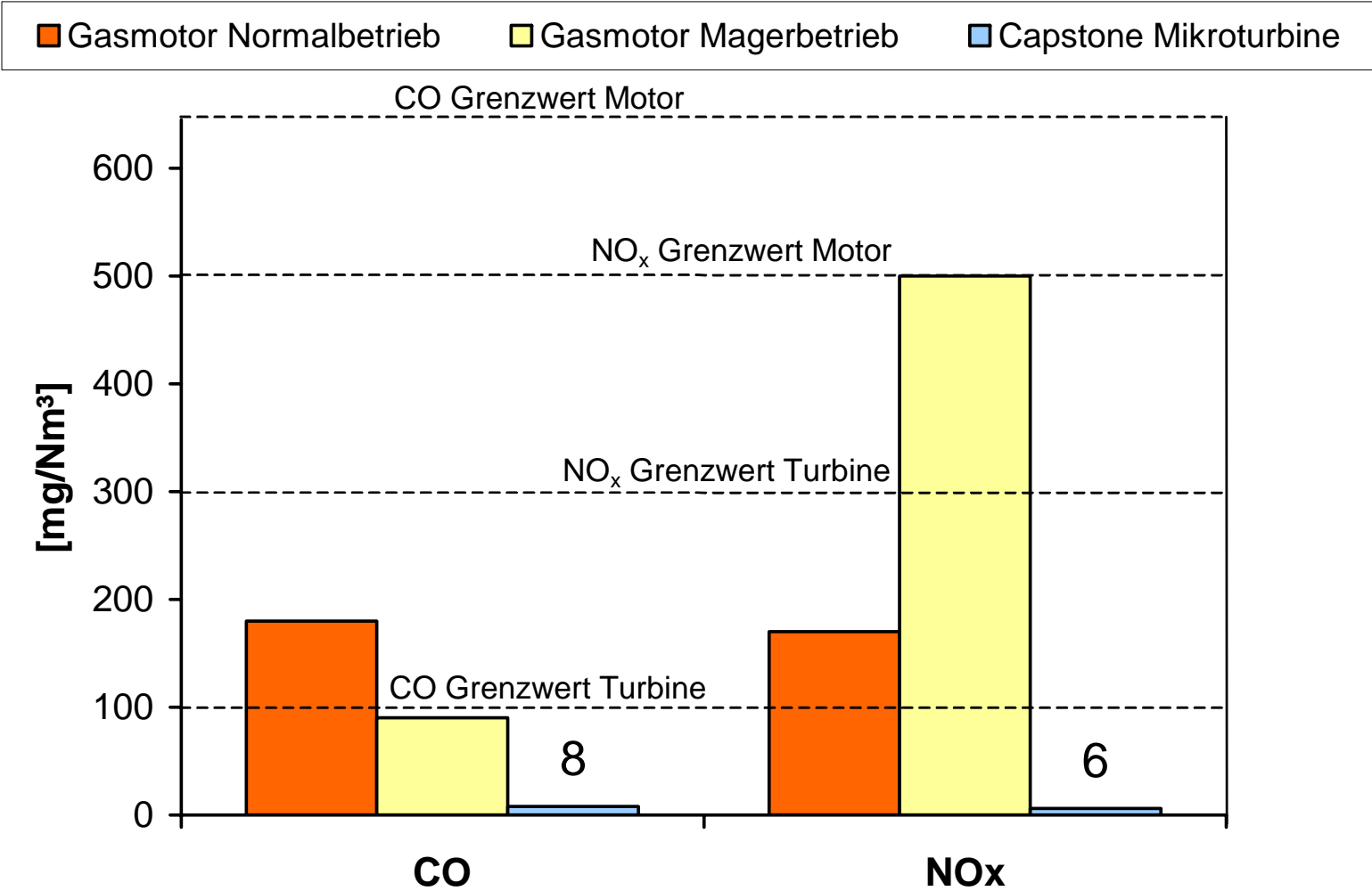
Wertung: o gleich, + Vorteil, ++ großer Vorteil

Relative Wirkungsgrade



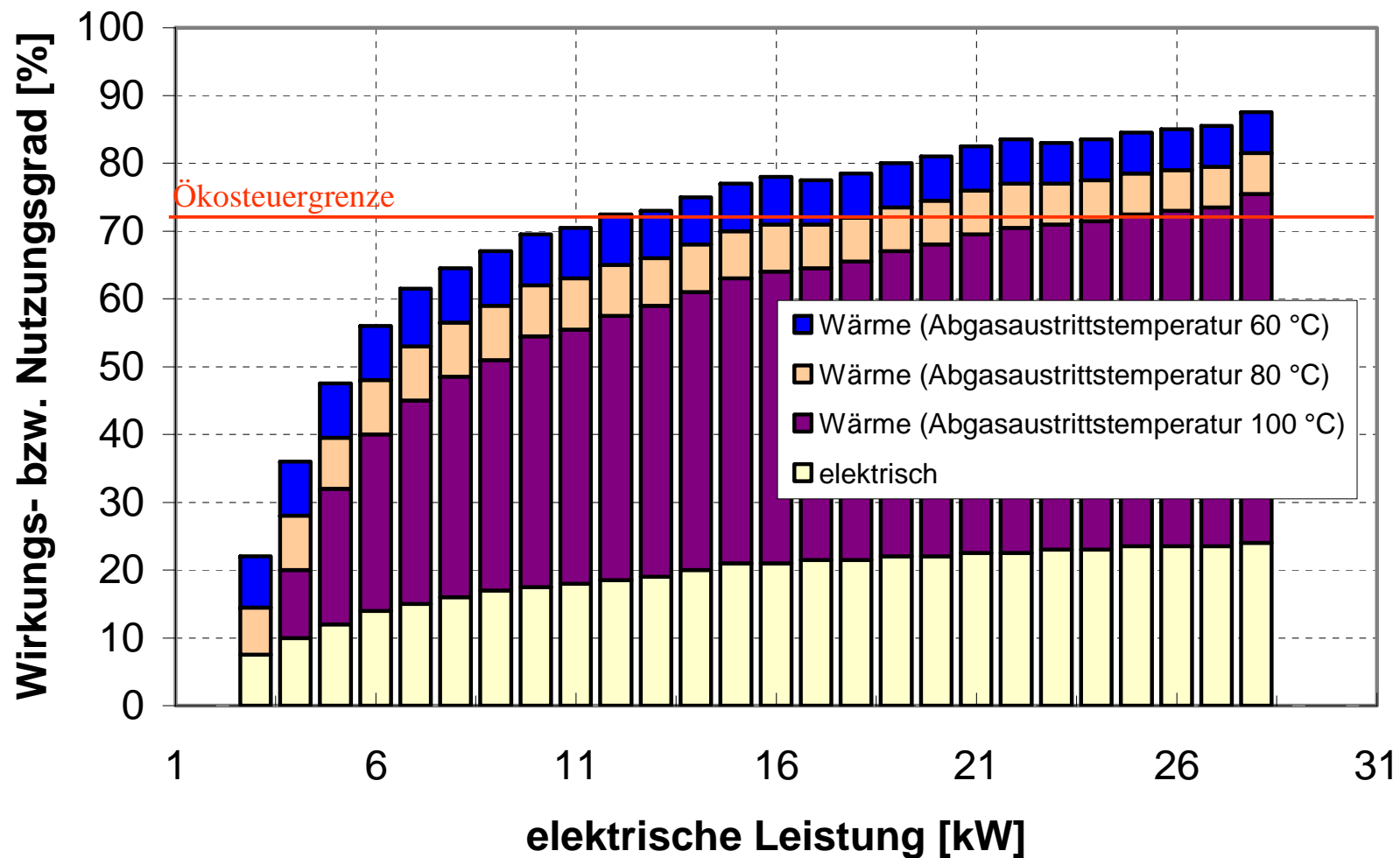
Schadstoffe

Vergleich Emissionen Gasmotor - Gasturbine

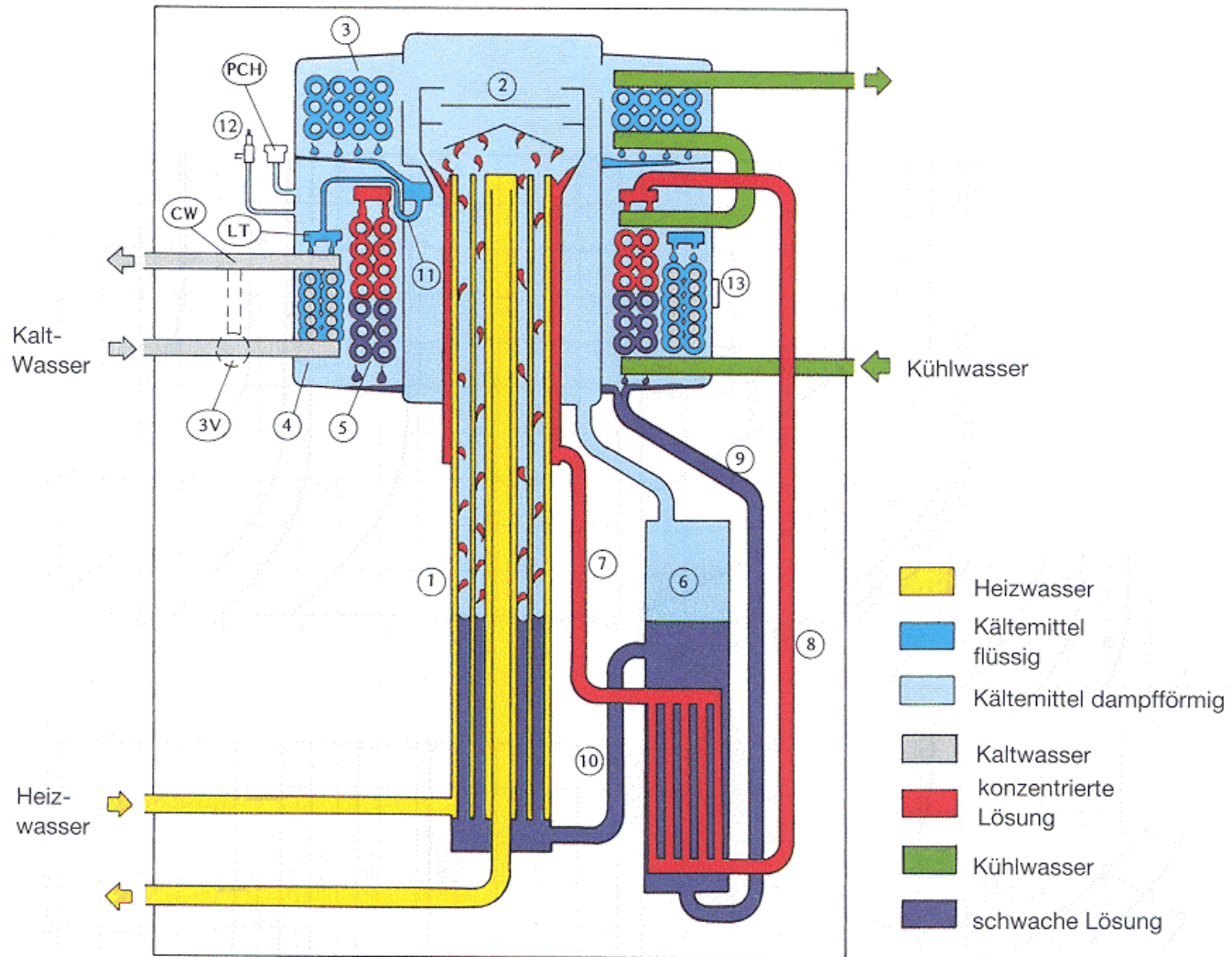


Wirkungs- und Nutzungsgrade

ISO-Bedingungen (Capstone-Daten)

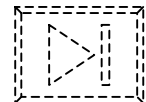
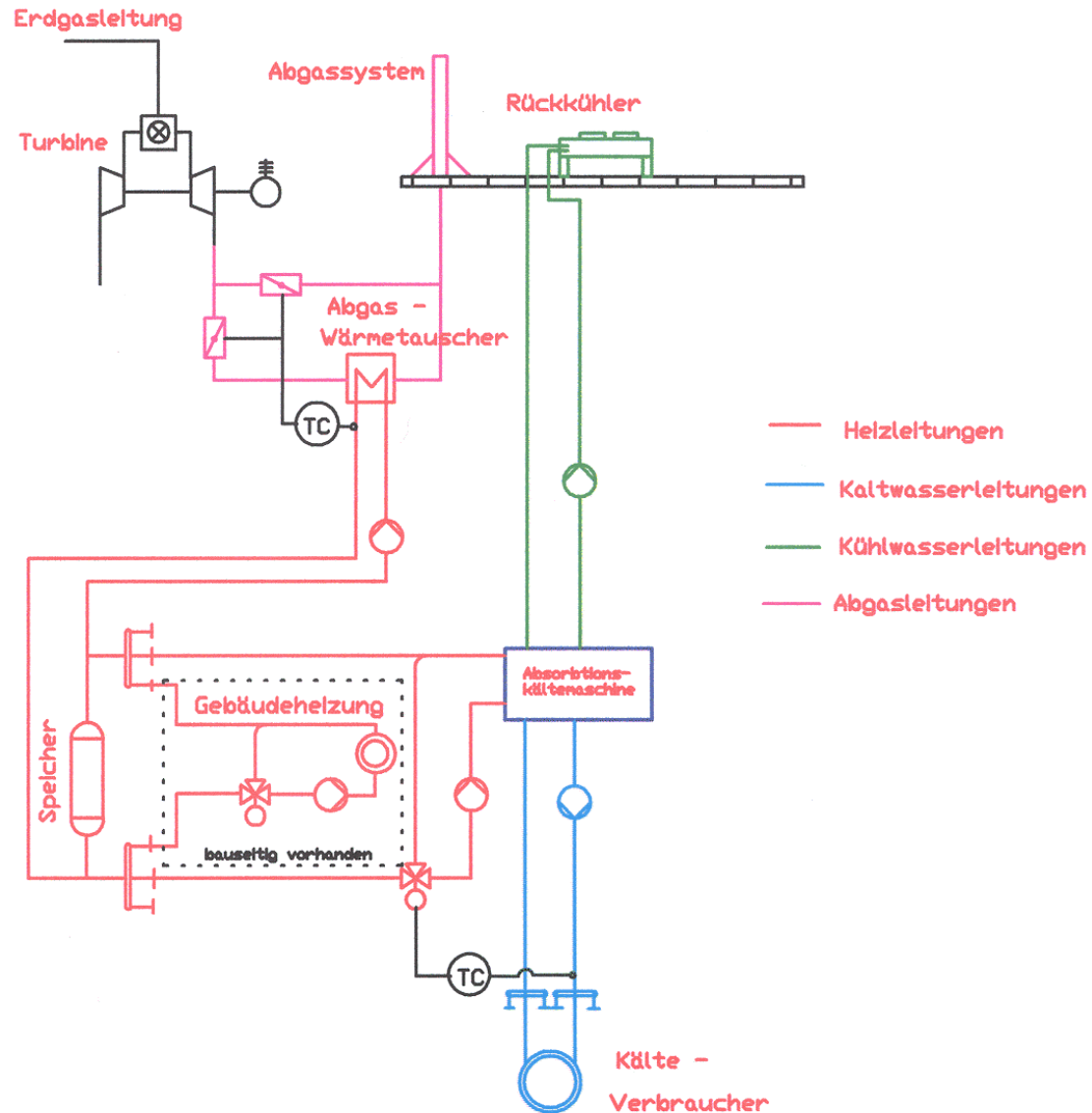


Absorptionskältemaschine



AKM York WFC 10

Schaltschema KWKK mit Mikroturbine

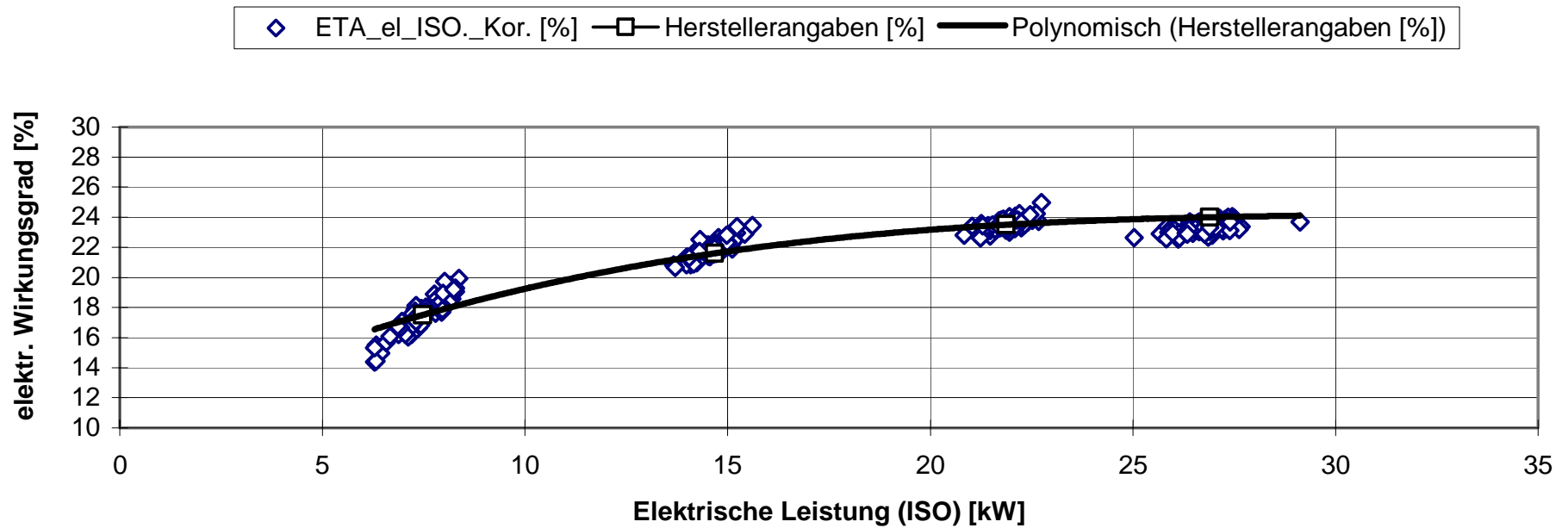


Technische Daten Absorptions-Kältemaschine

| | | | |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Kälteleistung, Q_0 | 35 kW | 33 kW | 27 kW |
| Kaltwassertemperaturen | +7 / +12,5 °C | +7 / +12,3 °C | +7 / +11,3 °C |
| Kaltwasser- Volumenstrom | 1,5 l/s = 5,4 m ³ /h | 1,5 l/s = 5,4 m ³ /h | 1,5 l/s = 5,4 m ³ /h |
| Heizwasserleistung | 50 kW | 50 kW | 50 kW |
| Heizwassertemperaturen | +93 / +87,7 °C | +93 / +87,7 °C | +93 / +87,7 °C |
| Heizwasser-Volumenstrom | 2,25 l/s = 8,1 m ³ /h | 2,25 l/s = 8,1 m ³ /h | 2,25 l/s = 8,1 m ³ /h |
| Kühlleistung, Q_c | 85 kW | 83 kW | 77 kW |
| Kühlwassertemperaturen | +26 / +31 °C | +28 / +32,9 °C | +30 / +34,6 °C |
| Kühlwasser-Volumenstrom | 4 l/s = 14,5 m ³ /h | 4 l/s = 14,5 m ³ /h | 4 l/s = 14,5 m ³ /h |

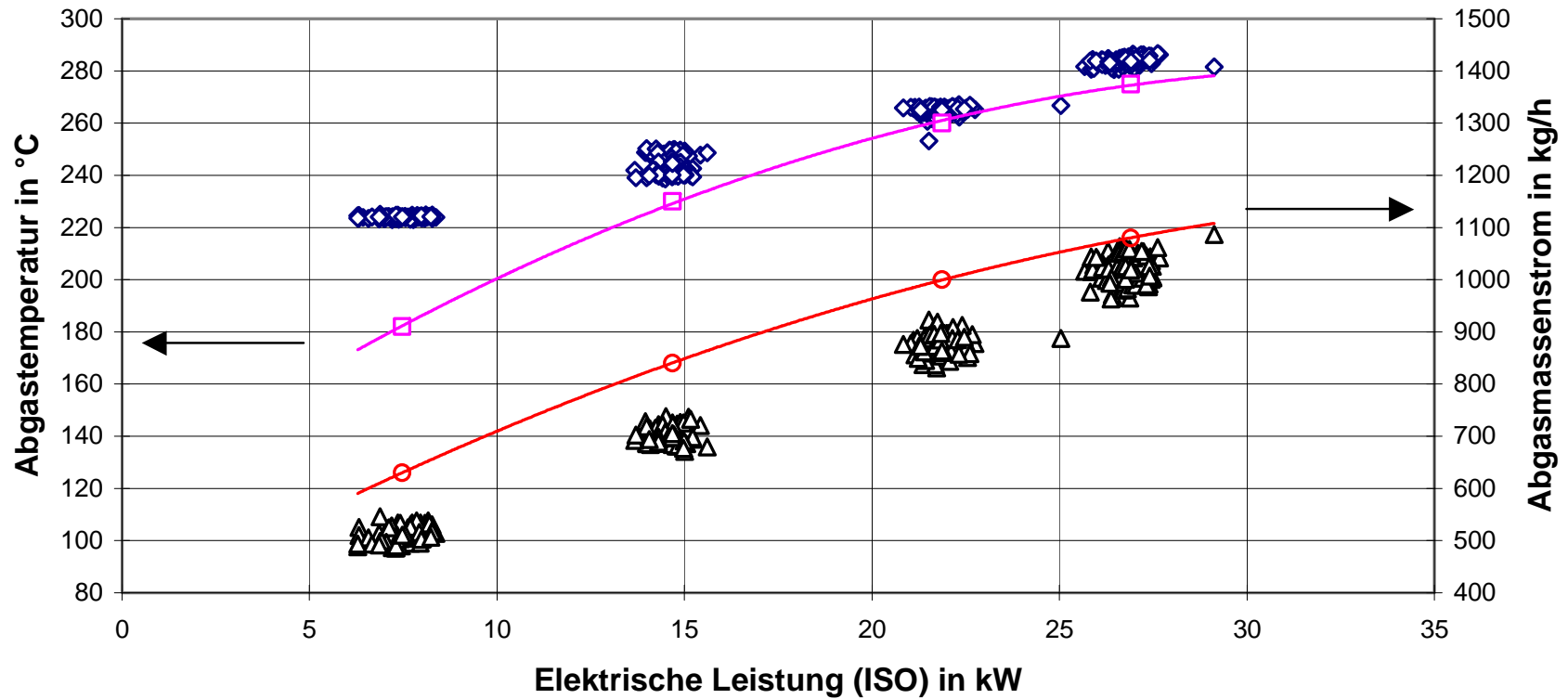
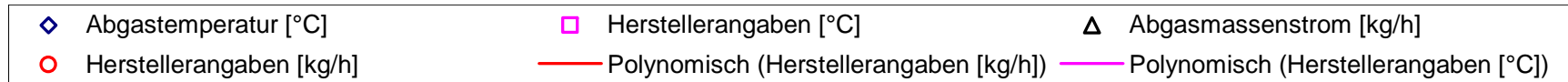
Messergebnisse : Wirkungsgrade

Vergleich Elektr. Wirkungsgrad Hersteller / Meßwerte Datenbasis vom 4.10.1999



Messergebnisse : Abgasdaten

Vergleich Hersteller / Meßwerte



Fazit:

- Eine interessante Technik mit einem großen Anwendungsfeld im kleinen Leistungsbereich
- Eine Möglichkeit auch im kleinen Leistungsbereich den Ökosteuvorteil zu nutzen
- Auf dem Markt verfügbar
- Ein Zwischenschritt zur Brennstoffzellentechnik



Dipl.-Ing. Wolf Schieke

Ginsterweg 1
D- 52428 Jülich
Tel. ++49-2461-99-3022
Fax: ++49-2461-99-3288
Schieke@Umwelt.FH-Aachen.de