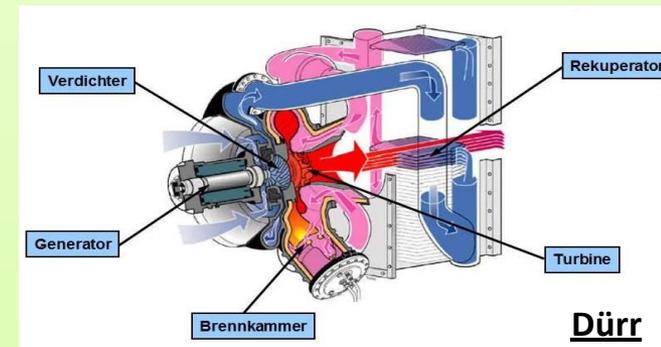


# Mikrogasturbinen



Aufbau  
Funktion

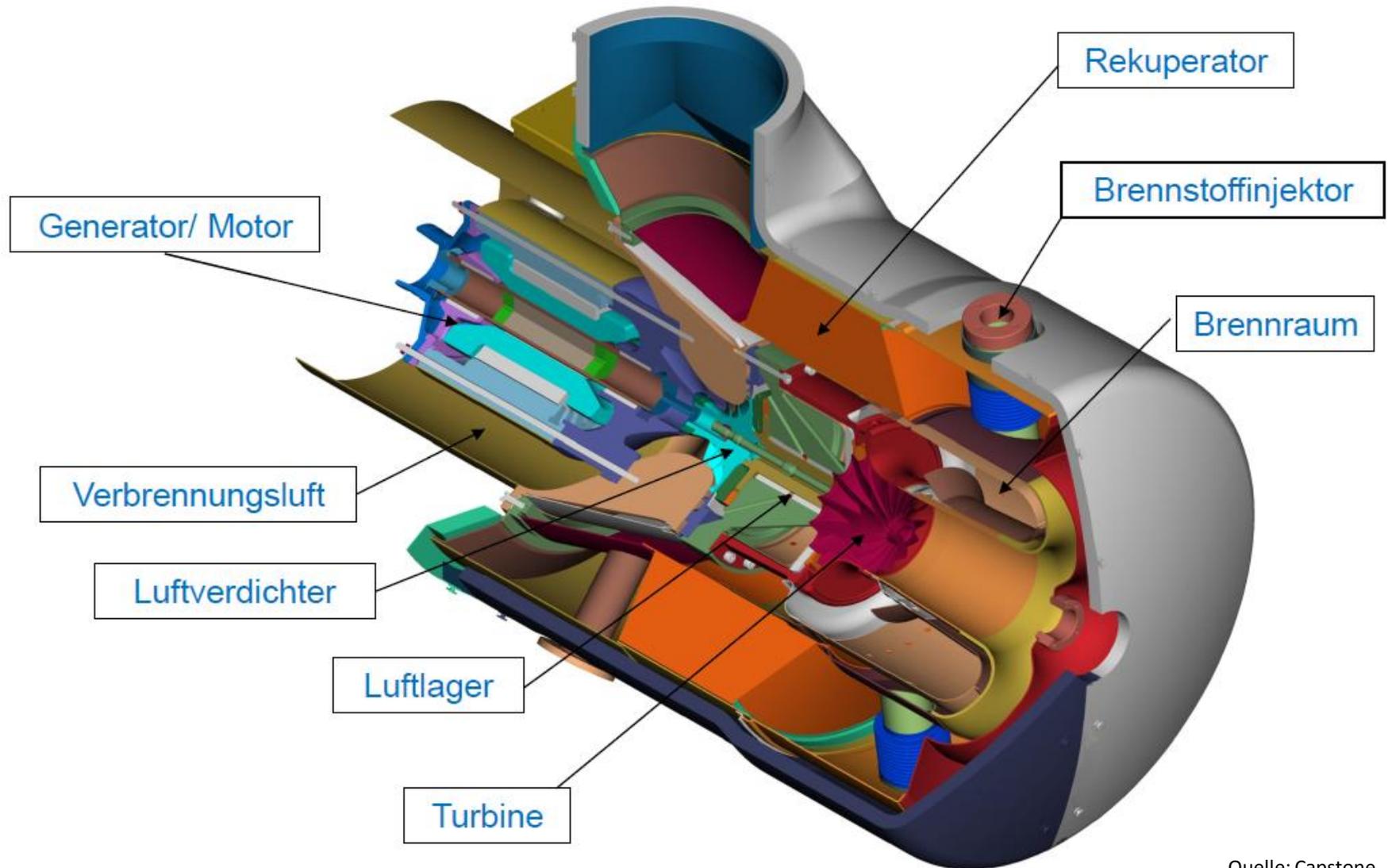


Anwendungsbeispiele

Als Mikrogasturbinen werden im allgemeinen kleine schnelllaufende Gasturbinen bis zu einer elektr. Leistung von 250 kW bezeichnet. Es sind Einwellen-Turbinen mit einstufigem Radialverdichter sowie radialer Arbeitsturbine. Der Permanentmagnet des Generators ist ebenfalls fest auf dieser Welle aufgebracht.

Die Grundentwicklung der Mikrogasturbine fand in den 90er Jahren durch Förderung mit Militärgeldern in den USA statt. Ursprüngliches Ziel war es, einen leicht portablen, effizienten und zuverlässigen Stromerzeuger zu entwickeln.

## Definition und Ursprung von Mikrogasturbinen (MGT)



Quelle: Capstone

Permanentmagnet als Teil des Generators

Verdichter

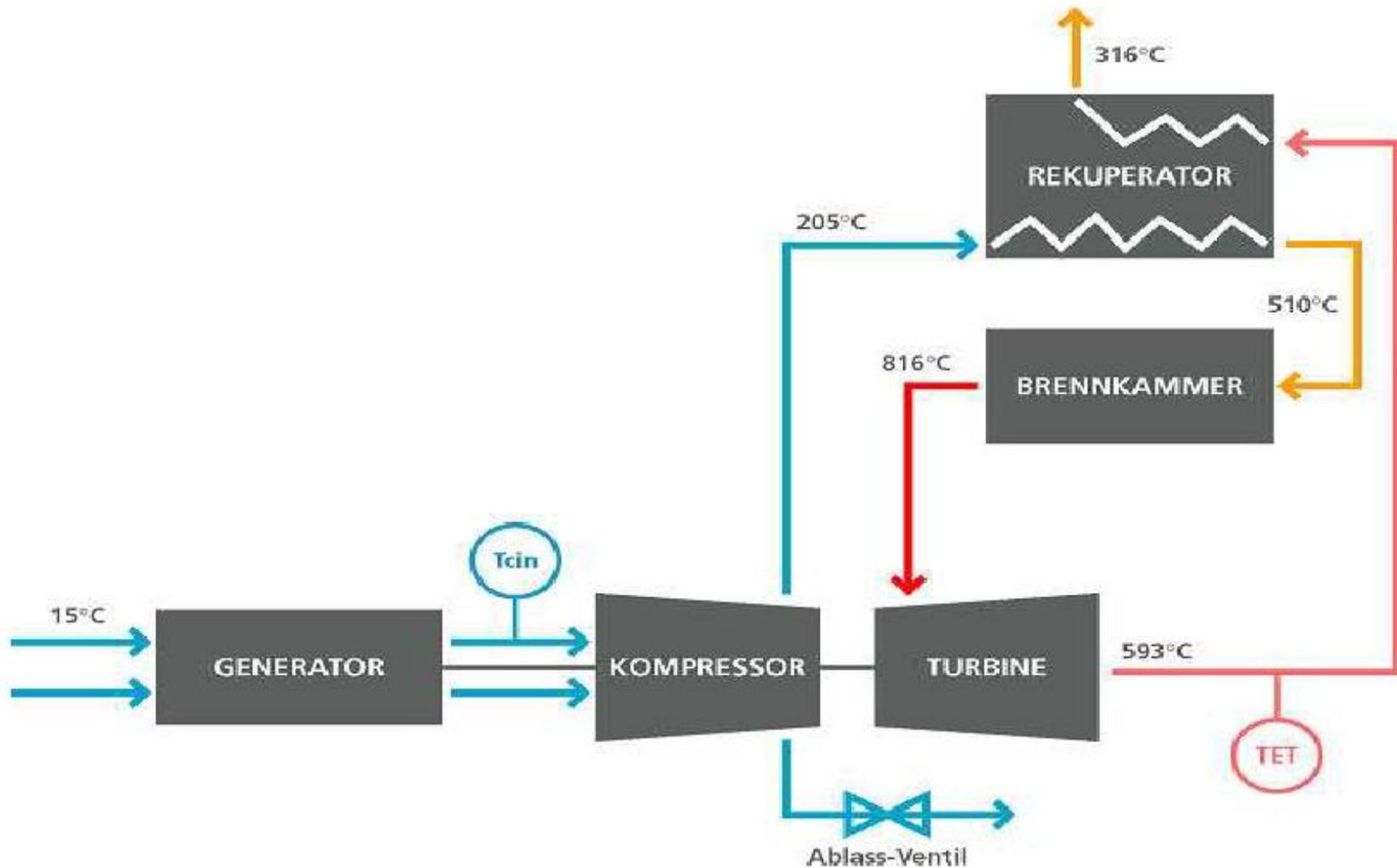
Turbinenrad

Beim Anfahren der Turbine wird der Generator kurzzeitig als Motor genutzt; ab ca. 25.000 Umdrehungen/min reicht der Druck für die wartungsfreie Luftlagerung.

$D = 12 \text{ cm}$

Capstone C65

Einziges bewegliches Teil ist die durchgehende Welle mit Generator, Verdichter und Turbine; Drehzahlen bis 96.000 Umdrehungen/min



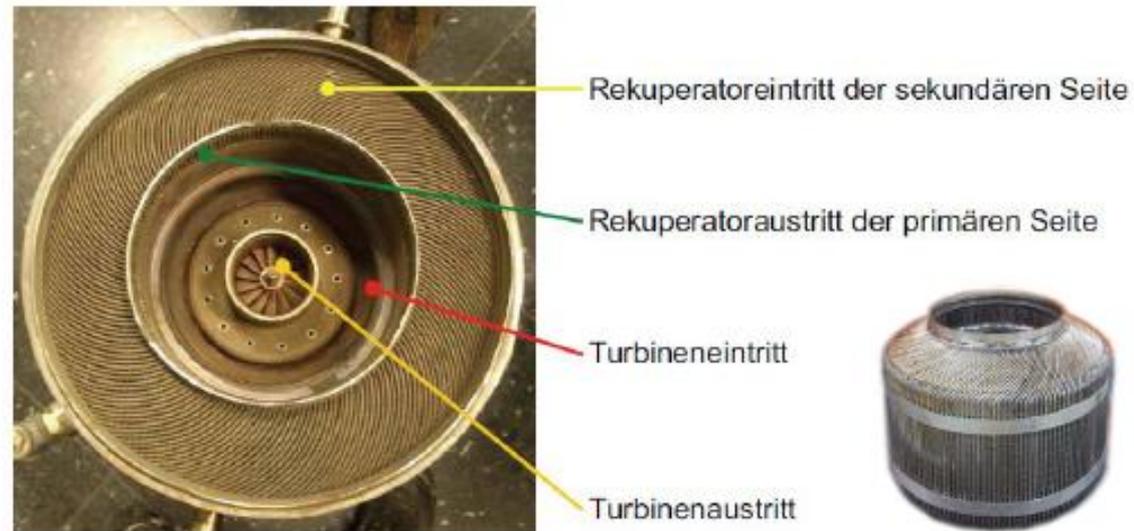
## Temperaturen in der Mikrogasturbine

Der Rekuperator ist ein Luft-Luft-Wärmetauscher.

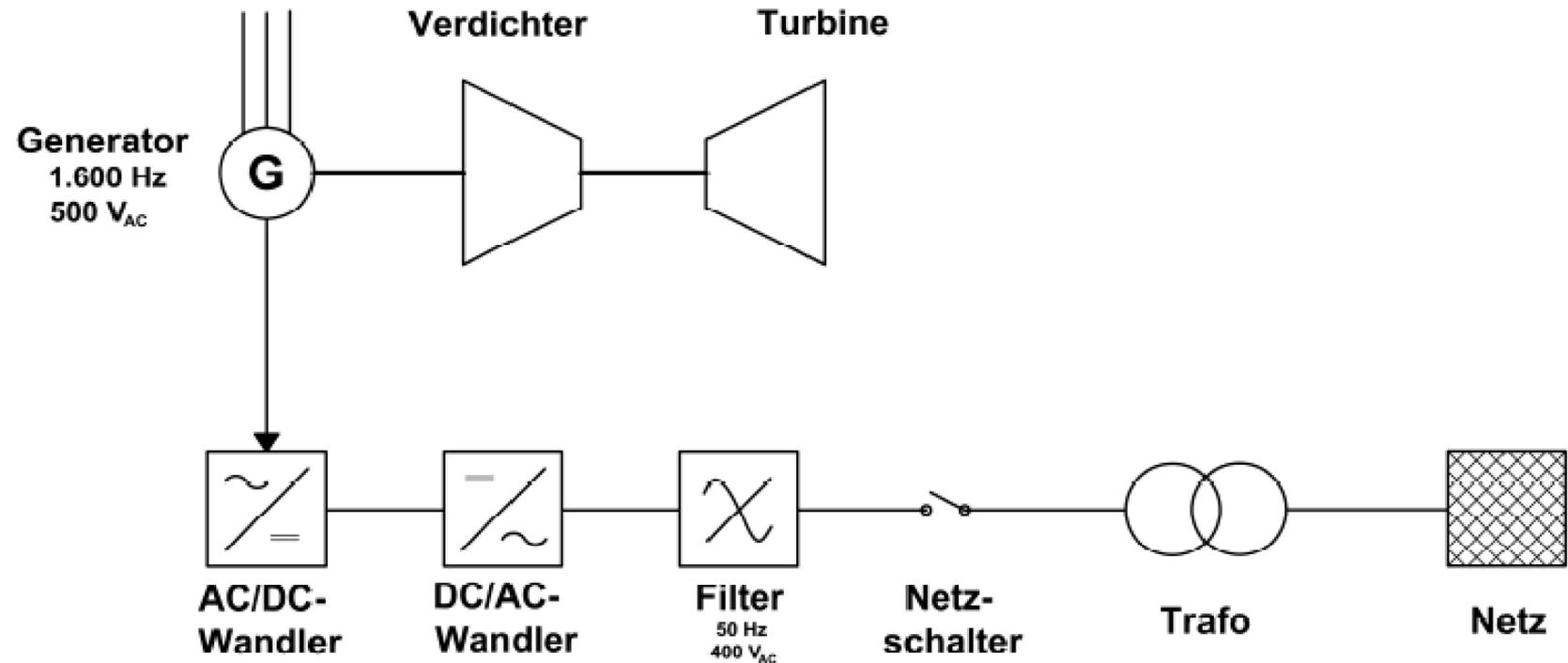
Er nutzt die Wärme der Abgase, um die verdichtete Verbrennungsluft von ca. 200°C auf 500 °C aufzuheizen.

Das Abgas wird von ca. 600 °C auf ca. 300 °C abgekühlt.

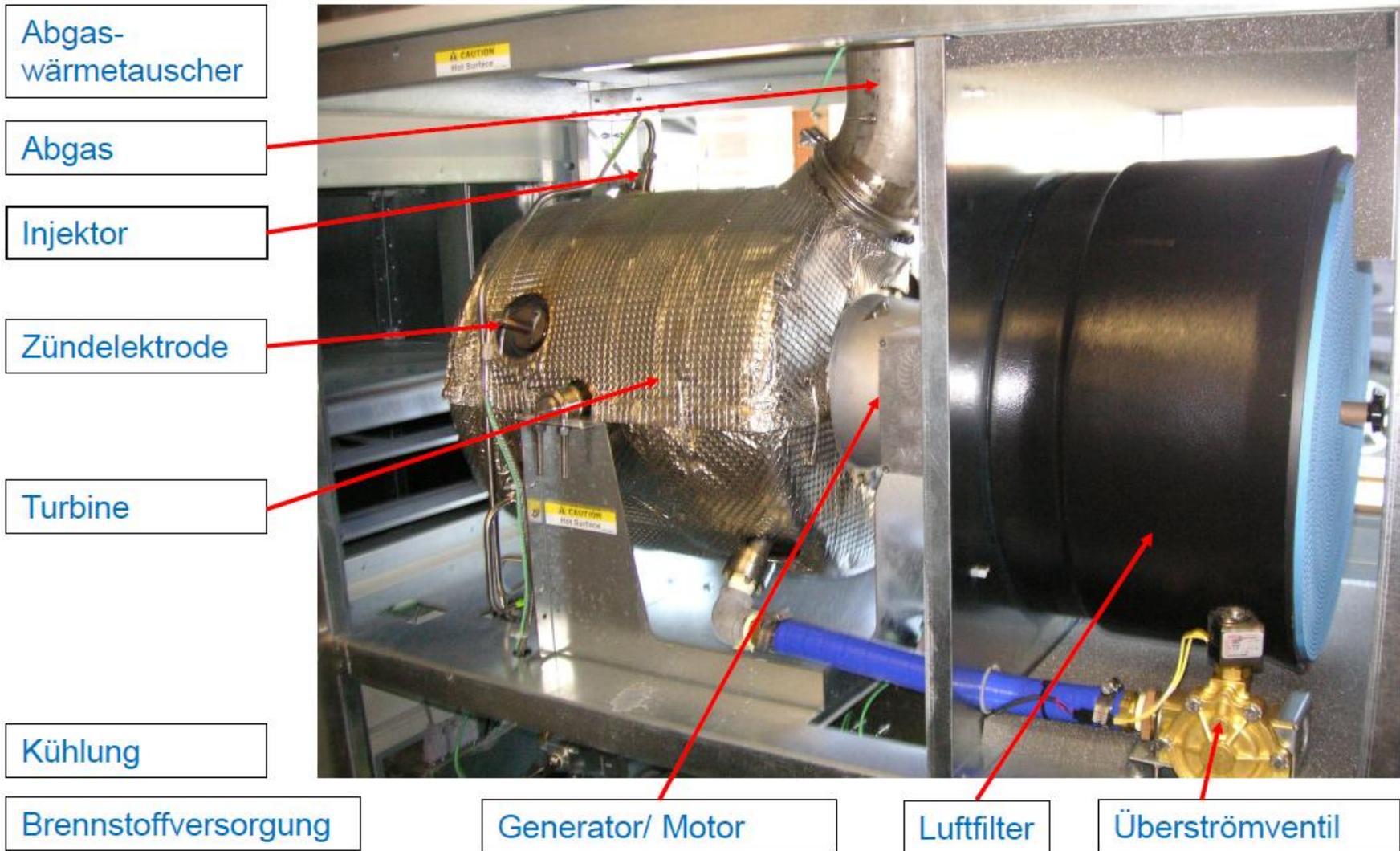
Die Vorwärmung verbessert den elektrischen Wirkungsgrad wesentlich.



## Rekuperator



Das „elektronische Getriebe“ ermöglicht eine Leistungsregelung über die Drehzahl. Die Temperaturen innerhalb der Turbine und im Abgas können so relativ konstant gehalten werden. Dadurch weisen Mikrogasturbinen im Teillastbetrieb relativ geringe Wirkungsgradeinbußen auf.



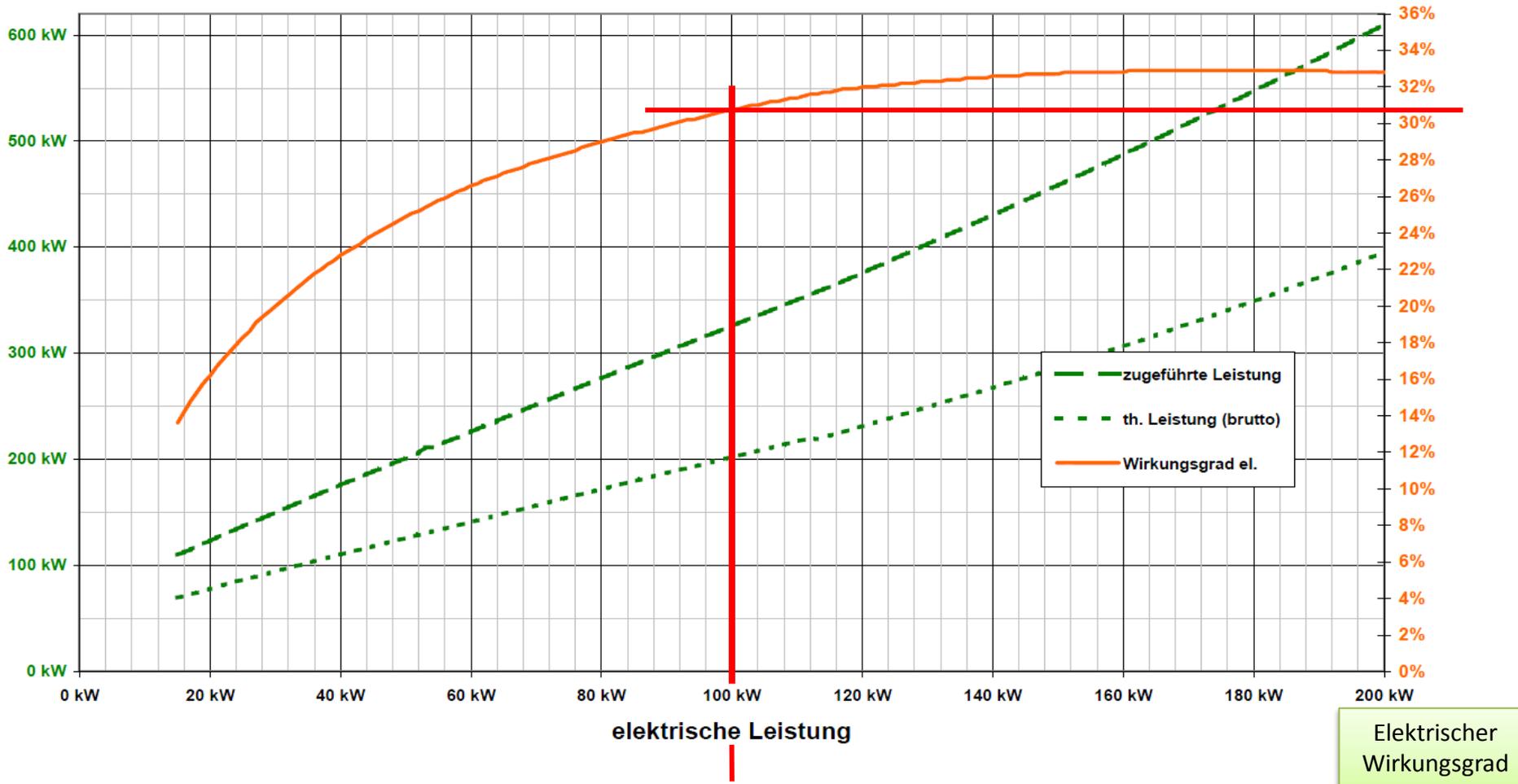
Blick in eine Capstone C30 Mikrogasturbine

<b>Teil</b>	<b>Intervall</b>
Filter Verbrennungsluft	8000 Std.
Filter Kühlung Elektronik	8000 Std.
Brennstofffilter	8000 Std.
Thermoelemente und Zündung	20000 Std.
Brennstoffdüsen	20000 Std.
Heißgasteil (Empfehlung des Herstellers)	40000 Std.

Quelle: VTA

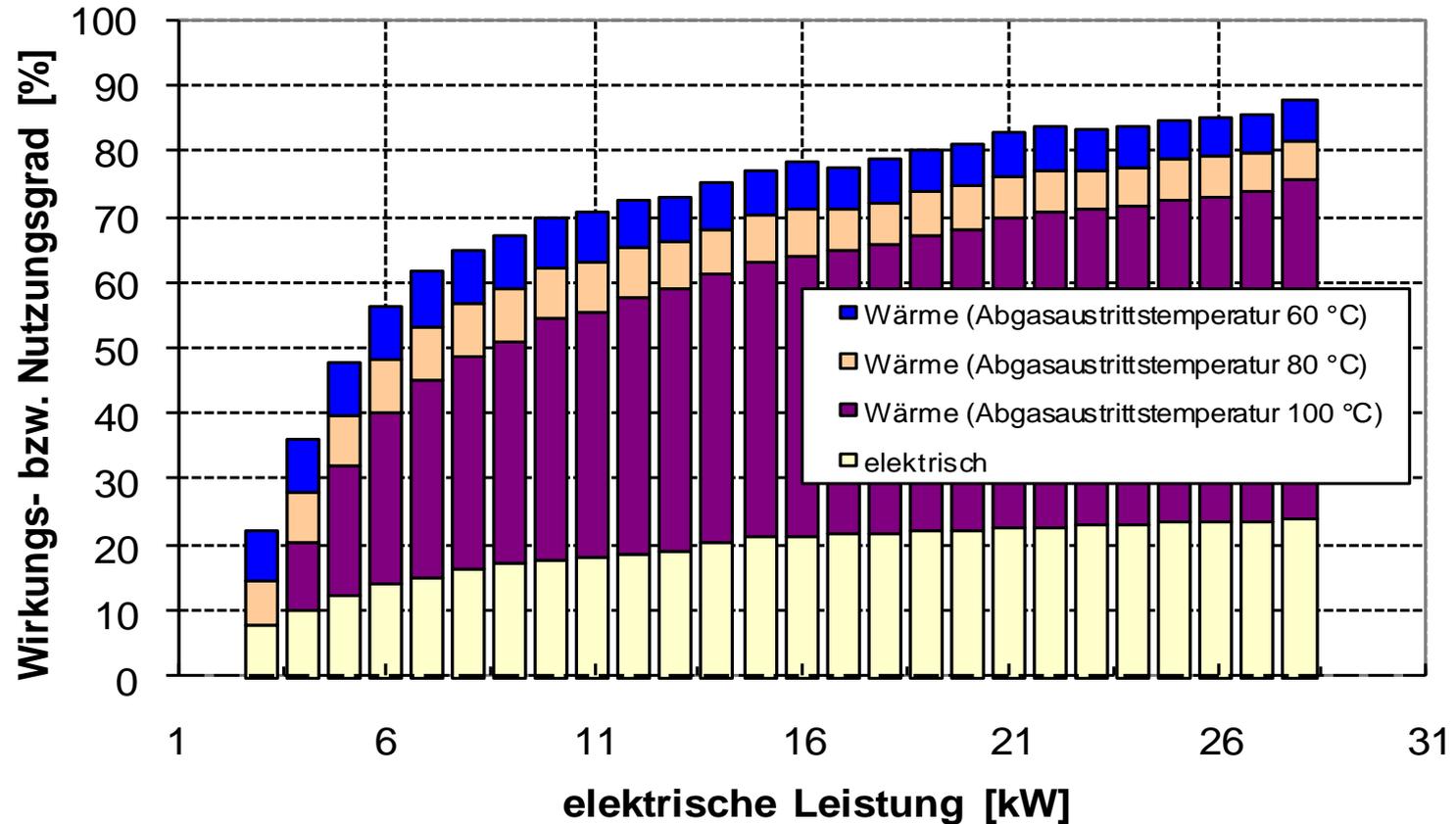
## Wartungsintervalle einer Mikrogasturbine

## Capstone C200 unter ISO



Mikrogasturbinen sind gut teillastfähig ; z.B.: bis zu 50% der Nennleistung ohne Reduzierung des elektrischen Wirkungsgrades und Veränderung der Emissionen.

## ISO-Bedingungen (Capstone-Daten)



## Wirkungsgrade der C30 Mikrogasturbinen

### **Abgasemissionen:**

Die Grenzwerte können ohne Abgasreinigung eingehalten werden.

Aufgrund der Verbrennung mit hohem Luftüberschuss in der Brennkammer werden bei Temperaturen bis 850 °C kaum Stickoxide gebildet.

CO-Werte < 50 mg/m<sup>3</sup>  
(Erdgas, bez. 50 Vol% O<sub>2</sub>)

### **Lärm und Erschütterungen:**

Die Lärmemissionen werden ohne besondere Minderungsmaßnahmen mit ca. 66 dB(A) in 10m Entfernung angegeben.

Erschütterungen sind konstruktionsbedingt bei Mikrogasturbinen mit Drehzahlen bis zu 96.000 U/min sehr gering, weil aufgrund der „stehenden Verbrennung“ in einer Brennkammer „Hin- und Her-Bewegungen“ von Massen entfallen

## Emissionsverhalten von Mikrogasturbinen

2 x 65 kW<sub>elektrisch</sub>

240 kW<sub>thermisch</sub>  
(VL 80 °C – RL 60 °C)

Wärmenutzung  
zur Beheizung der  
Faultürme und  
Betriebsgebäude

Methangehalte  
60 – 65 Vol%

Klärgasreinigung  
und  
Druckerhöhung  
vorgesaltet



**Klärgas** -verwertung Kläranlage Warendorf , seit 2007 in Betrieb



2 x 65 kW<sub>elektrisch</sub>

240 kW<sub>thermisch</sub>  
(VL 80 °C – RL 60 °C)

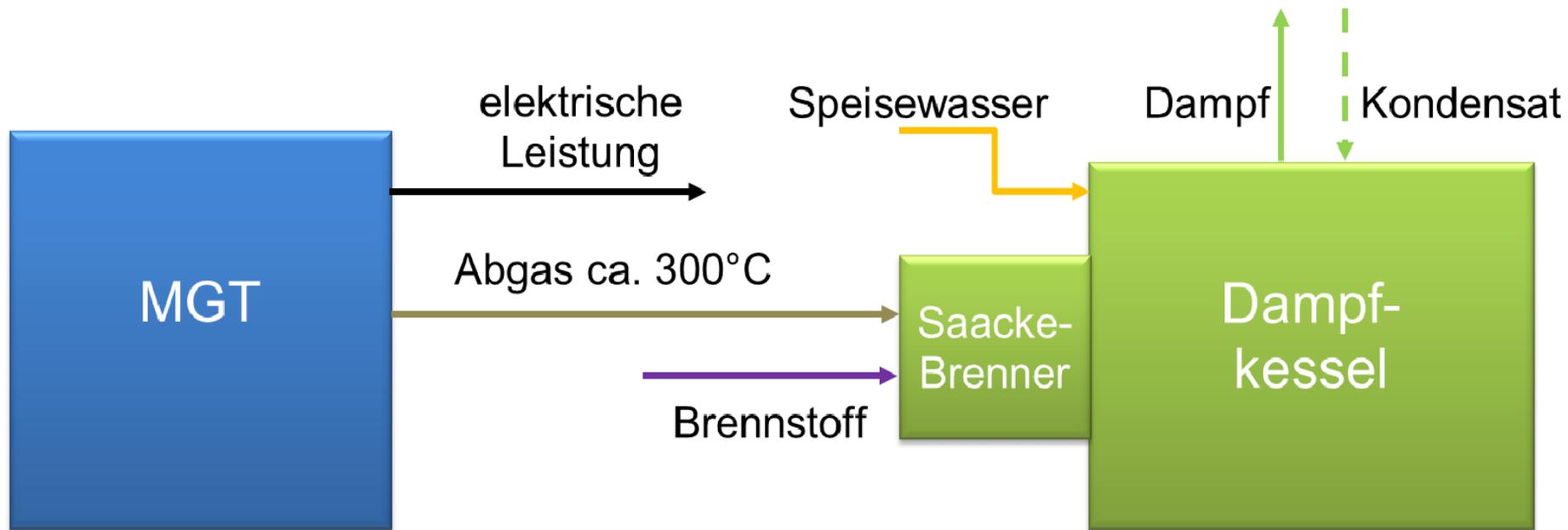
Wärmenutzung zur  
Hygienesierung von  
Lebensmittelresten

Methangehalte im  
Deponiegas  
28 – 50 Vol%

Deponiegasreinigung  
und Druckerhöhung  
vorgesaltet

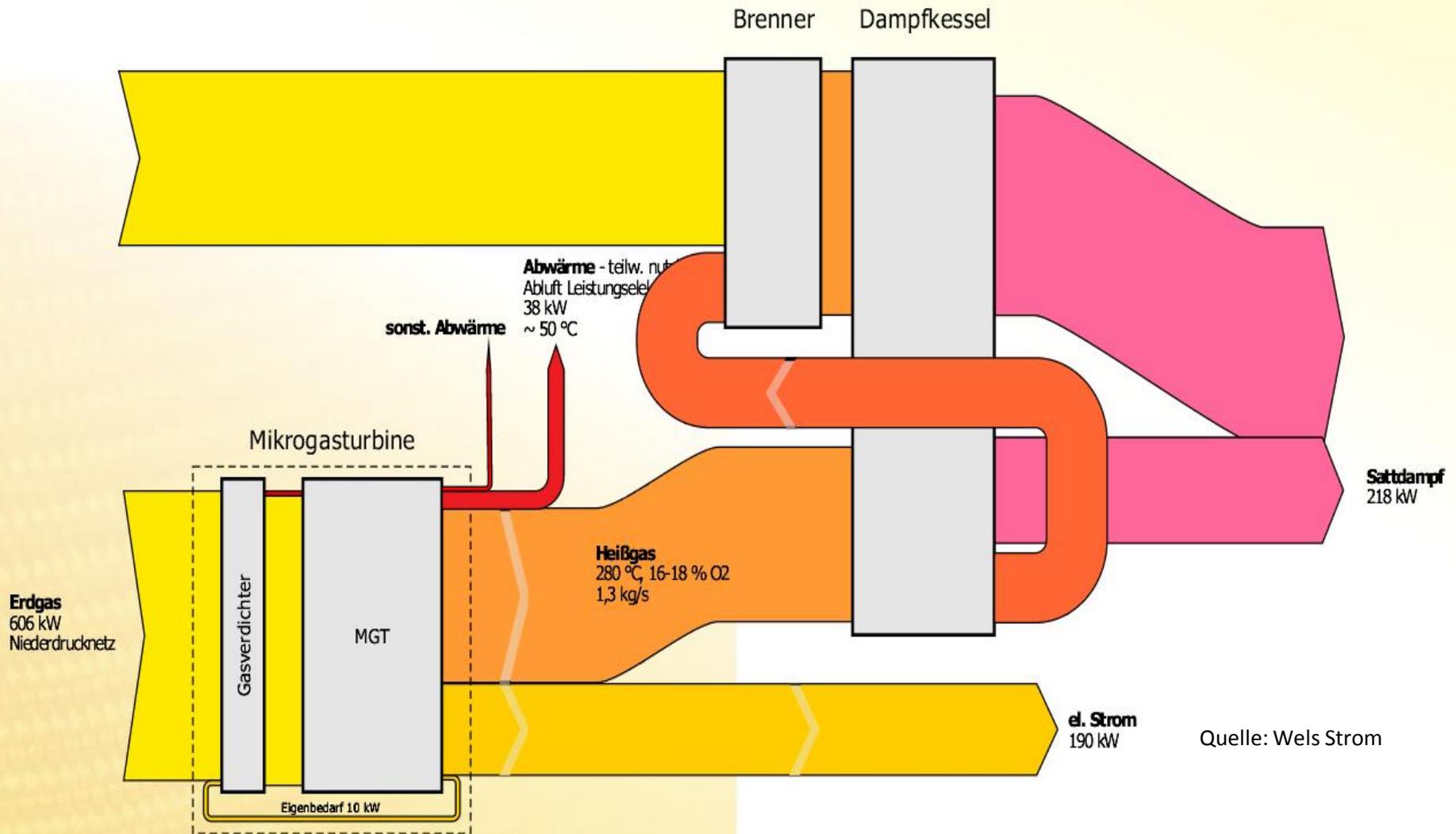
**Deponiegas**-verwertung Deponie Eichelbuck in Freiburg, seit 2006 in Betrieb

## Gasturbinen-Abgas-Brenner von Saacke



Quelle: efa Leipzig GmbH

Nutzung der Turbinenabgase als vorgewärmte Verbrennungsluft



Energieflussdiagramm bei Einbindung einer Mikrogasturbine in die Dampfproduktion



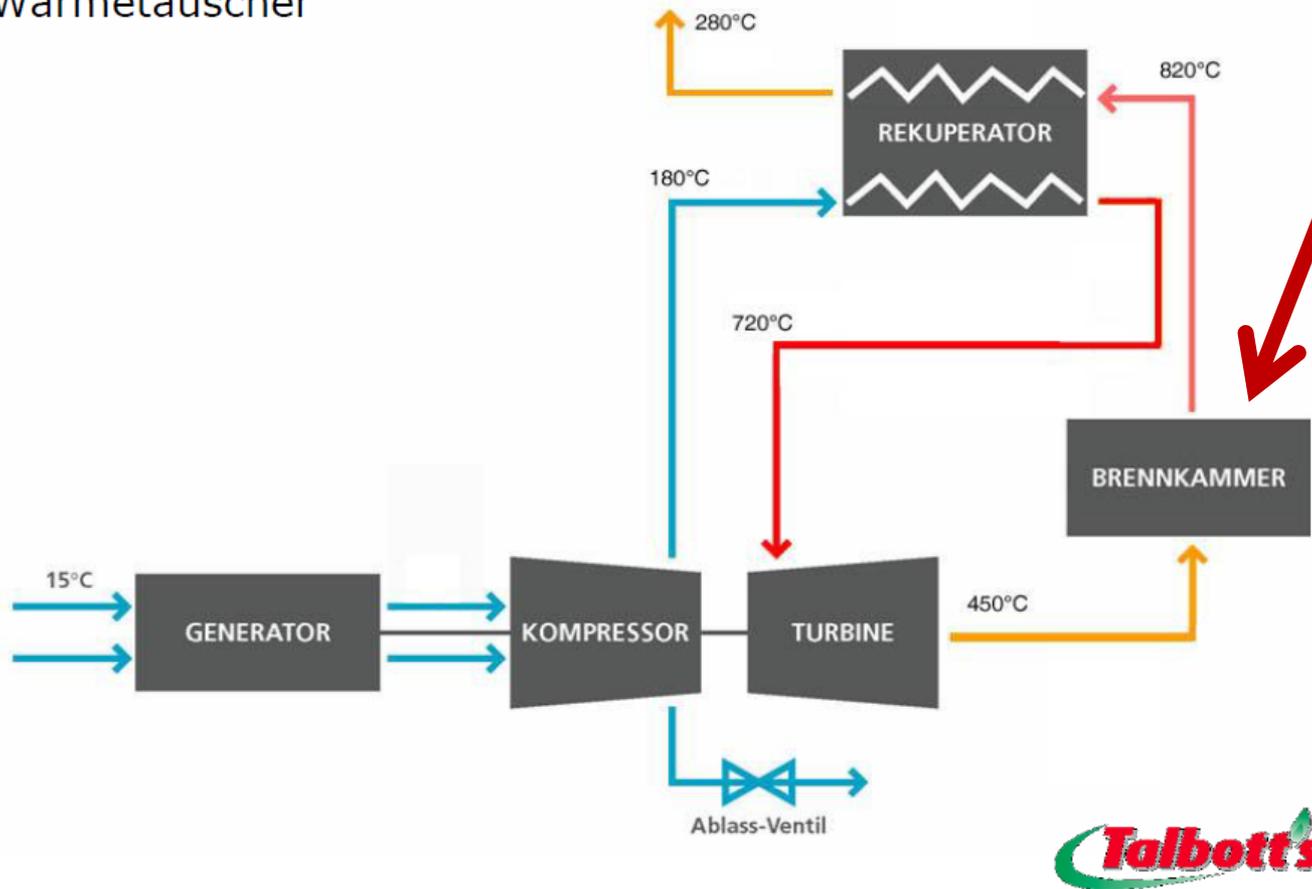
- kompakte Bauweise, geringes Gewicht, 100% regelbar
- Brennstoffvariabilität (Erdgas, Biogas, Heizöl, Flüssiggas)
- geringer Einfluss bei wechselnden Energiegehalten des Brennstoffs (vorteilhaft bei dem Einsatz von Klärgas, Deponiegas, Biogas)
- sehr gutes Teillastverhalten
- hohe Gesamtwirkungsgrade, bis zu 94% je nach Rücklauftemperatur
- geringe Schadstoffemissionen
- geringe Wartungskosten der Turbine (bei Luftlagerung > keine Schmier- und Kühlmittel)
- elektronisches Getriebe → keine Synchronisationseinrichtungen nötig
- hohe Abgastemperaturen, gesamte thermische Nutzenergie im Abgasstrom > ideal nutzbar für Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung und für direkte Abgasnutzung (Trocknung)

### Vorteile / Besonderheiten der Mikrogasturbinentechnologie

## Schema Talbott's Heissluft-Turbine

Brennstoff: Feststoffe; Reststoffe aller Art;

Prinzip: indirekte atmosphärische Verbrennung mit Wärmetauscher



Neue Entwicklung:

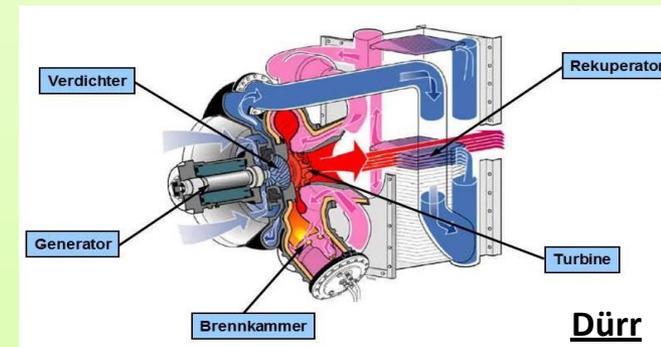
Die Brennkammer für Feststoffe (z.B. Holz-Hackschnitzel) ist zwischen Turbine und (angepasstem) Rekuperator angeordnet.

Elektrische Wirkungsgrade um 20 % wurden erreicht.  
Abwärme mit ca. 280 °C weiter nutzbar.

**Talbott's**

Die Mikrogasturbinentechnologie bietet Potential für weitere Entwicklungen.

# Mikrogasturbinen



eine interessante  
KWK-Technologie

mit speziellen Anwendungsbereichen und gutem Umweltverhalten