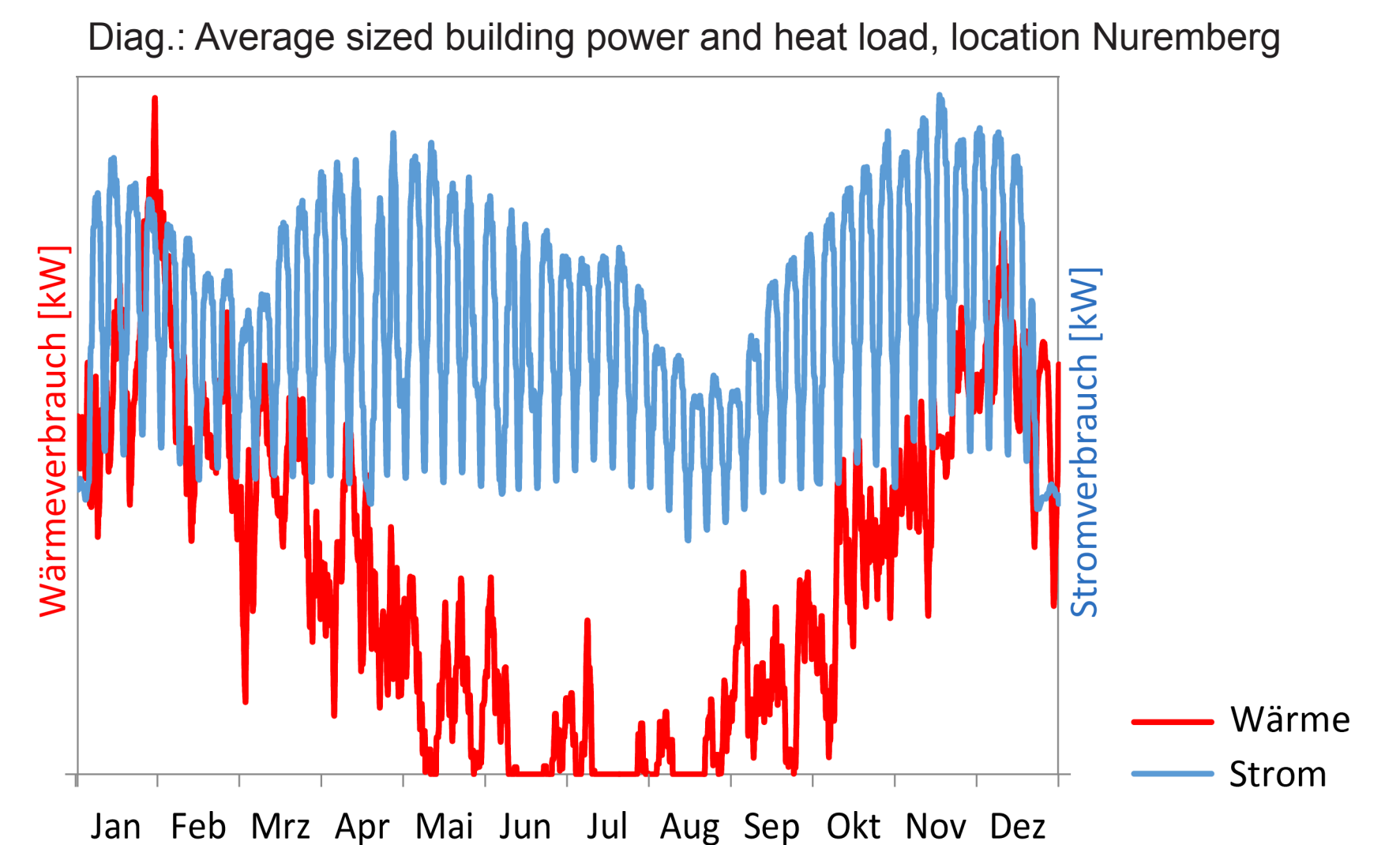


Smart City Energy Systems: Effiziente Kraft-Wärme-Kopplung Nachverstromung von Motorabgasen

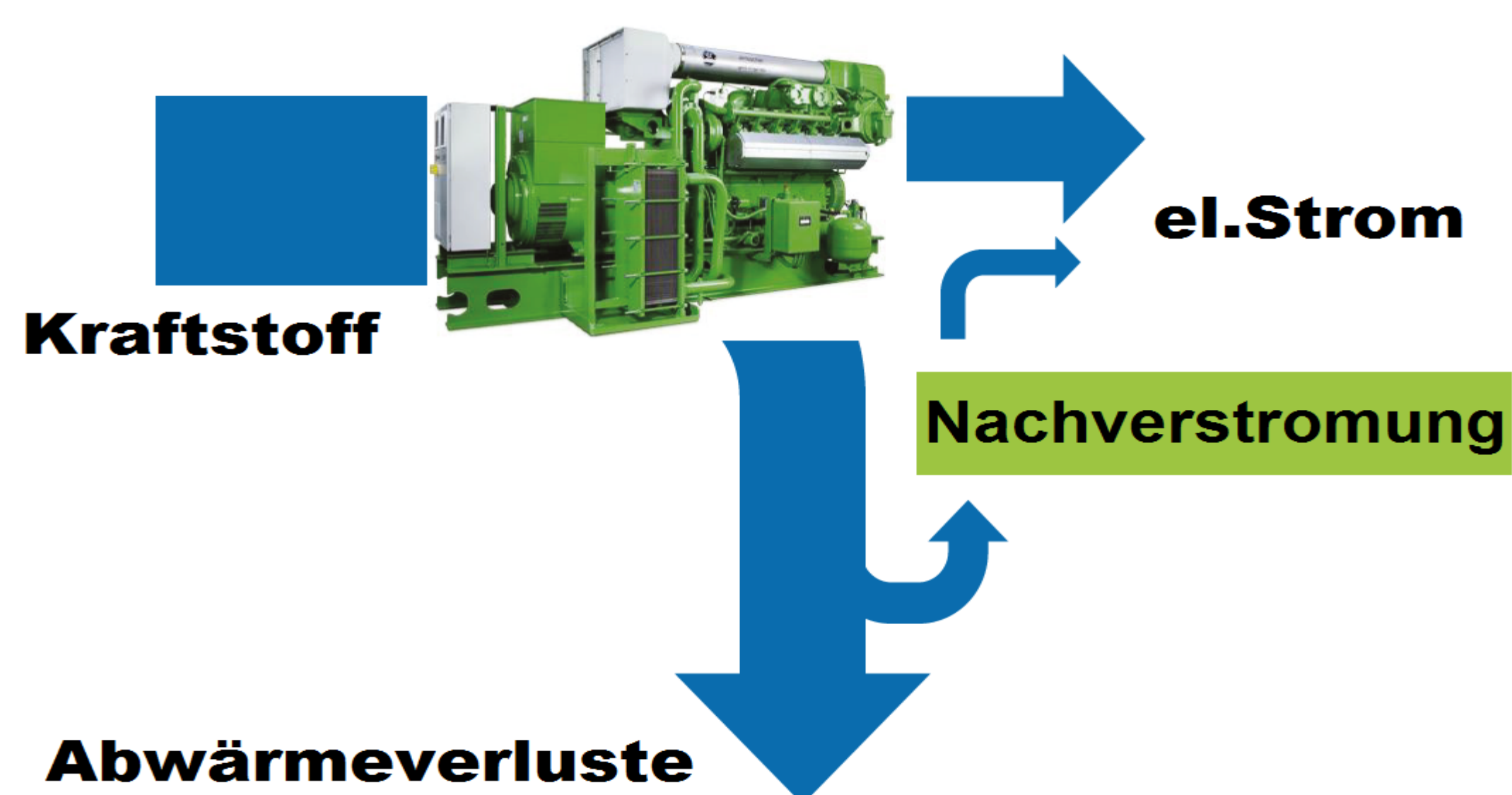
Paris Chatzitakis, Frank Opferkuch

Motivation

- Die deutsche Bundesregierung strebt bis 2020 einen Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an der Energieversorgung von 25% an.
- Solche Anlagen können erheblich zur Stabilität des Stromnetzes beitragen.
- Mit Hilfe von KWK (z.B. durch Blockheizkraftwerke) wird Strom erzeugt und die anfallende Abwärme z.B. zur Heizung von Gebäuden genutzt. Dadurch kann der eingesetzte Brennstoff mit höchster Effizienz ausgenutzt werden.
- Erneuerbare Energieträger (z.B. Biogas, SNG aus P2G) finden auch viel Interesse.
- Im Winter werden sowohl der Strom als auch die Wärme benötigt. Im Sommer kann die Abwärme des Motors nicht genutzt werden, weil dann kaum geheizt wird (siehe rote Kurve). Der Brennstoff wird dann nur teilweise ausgenutzt und der Wirkungsgrad der gesamten Anlage wird schlechter.
- Die Idee ist die verbleibende Wärme durch geeignete Maßnahmen in zusätzlichen Strom zu wandeln.

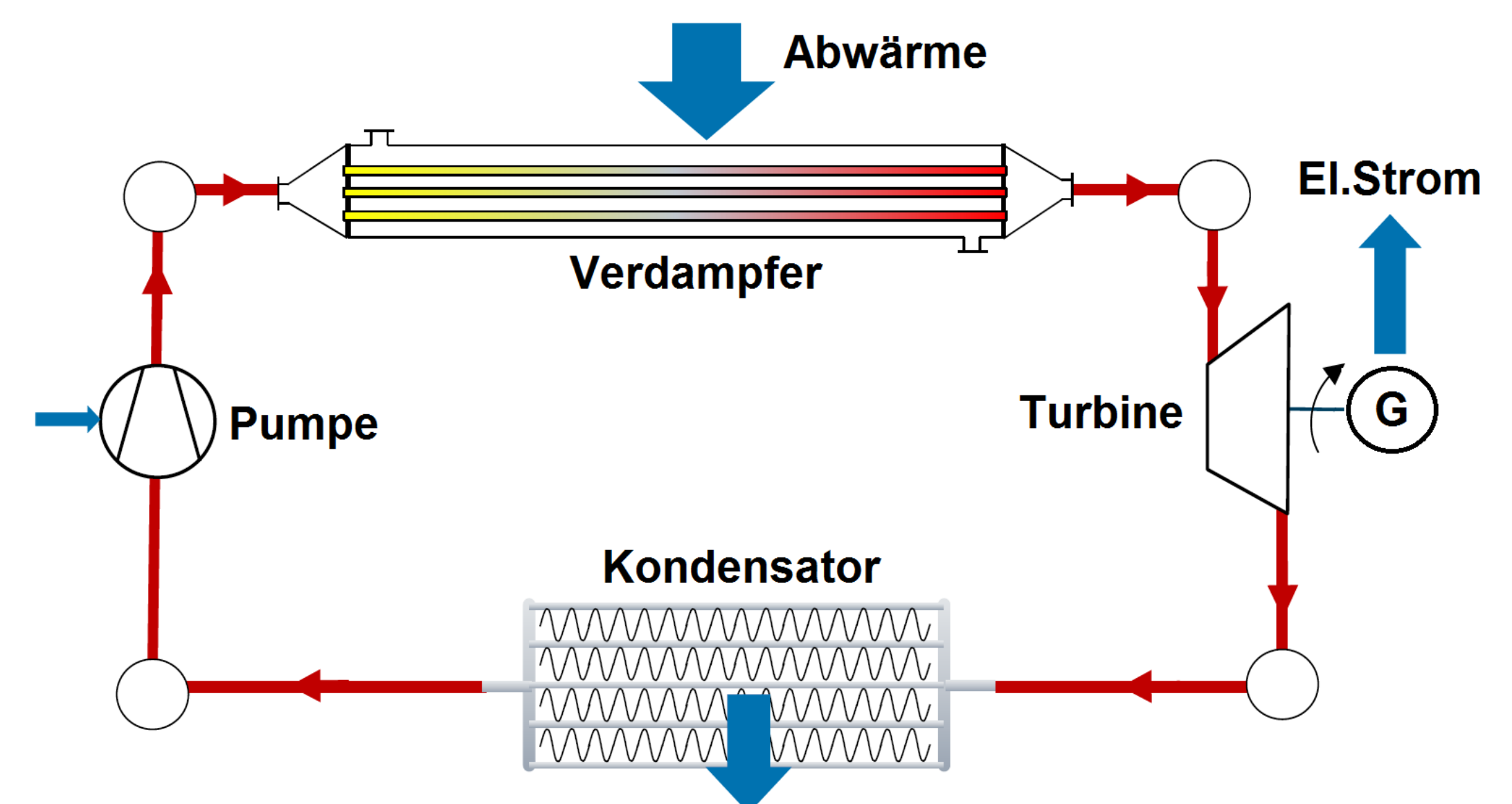


Ansatz - Prinzipschaubild



Das heiße Motorabgas wird durch einen Kreislaufprozess in Strom gewandelt. Dies nennt man Nachverstromung. Selbst dann fällt noch Wärme an und die verbleibende Wärme kann weiter genutzt werden - beispielweise zum Heizen.

Ansatz - Technische Umsetzung



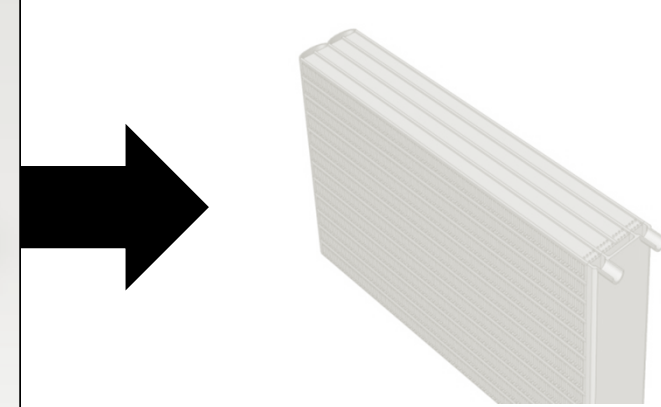
Durch das heiße Abgas wird Wasser verdampft und mit einer Turbine in Strom gewandelt. Durch einen Kondensator wird der Dampf zu Wasser und wird anschließend durch eine Pumpe wieder auf den anfänglichen Druck gebracht. Der Kreislauf beginnt von neuem.

Wissenschaftliche Fragestellung

Wie müssen Nachverstromungsanlagen in einer Smart City für eine günstige und sichere „Stromerzeugung“ gestaltet sein?

Diag.: 250kWth Dampferzeuger für CRC

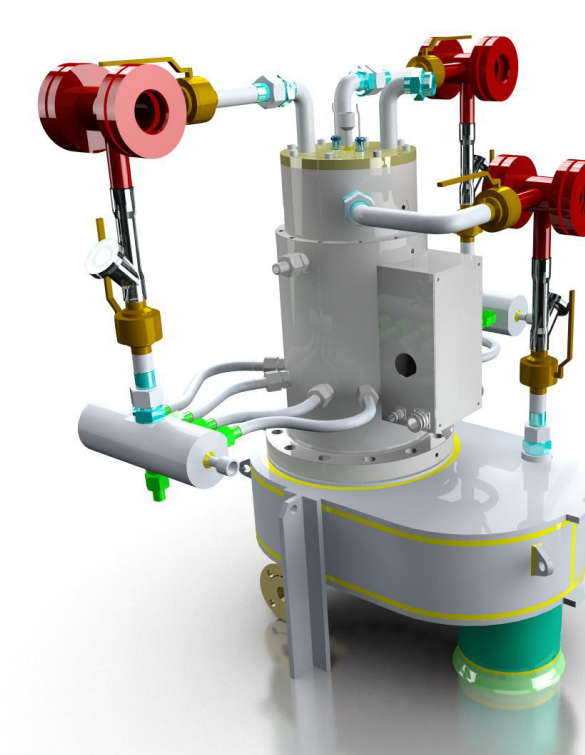
Stand der Technik:
2400 kg
ca. 1400 Liter Wasser
4900x1700x2500 mm



Kompakte Bauweise: Ziel
Zwangsdurchlaufer

- 150 kg
- 10 Liter Wasser
- 500x450x450mm

Hermetische Bauweise: Dampfturbine



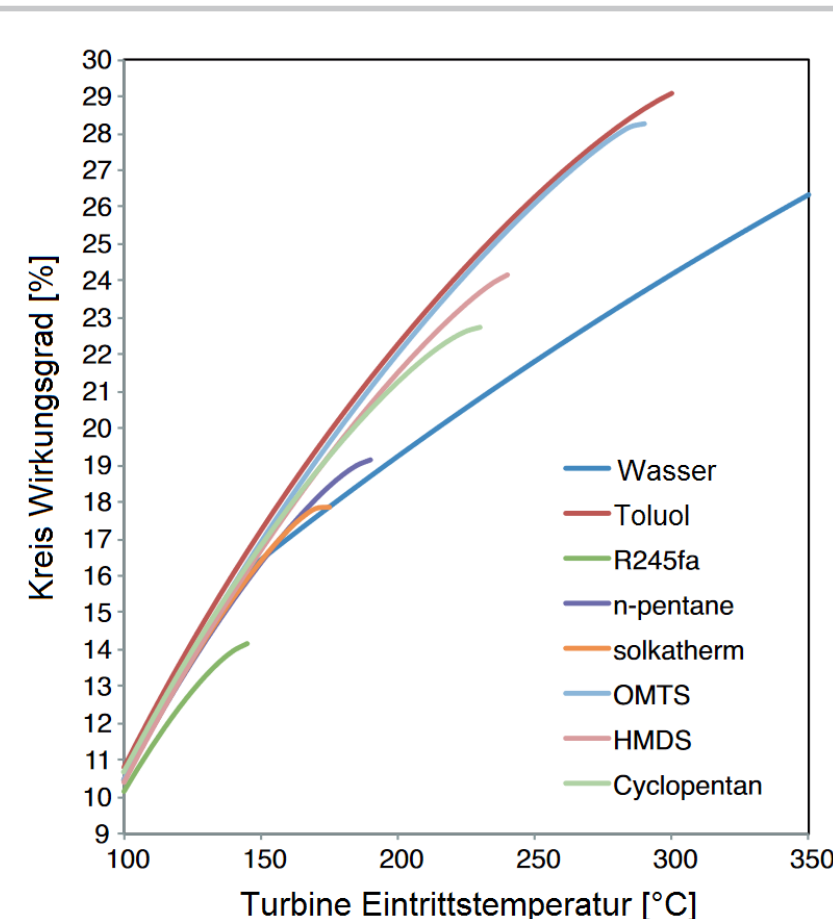
- Daten:
- 36.000 U/min
 - 40 kW

Weitere Information?



Optimales Arbeitsmittel: Sicherheit

- Wasser: völlig unbedenklich
- Toluol: gesundheitsschädigend, entzündlich
- OMTS: entzündlich



Optimales Arbeitsmittel: Wirkungsgrad
Temperaturabhängigkeit

- Wasser
- Toluol
- OMTS (Octamethyltrisiloxan)

Quelle: Vankeirsbilck et al (2011)

Toluene
Substance Identity
EC / List no.: 203-625-9
CAS no.: 108-88-3
Mol. formula: C₇H₈

Octamethyltrisiloxane
Substance Identity
EC / List no.: 203-497-4
CAS no.: 107-51-7
Mol. formula: C₈H₂₄O₃Si₃

Hazard classification & labelling

Toluene: Danger! According to the harmonised classification and labelling (CLP) approved by the European Union, this substance may be fatal if swallowed and enters airways, is a highly flammable liquid and vapour, is suspected of damaging the unborn child, may cause damage to organs through prolonged or repeated exposure, causes skin irritation and may cause drowsiness or dizziness.

Octamethyltrisiloxane: Warning! According to the classification provided by companies to ECHA in REACH registrations this substance is a flammable liquid and vapour.

Quelle: ECHA (2017)

Ausblick

- Für große Kraftwerke, wie zum Beispiel im Kohlekraftwerk, sind das System und seine Komponenten (Turbine, Dampferzeuger, Pumpen, usw.) sehr gut verstanden.
- Für kleine „Kraftwerke“ oder Nachverstromungsanlagen fehlt diese Erfahrung und auch die Möglichkeit diese Komponenten zu testen.
- Die Technische Hochschule Nürnberg bzw. der Nuremberg Campus of Technology plant ein Test- und Entwicklungszentrum für kleine Dampfprozesse aufzubauen.

Kontakt



Dipl.-Ing. Paris Chatzitakis M.Sc.
Technische Hochschule Nuernberg
Nuremberg Campus of Technology
Fürther Straße 246b
90429 Nürnberg
Email: paris.chatzitakis@th-nuernberg.de
Tel.: +49 (0) 911 5880 3168

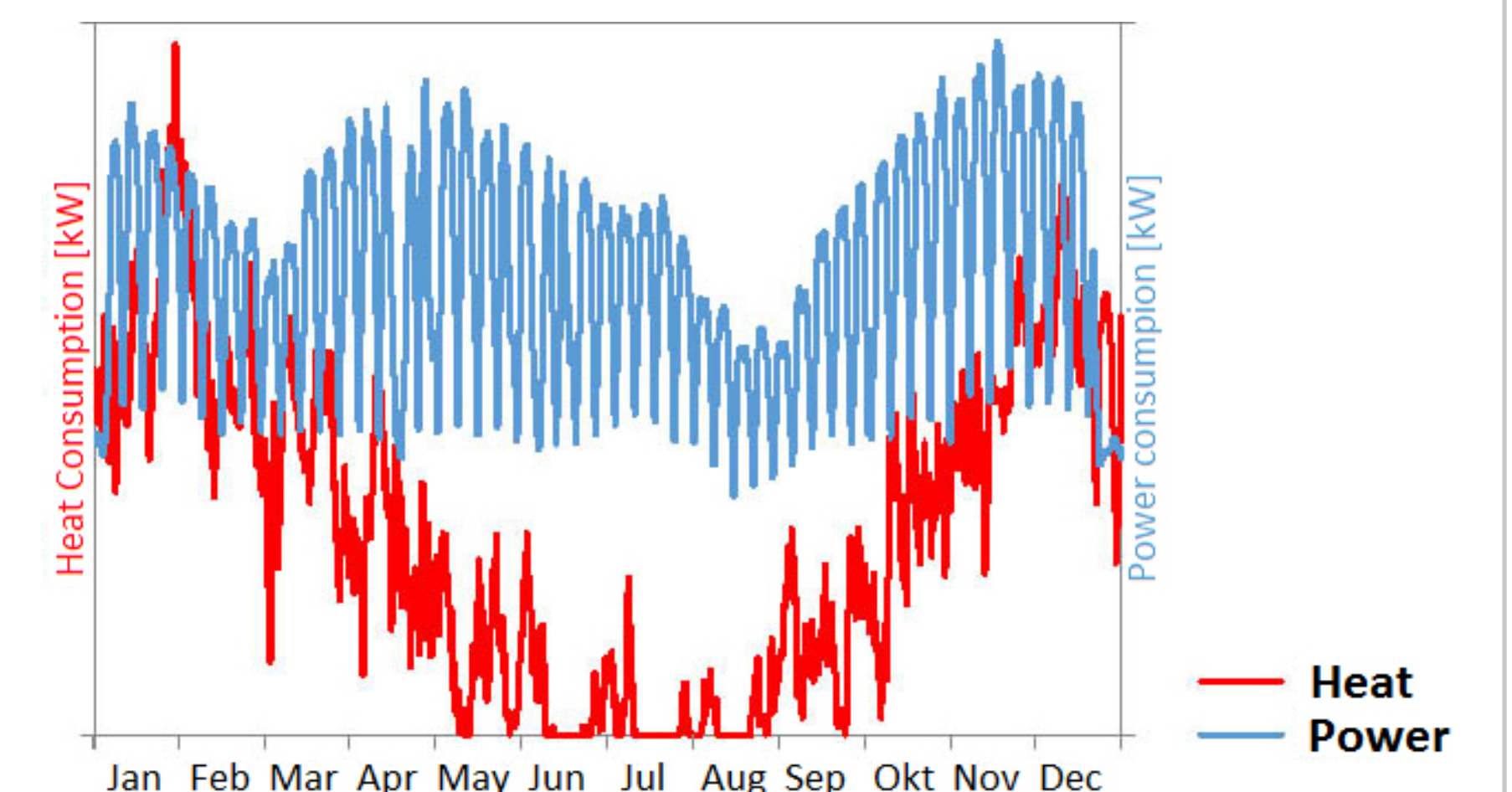
Smart City Energy Systems: Efficient Bottoming Cycle for Internal Combustion Engines in Distributed Combined Heat and Power Plants

Paris Chatzitakis, Frank Opferkuch

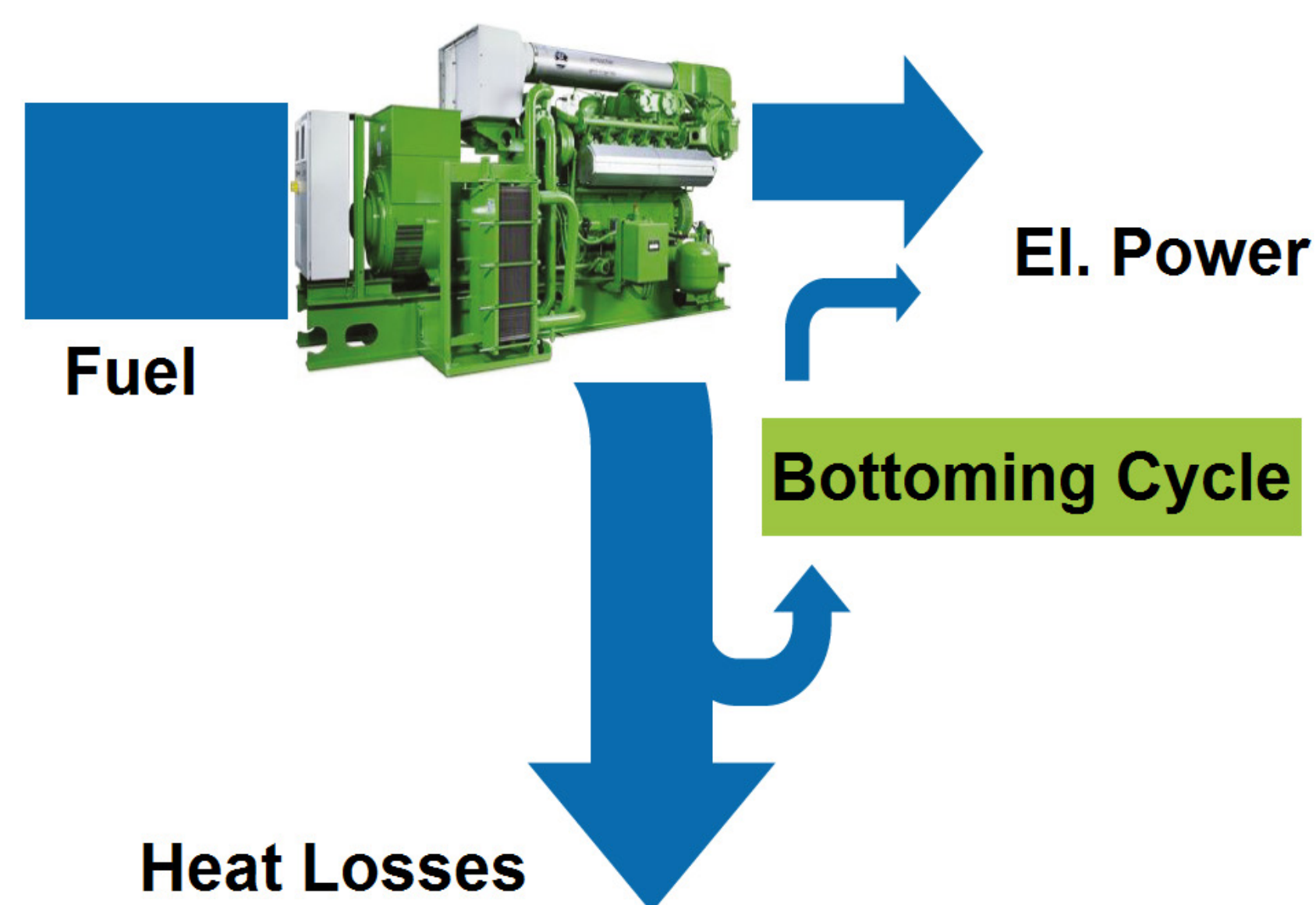
Motivation

- The German federal government is planning to increase the share of combined heat and power (CHP) energy supply up to 25% by the year 2020 (KWKG2016).
- CHP systems (e.g. decentralized cogeneration plants) can significantly contribute towards power network stability.
- Additionally, the waste heat that results from power production is used, for instance, for building heating. This way the consumed fuel can be utilized with maximum efficiency.
- Renewable energy fuels (e.g. biogas, SNG from P2G) are attracting a lot of interest
- In winter time both power and heat are in demand. In the summer, the waste heat from the engine is not utilized because there is hardly a need for heating (see red curve). The fuel is then only partially utilized and the efficiency of the overall system declines.
- The main idea is to convert this residual heat, through appropriate steps, into additional power.

Fig.: Average sized building power and heat load, location Nuremberg

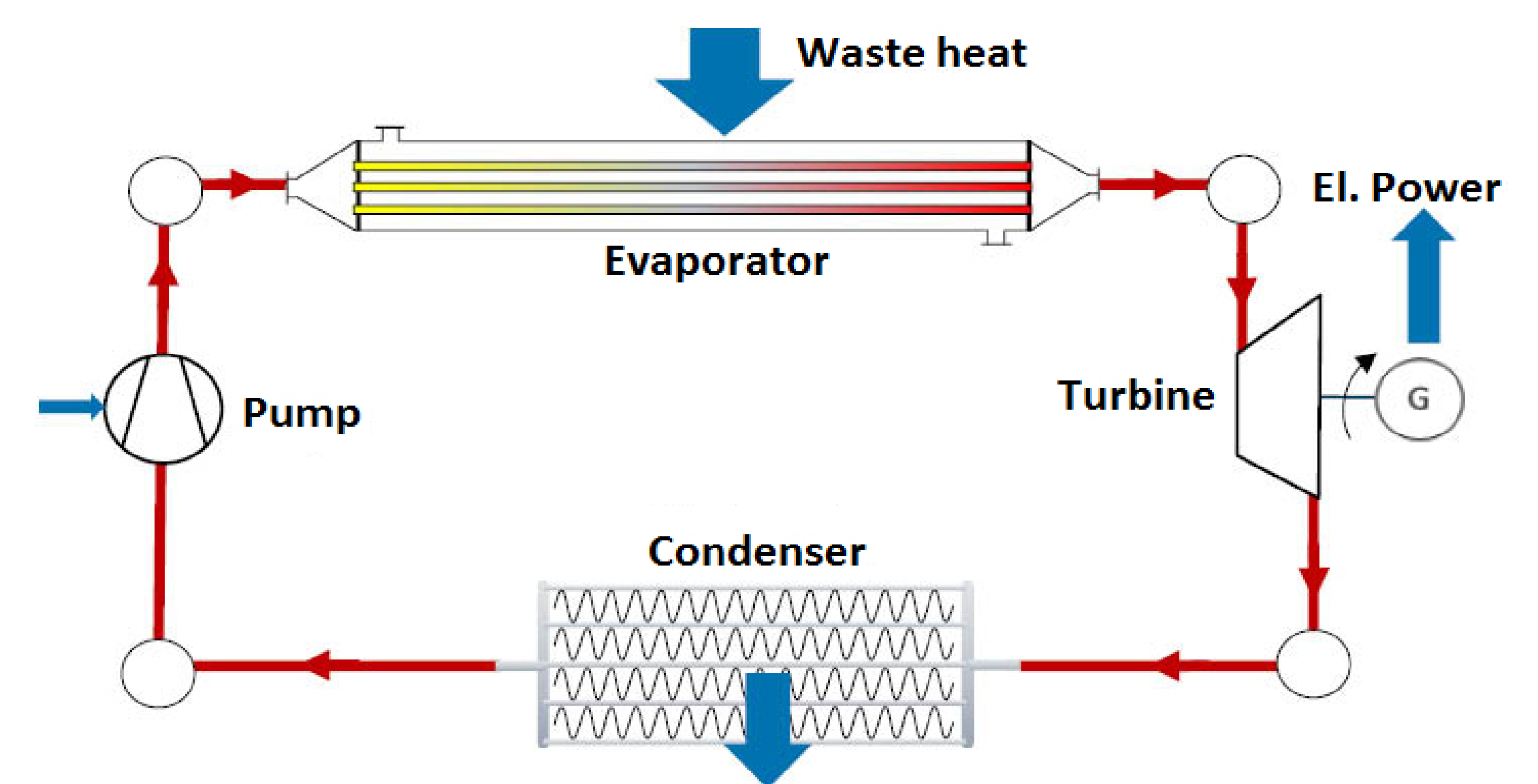


Approach - Principle diagram



The engine exhaust gas heat is converted into power through a thermodynamic cycle process. This is what additional generation refers to. Even then there is still enough remaining heat to supply the regular heating demand, for example winter time heating.

Approach - Technical implementation



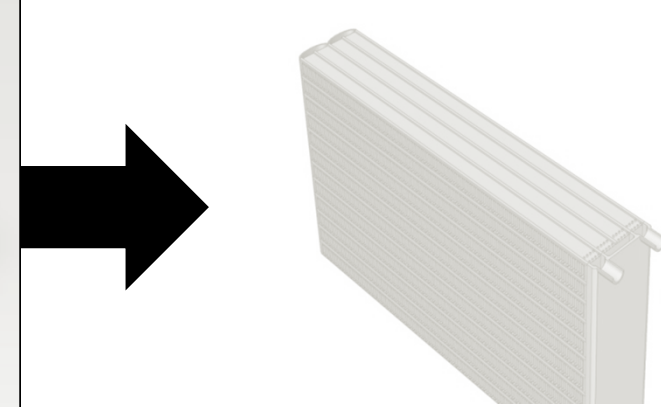
Water is evaporated by the hot exhaust gas and drives a turbine with a generator that produces power. Subsequently, the steam is converted back to water in a condenser, it is then pumped back to the original pressure level and the cycle repeats.

Technical issues

How can the additional generation systems be designed in order to provide safe and economical power generation for a smart city?

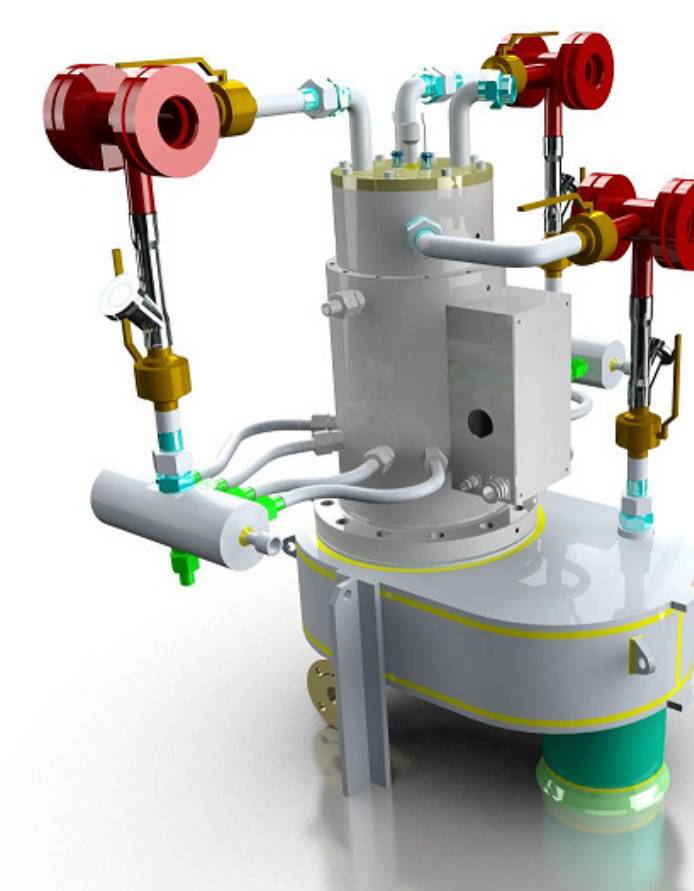
Fig.: 250kWth steam generators for CRC

Current design:
2400 kg
ca. 1400 Liters water
4900x1700x2500 mm



Compact design:
Once through steam generator

- 150 kg
- 10 Liters water
- 500x450x450mm

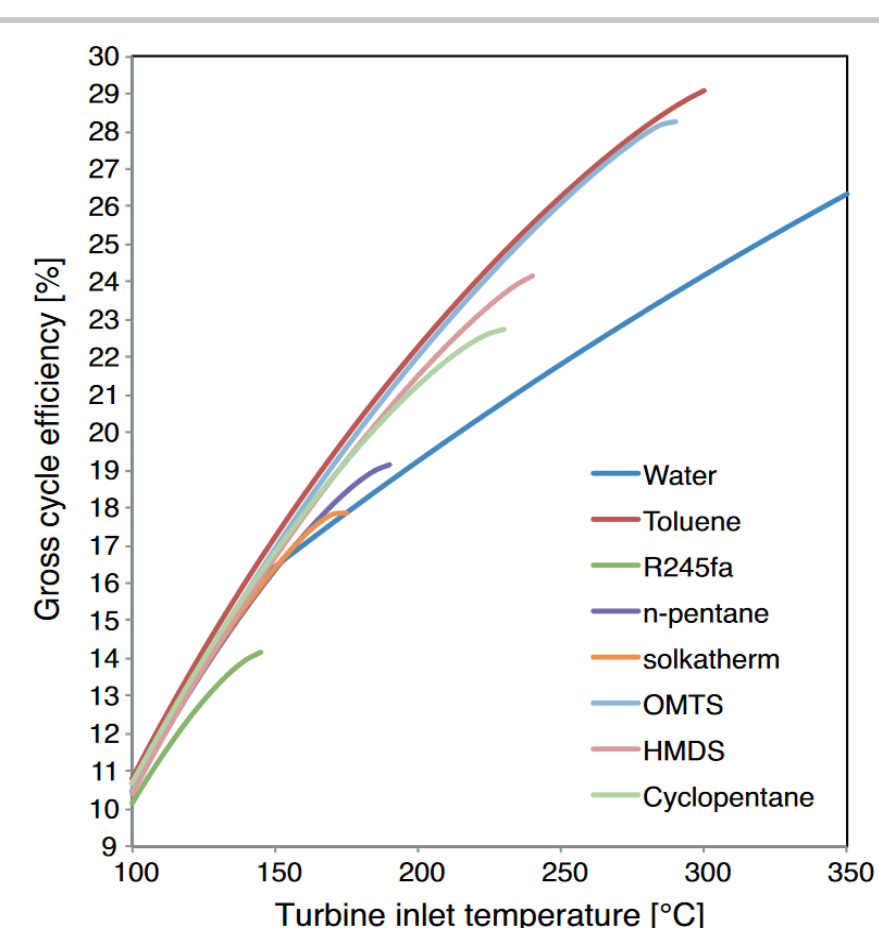


Hermetic design:
e.g. Steam turbine

Data:

- 36.000 U/min
- 40 kW

More Info?



Optimal working fluid: Efficiency
Temperature dependence

- Water
- Toluene
- OMTS (octamethyltrisiloxane)

source: Vankeirsbilck et al (2011)

Toluene
Substance Identity
EC / List no.: 203-625-9
CAS no.: 108-88-3
Mol. formula: C₇H₈

Octamethyltrisiloxane
Substance Identity
EC / List no.: 203-497-4
CAS no.: 107-51-7
Mol. formula: C₈H₂₀Si₃O₂

Hazard classification & labelling

Toluene: Danger! According to the harmonised classification and labelling (CLP) approved by the European Union, this substance may be fatal if swallowed and enters airways, is a highly flammable liquid and vapour, is suspected of damaging the unborn child, may cause damage to organs through prolonged or repeated exposure, causes skin irritation and may cause drowsiness or dizziness.

Octamethyltrisiloxane: Warning! According to the classification provided by companies to ECHA in REACH registrations this substance is a flammable liquid and vapour.

Optimal working fluid: Safety
Human & environmental effects

- Water: harmless
- Toluene: toxic and highly flammable
- OMTS: highly flammable

source: ECHA (2017)

Overview

- In large power plants, for instance coal, such systems and their components (turbines, evaporators, pumps etc.) are very thoroughly developed.
- This experience though is lacking for small scale plants or bottoming cycles and also the ability to test such components.
- The Nuremberg Campus of Technology, through the Technische Hochschule Nuernberg is planning to construct a testing and development center for small scale steam processes.

Contact



Dipl.-Ing. Paris Chatzitakis M.Sc.
Technische Hochschule Nuernberg
Nuremberg Campus of Technology
Fürther Straße 246b
90429 Nürnberg
Email: paris.chatzitakis@th-nuernberg.de
Tel.: +49 (0) 911 5880 3168