



# Die wärmegeführte Kraft-Wärme-Kopplung

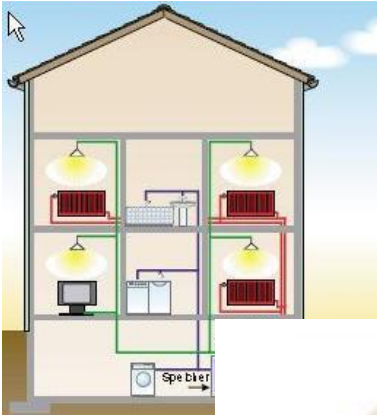
## Technische Lösungen und Wirkungsweisen

Markus Telian, Leiter Marketing & Entwicklung Heiztechnik, Hovalwerk Vaduz

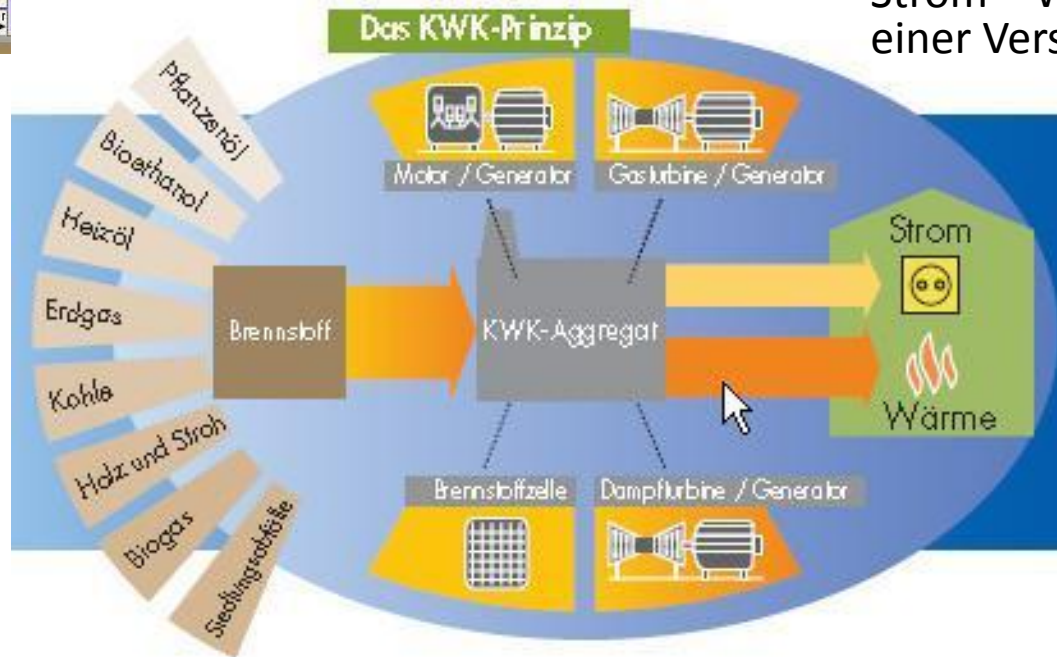
# Inhalt

- KWK – Prinzip
- Elektrischer Nutzungsgrad
- Lastprofil – Laufzeiten
- CO<sub>2</sub> - Werte
- Otto- & Dieselmotor BHKW
- Stirling BHKW
- Brennstoffzelle

# Das KWK Prinzip

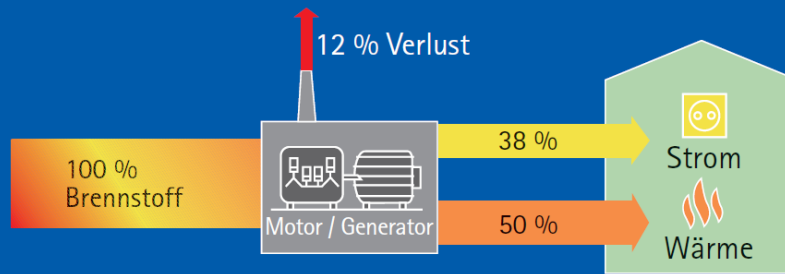


- KWK – Kraft - Wärme – Kopplung
- BHKW – Blockheizkraftwerk
- KWK ist die gekoppelte Strom – Wärmeerzeugung in einer Versorgungseinheit!

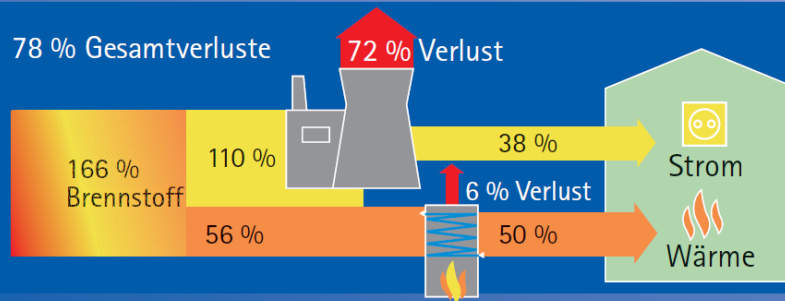


# Nutzungsgrad

## KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG (Blockheizkraftwerk)

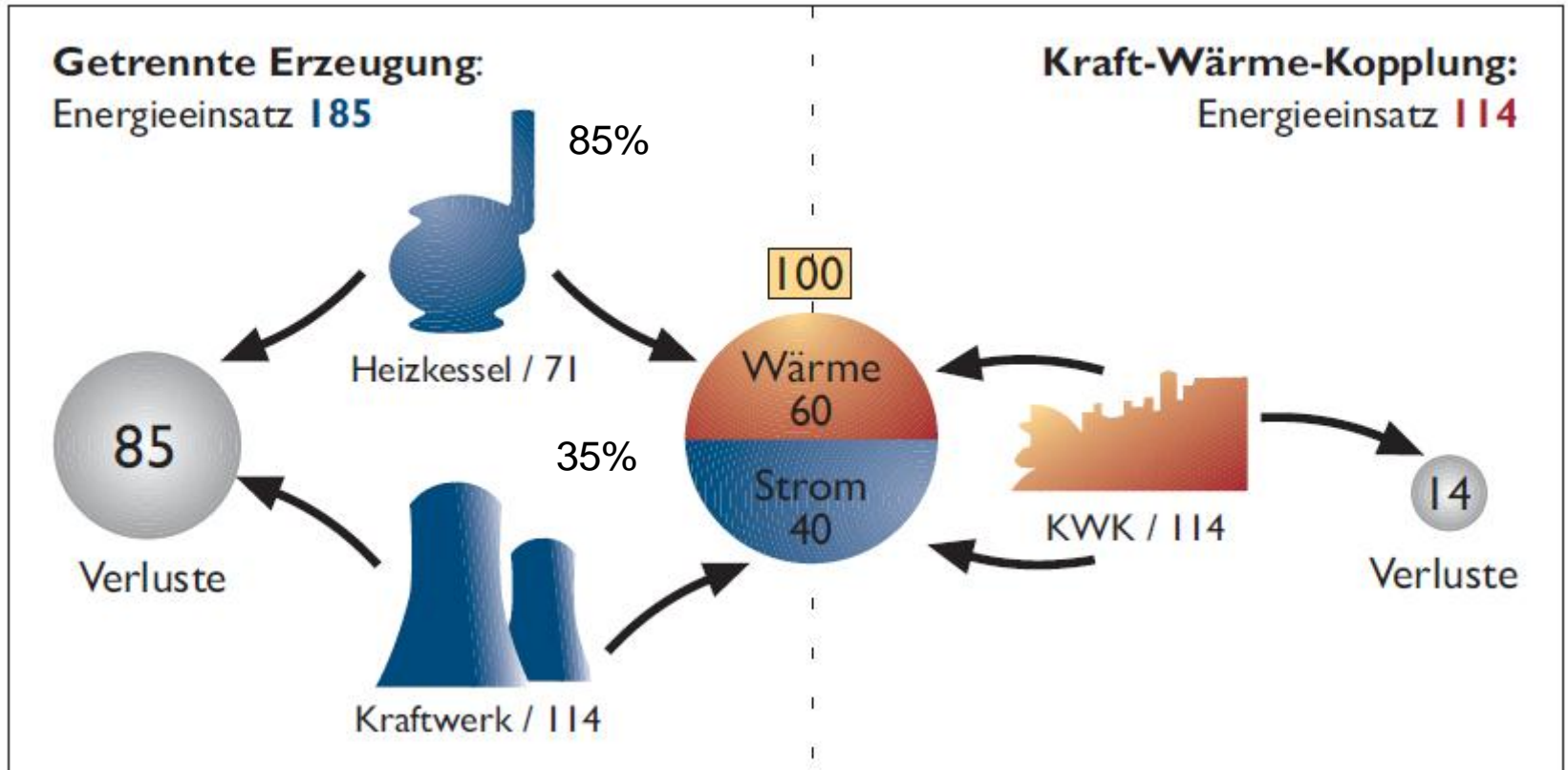


## GETRENNTE ERZEUGUNG (Strom im Kraftwerk / Wärme im Kessel)



Um die gleiche Menge Strom und Wärme zu erzeugen, ist bei getrennter Erzeugung 66 % mehr Energie erforderlich.

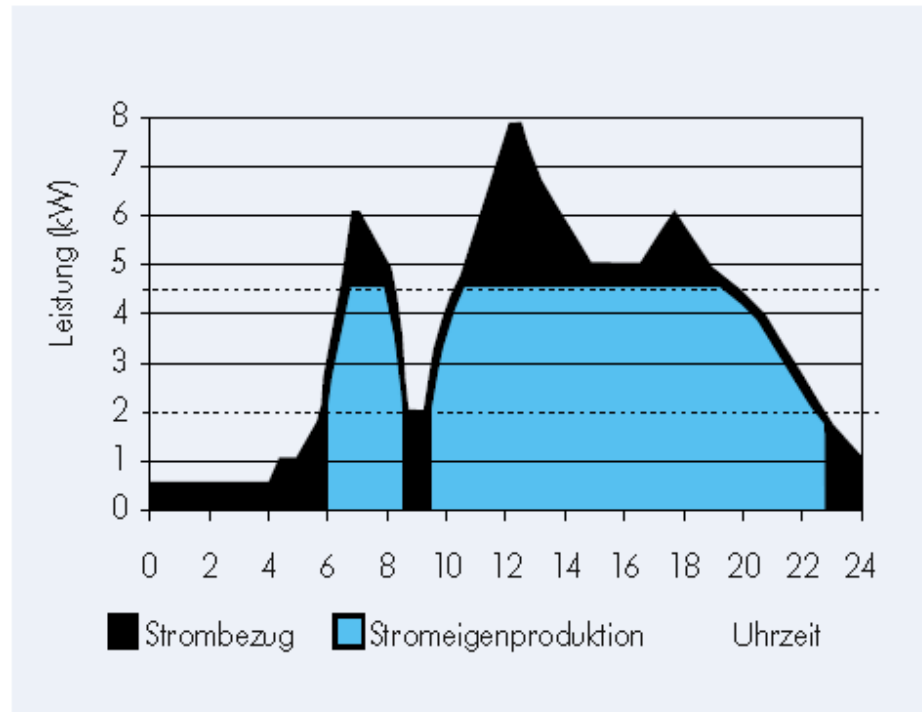
# Nutzungsgrad



54%

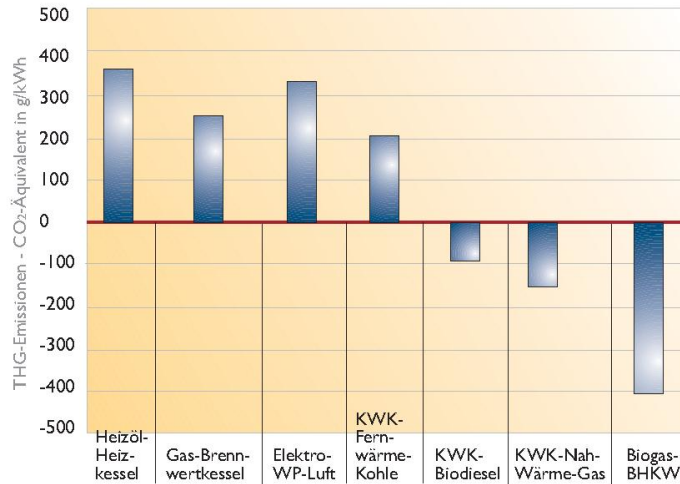
88%

# Lastprofil – Laufzeiten



Fahrweise eines leistungsvariablen BHKW (2-4.5kWe)

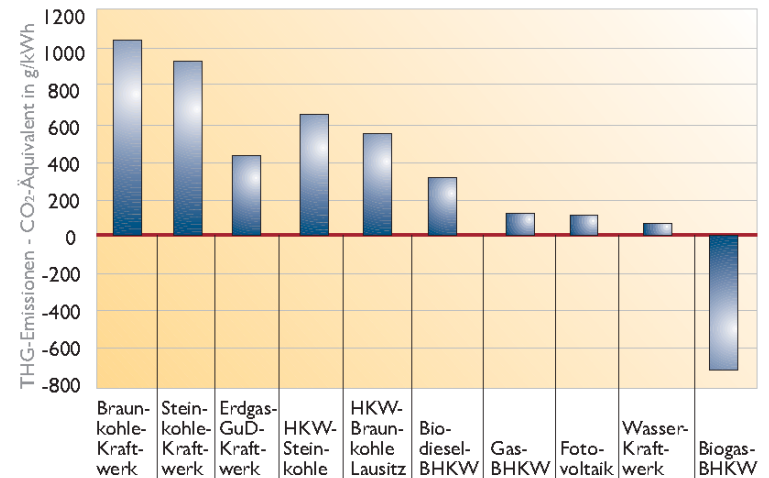
# CO<sub>2</sub> – Äquivalent



## Treibhausgas-Emissionen von Heizsystemen (nach GEMIS)

Die rechnerischen Negativemissionen der drei rechten KWK-Anlagen erklären sich daraus, dass durch die vermiedene Stromerzeugung in einem herkömmlichen Kraftwerk mehr Emissionen eingespart werden, als das BHKW vor Ort selbst erzeugt. Ein Kohle-Heizkraftwerk ist günstiger als herkömmliche Heizkessel oder Elektrowärmepumpen.

Nah- und Fernwärme aus Gas- und Rapsöl-BHKW bringen deutliche Entlastungen. Am günstigsten ist das Biogas-BHKW.



## Treibhausgas-Emissionen von Stromerzeugungssystemen (nach GEMIS)





Bei den KWK-Anlagen ist unterstellt, dass die Wärmeerzeugung Heizöl im Kessel ersetzt. Das Gas-BHKW ist dabei überraschender Weise ähnlich günstig wie Fotovoltaik.

Mit Abstand am günstigsten: Das Biogas-BHKW.

GEMIS - Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme - ist ein Computer-Instrument zur Umwelt- und Kostenanalyse von Energie-, Transport-, und Stoffsystemen. Das Modell ermöglicht es, Primärenergieverbrauch, Schadstoffemissionen und Stoffflüsse verschiedener Energie- und Verkehrssysteme zu vergleichen sowie Verbrauch und Emissionen auf jeder Stufe der Energiegewinnung, -umwandlung und -nutzung nachzuvollziehen. GEMIS soll dazu beitragen, die Umweltwirkungsanalyse zum selbstverständlichen Bestandteil von Entscheidungsprozessen in energiewirtschaftlichen und kommunalen Planungen zu etablieren. (info: [www.oeko.de/service/GEMIS](http://www.oeko.de/service/GEMIS))



# Otto- & Dieselmotor

Dachs ca. 5kWe G,BG,HL,RME,R	Ecopower e3.0 / e4.7 ca. 3kWe oder 5kWe G,LPG	Honda, ca. 1kWe, G,LNG,LPG	Lichtblick / VW 5 – 20 kWe
			
SenerTec GmbH, D 97424 - Schweinfurt	Vaillant Group D- 42850 Remscheid  PowerPlus Technologie GmbH D – 07548 Gera	Vaillant Group D- 42850 Remscheid  Honda Motor Europe (North) D -63069 Offenbach	VW Salzgitter

Beispiel, kein Anspruch auf Vollständigkeit





- **Vaillant / HONDA**

- Weltweit grösster Motoren- und Generatorhersteller
- Weitreichende Praxiserfahrung in Entwicklung und Produktion von Klein – KWK – Einheiten
- (ca. 100.000 Praxisanlagen in Japan/USA)

- Technische Daten:

- 1 kW elektrische Leistung
- 2,8 kW thermische Leistung
- 22,5 % elektrischer Wirkungsgrad
- 85,5% Gesamtwirkungsgrad
- 164 cm<sup>3</sup> 4-Takt Ottomotor



Die wärmegeführte Kraft-Wärme-Kopplung

## Quelle

VAILLANT GROUP

WKK-Fachtagung Zürich, Claudia Altenrath



**Luftfilter**

**Generator / Starter**

**1 Zylinder Gasmotor**

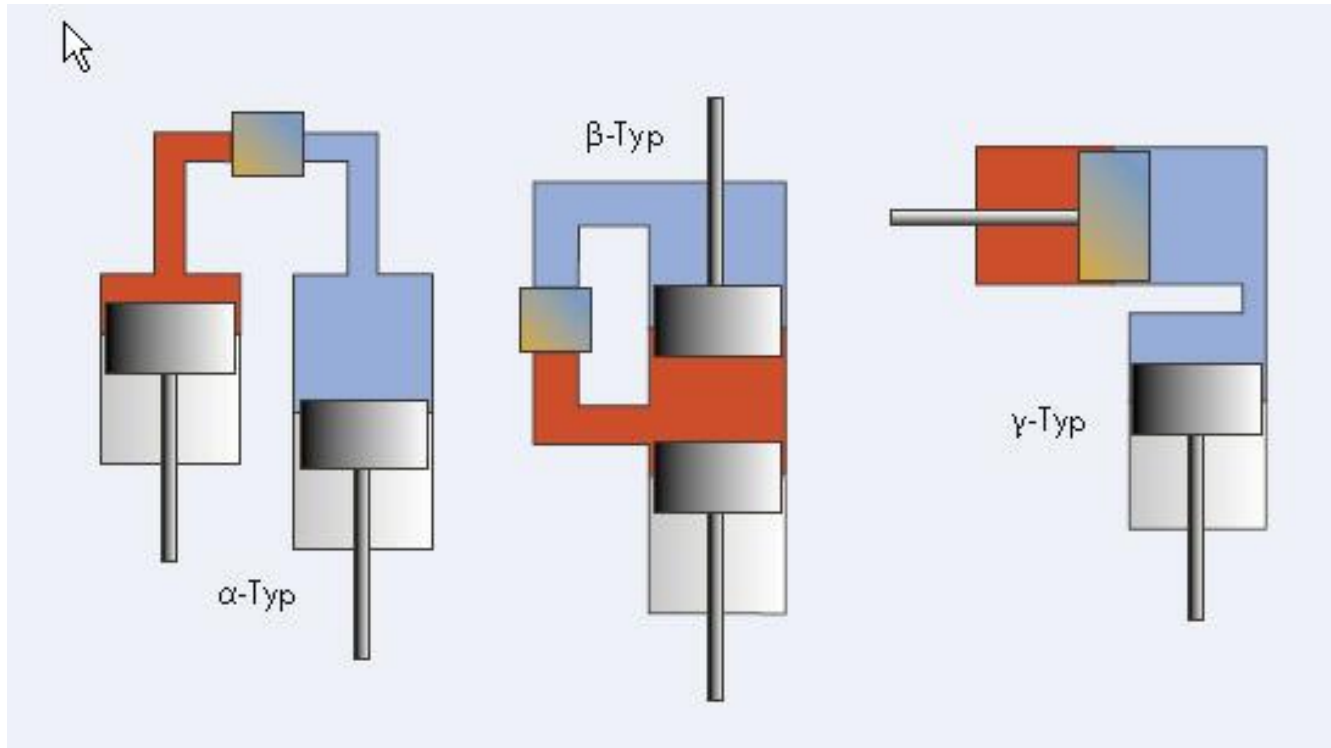
**Ölfilter**

**Öltank**

**Abgaswärmetauscher**



# Prinzip Stirling



# Sirlings, Dampfmotor

Wisper Gen, ca. 0.75kWe G	Sunmaschine, 3kWe, Pellets, G	Stirling ca. 1kWe G	Lion, 1kWe G,HL
			
Wisper Tech Limited Europe / Heerhugowaard Niederlande	Sunmaschine GmbH D-87499 Wildpoldsried	Elcotherm AG CH- 7324 Vilters  Enatec, Rinnai, Ariston, BBT, Eneco	Otag V-GmbH- & Co.KG D-59939 Olsberg
Hoval Stirling 1kWe, Stückholz, Pellets	Vaillant Stirling 1kWe G	Stirling 1.2 kWe G	
			
Hovalwerk AG FL-9490 Vaduz	Vaillant Group D- 42850 Remscheid	Stirling Systems AG CH-8200 Schaffhausen	

Beispiel, kein Anspruch auf Vollständigkeit

# Prinzipieller Aufbau

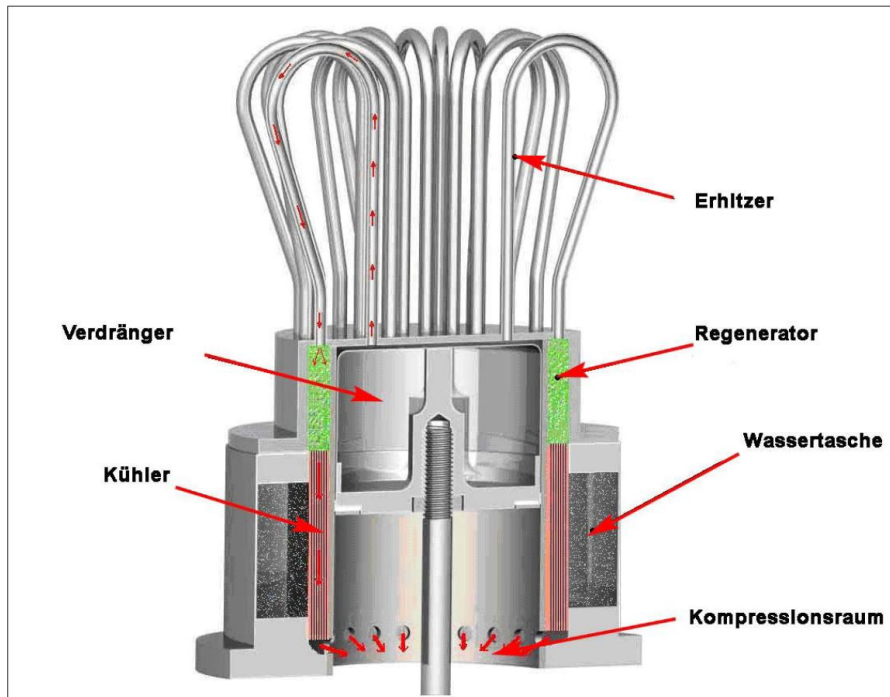
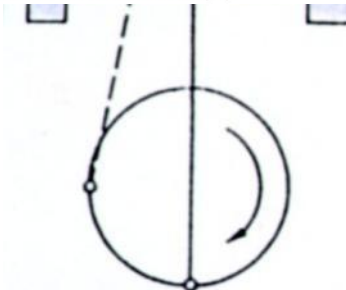
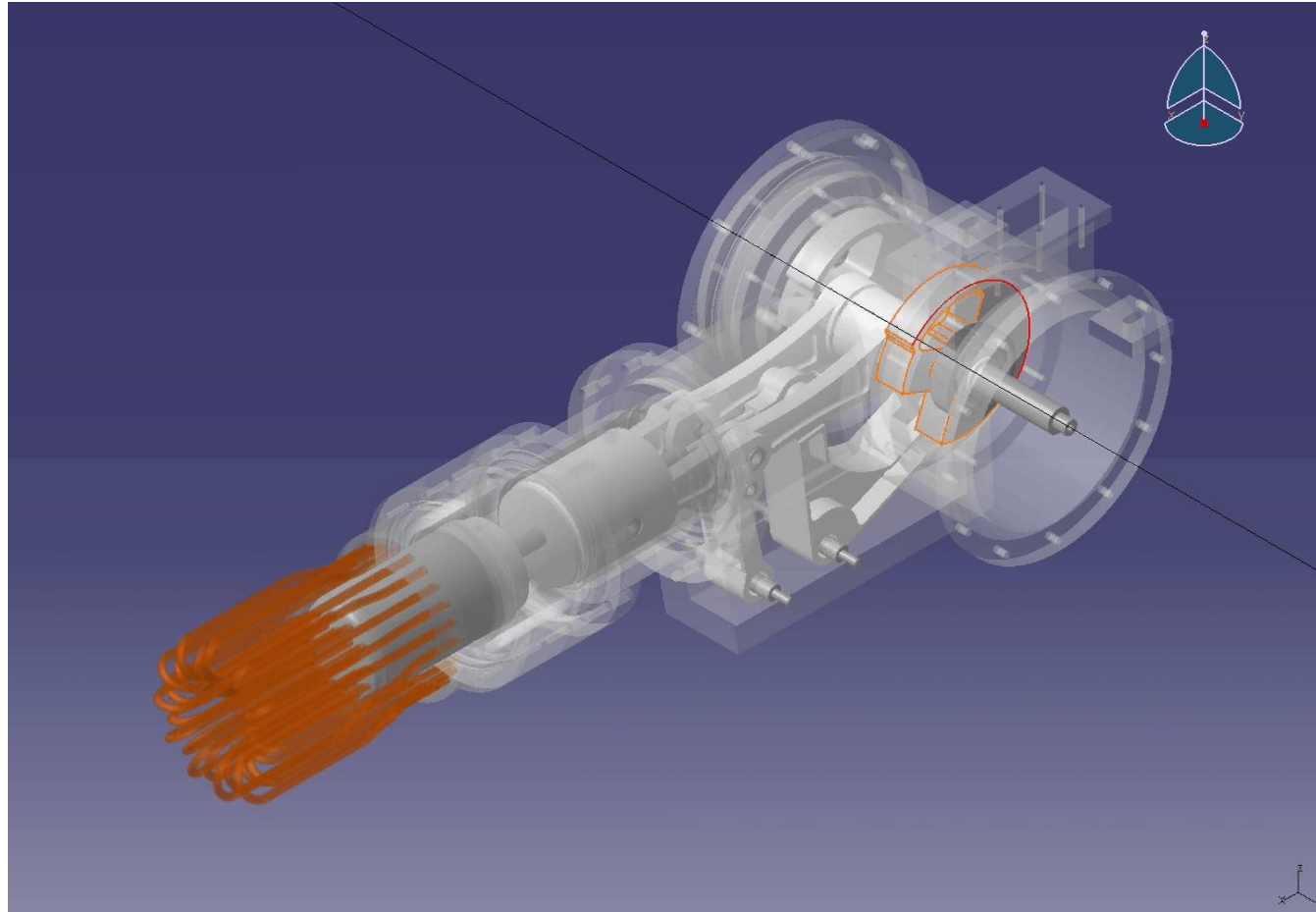


Abbildung 3-4: Wärmetauscher im Querschnitt /1/



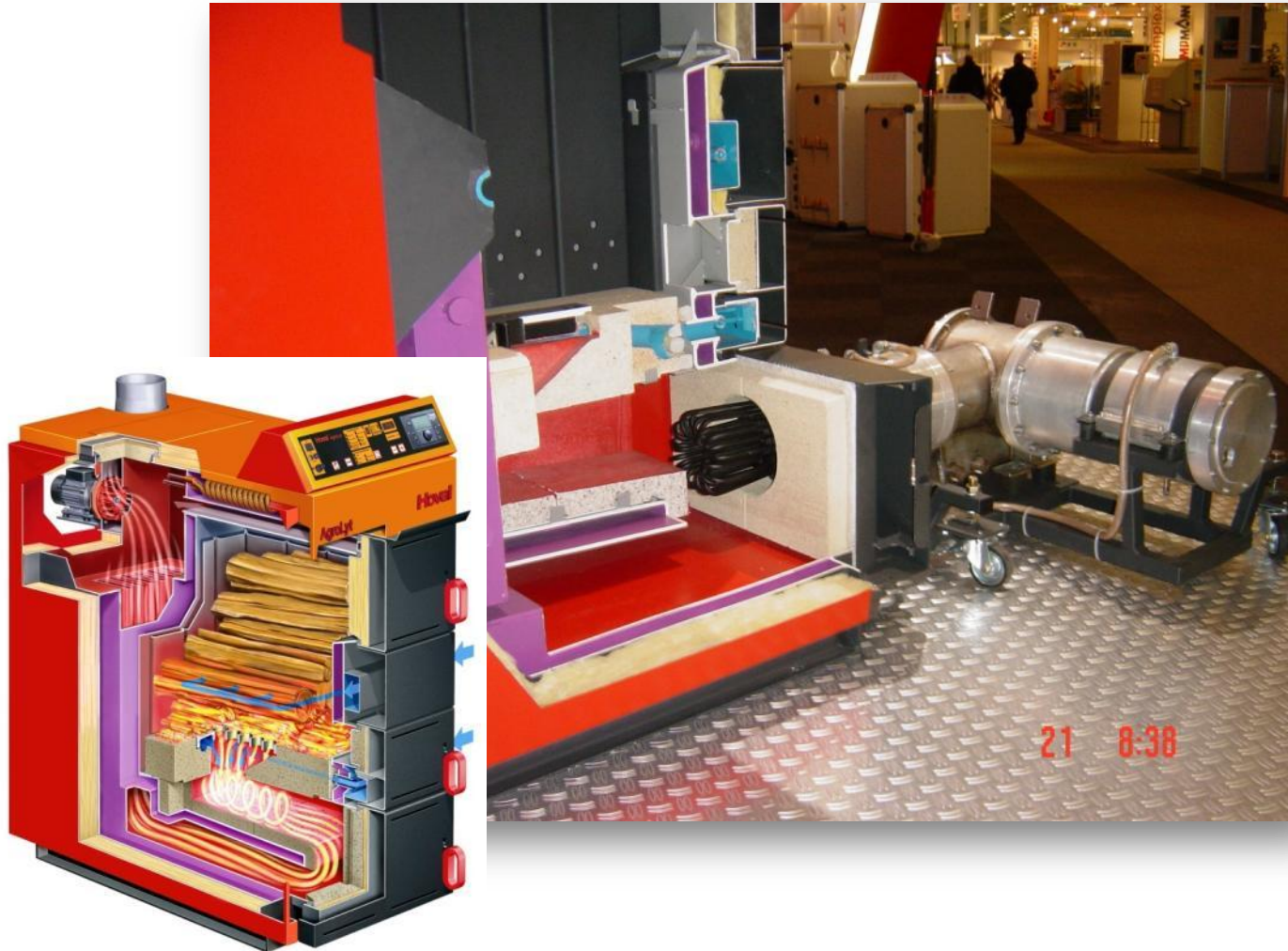
2 Kurbelzapfen  
90 ° phasenverschoben

# Animation

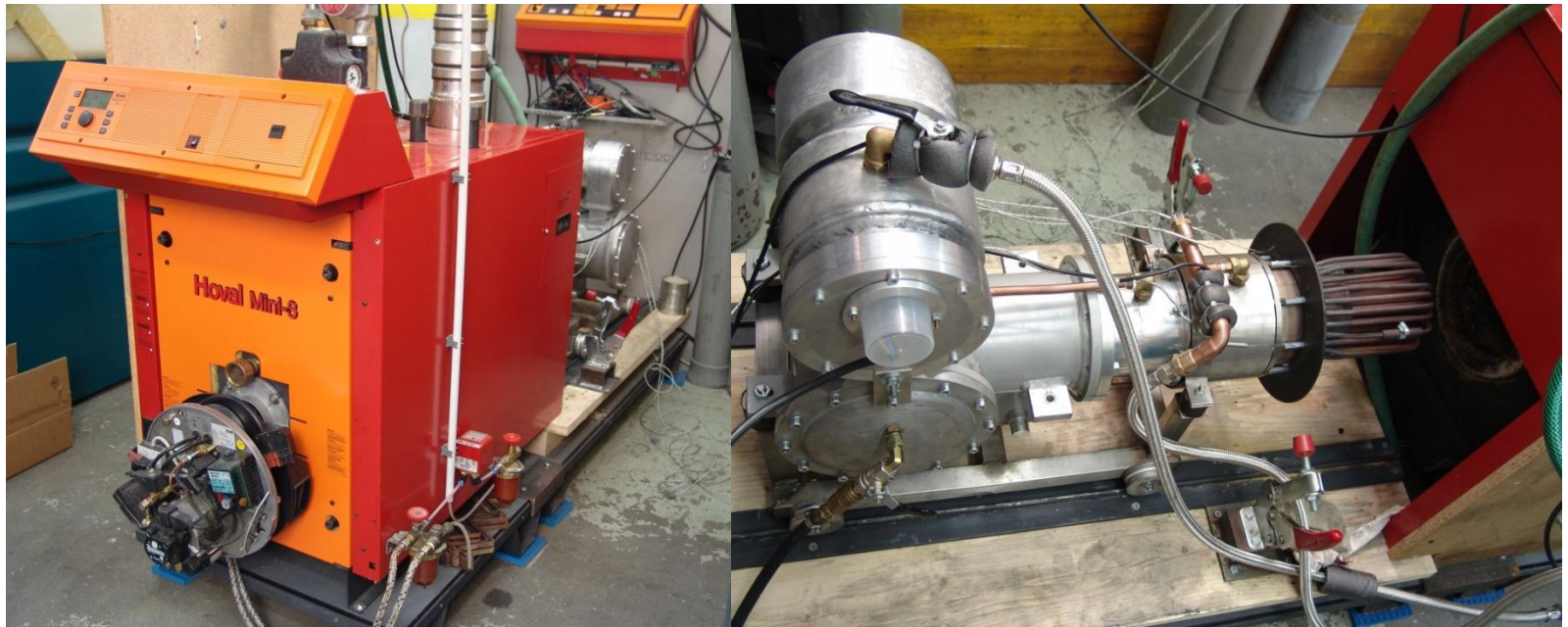


Zur Animation auf Bild klicken

# Einbau beim AgroLyt®



# Dauerversuche





# Momentaner Status

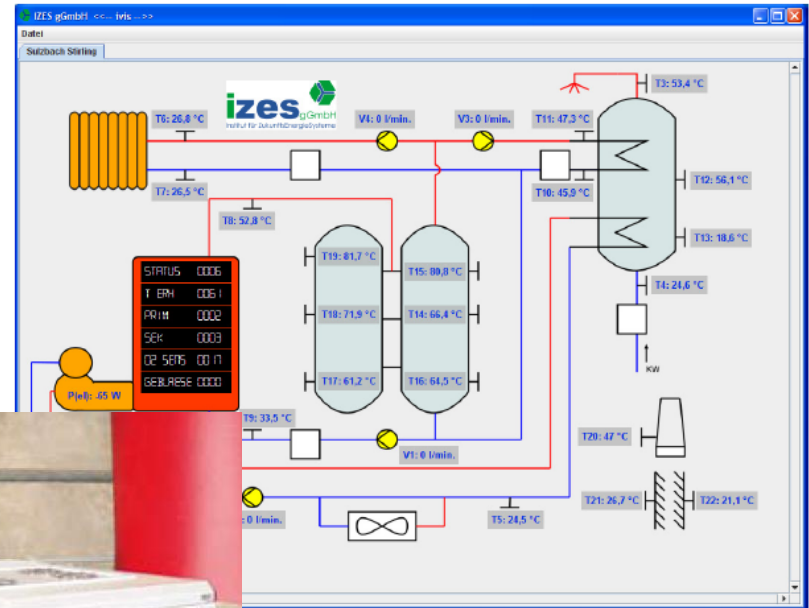
- 5 Testanlagen in Betrieb



# Optimierung des Gesamtsystems



- Monitoring-Projekt mit IZES, Saarbrücken / FNR



Online Visualisierung in Sulzbach



# Vor Optimierung

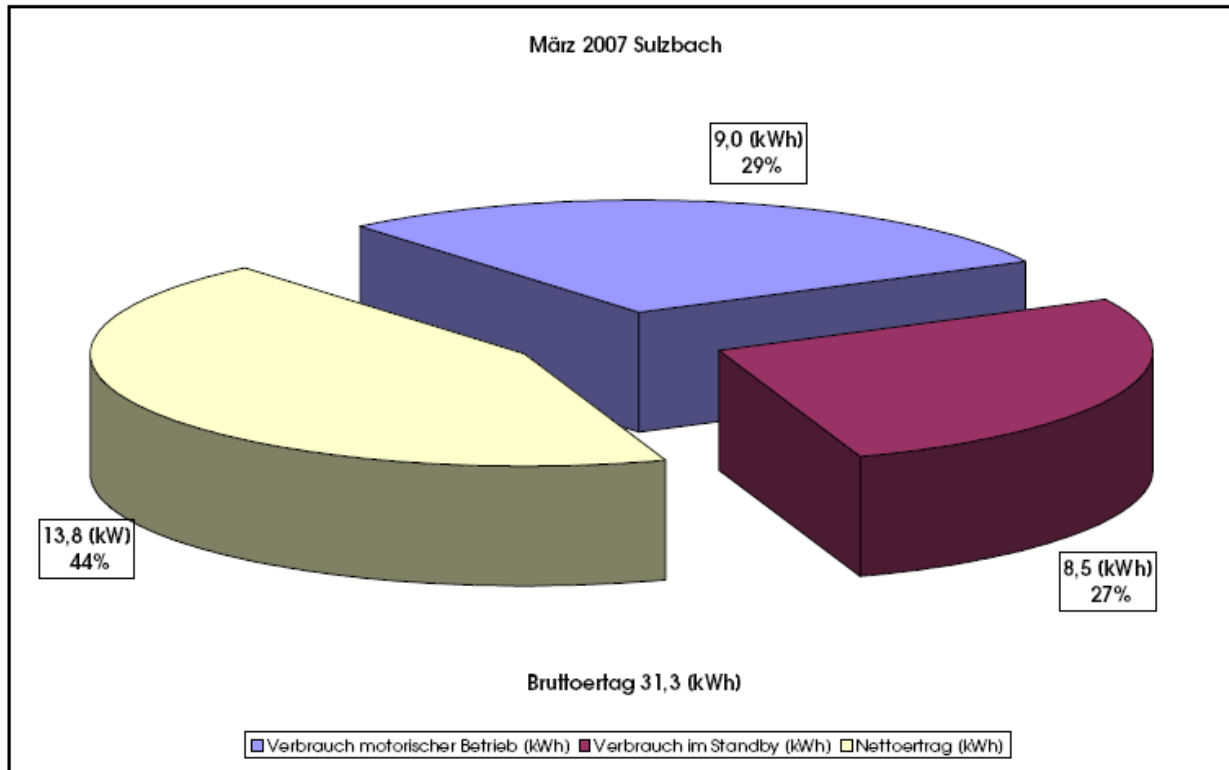


Abbildung 6-2: Stromertrag und Stromverbrauch im Monat März 2007

# Nach Optimierung

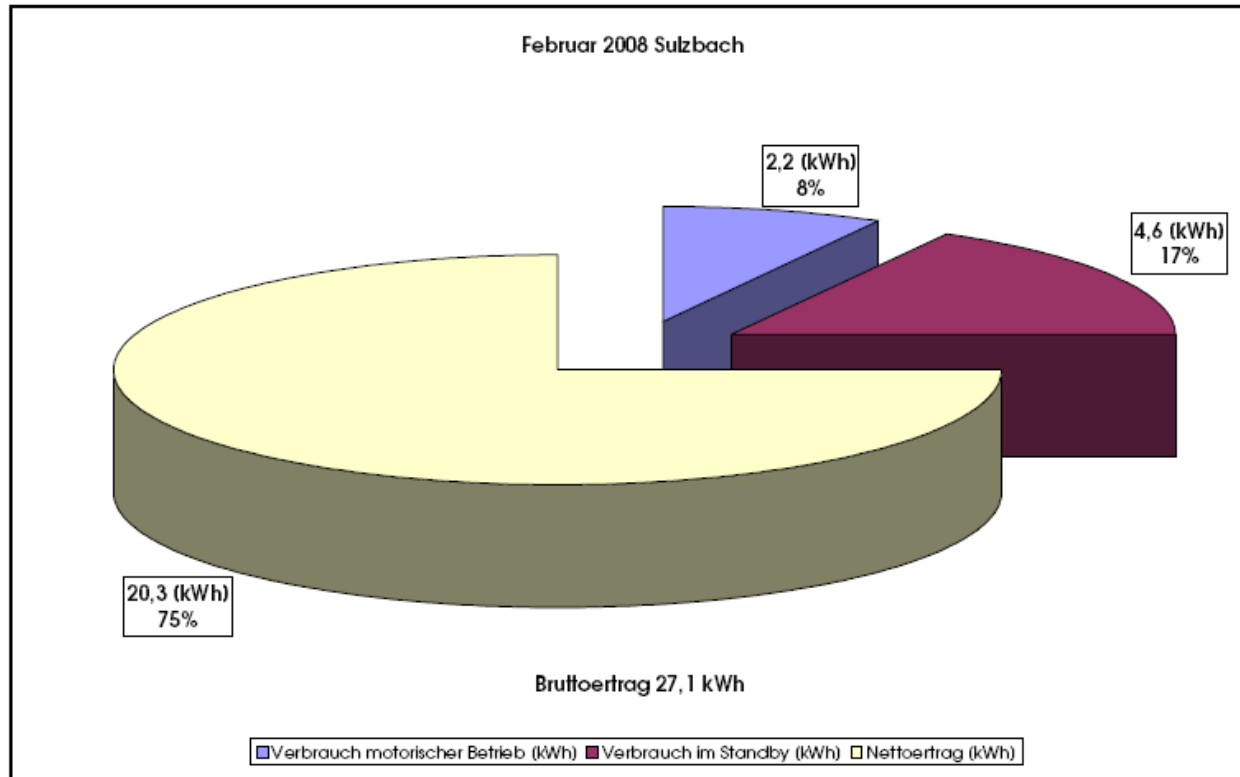
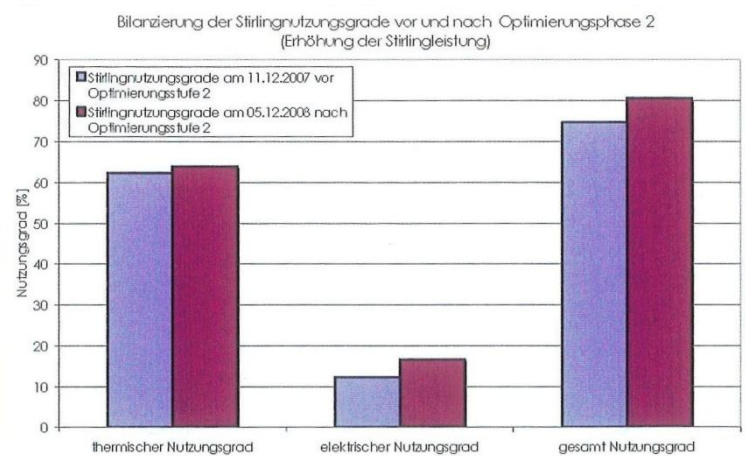


Abbildung 6-3: Stromertrag und Stromverbrauch im Monat Februar 2008

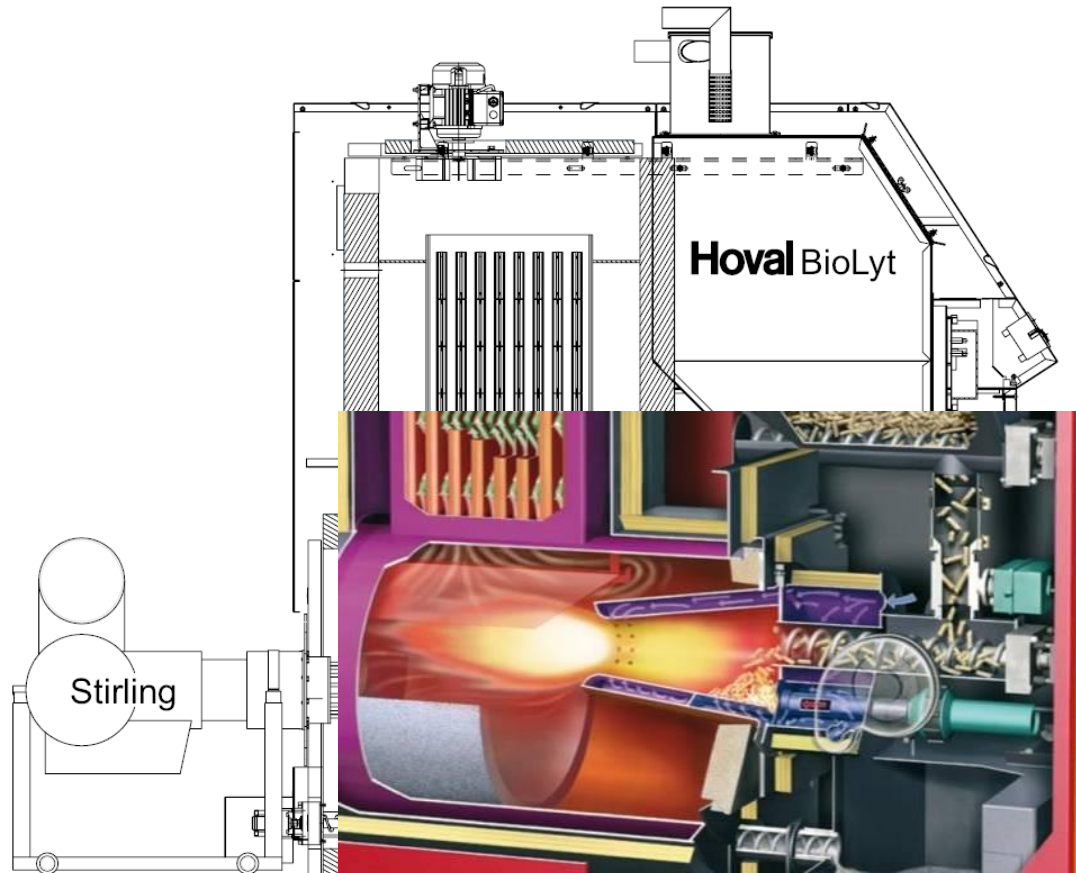
# Nutzungsgrade



# Pelletskessel mit Stirlingmotor



# Pelletskessel mit Stirling



# Pelletskessel mit Stirlingmotor






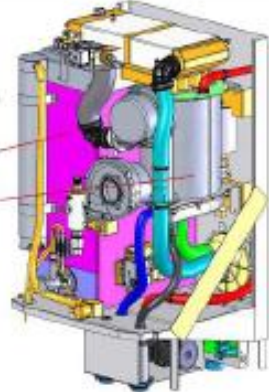


# Projektbeispiel



- **Neubergschule in NSU bei Heilbronn**
- Doppelkessel 2x BioLyt (50)
- zudem Anschluss Nebengebäude (Wärmeverbund) inkl. Stirlingmotor (Testbetrieb seit Juni 2007!).



# Brennstoffzellen

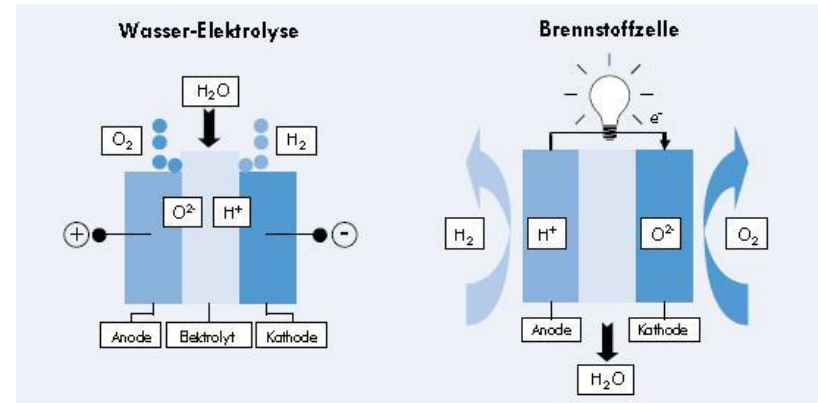
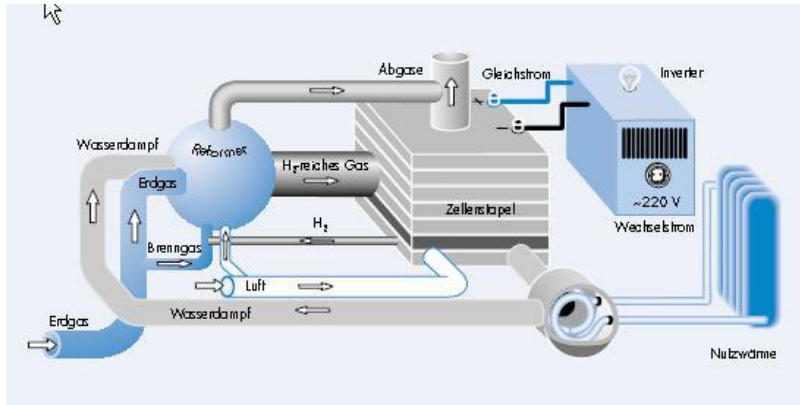
Galileo SOFC, 1kWe	SOFC – BZ, 1 kWe	PEM – BZ – Heizgerät, 5kWe SOFC – BZ – Heizgerät ,1kWe	Gamma 1.0 PEM, 1kWe
			
<p>Hovalwerk AG FL-9490 Vaduz</p> <p>Hexis, Hoval, Stiebel Eltron</p>	<p>Elc otherm AG CH- 7324 Vilters</p> <p>Ariston, Acument</p>	<p>Vaillant Group D- 42850 Remscheid</p>	<p>BAXI INNOTECH GmbH</p> <p>D- 20539 Hamburg</p>

Beispiel, kein Anspruch auf Vollständigkeit



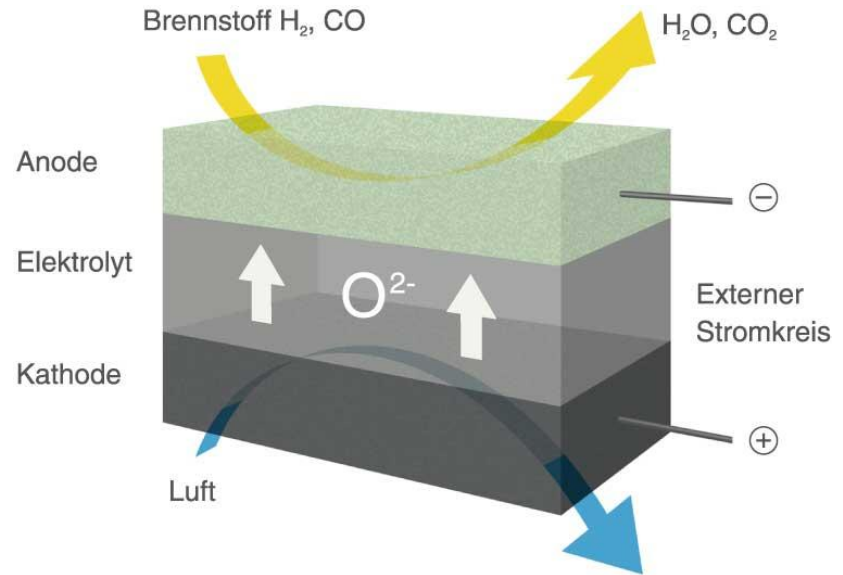
Teilnehmer an Callux  
(Projektvolumen 86 Millionen Euro)

# Brennstoffzellen Prinzip

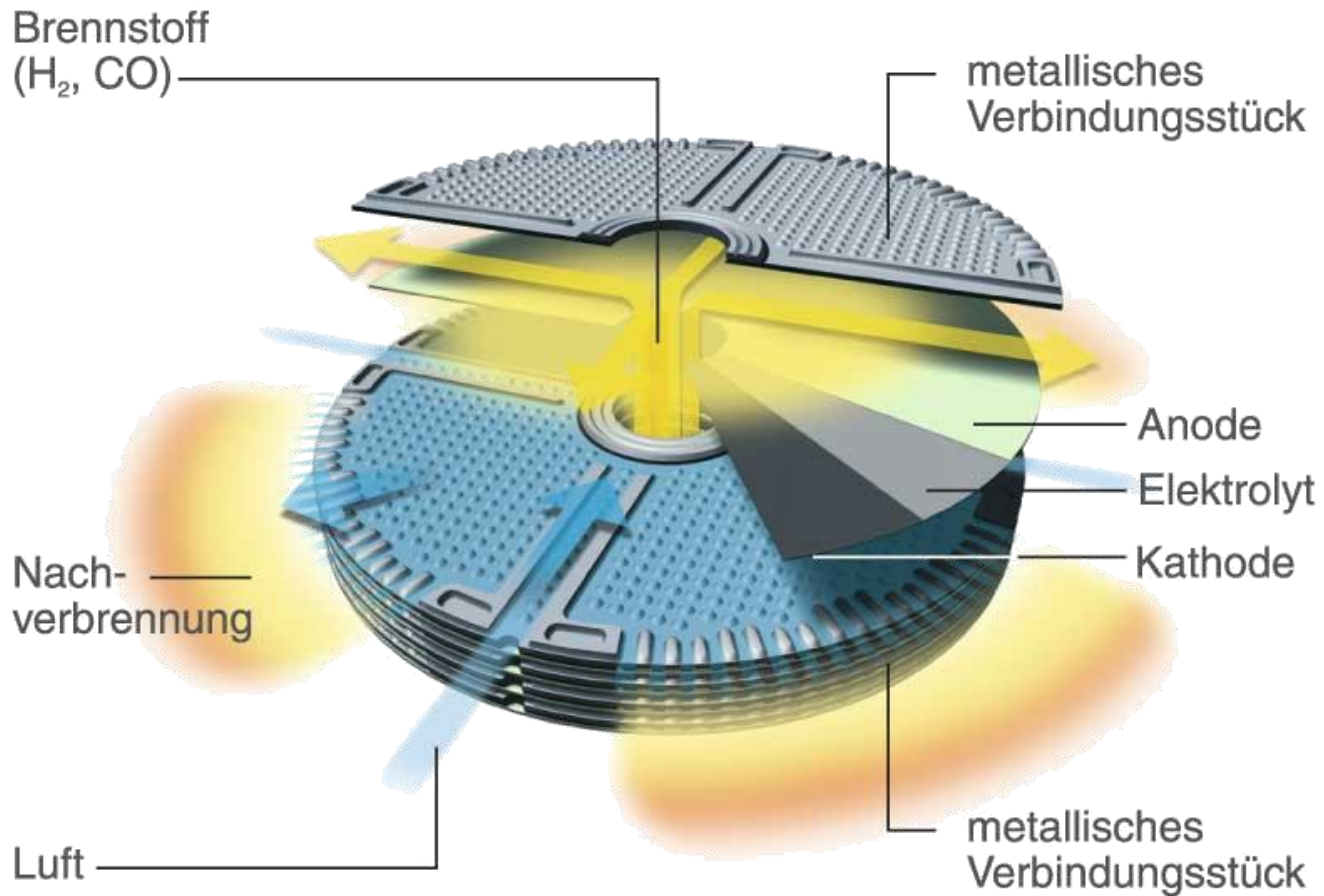


# Elektrochemischer Prozess

- Oxidation des vorreformierten Gasmischs aus  $H_2$  und  $CO$  an Anode.
- Freisetzung von Elektronen, die durch elektrischen Leiter ausserhalb der Brennstoffzelle auf Kathode geleitet werden.
- An Kathode wird Teil des Luft- $O_2$  mit freigesetzten Elektronen reduziert, es entstehen  $O_2$ -Ionen.
- Diese werden bei 900 bis 1000 °C durch den ionenleitfähigen Elektrolyten transportiert.
- Auf Anodenseite rekombinieren Ionen mit oxidierten Brennstoff zu  $H_2O$ -Dampf und  $CO_2$ .
- Nutzung der von der Anode auf die Kathode geleitete Elektronen als elektrischer Strom.

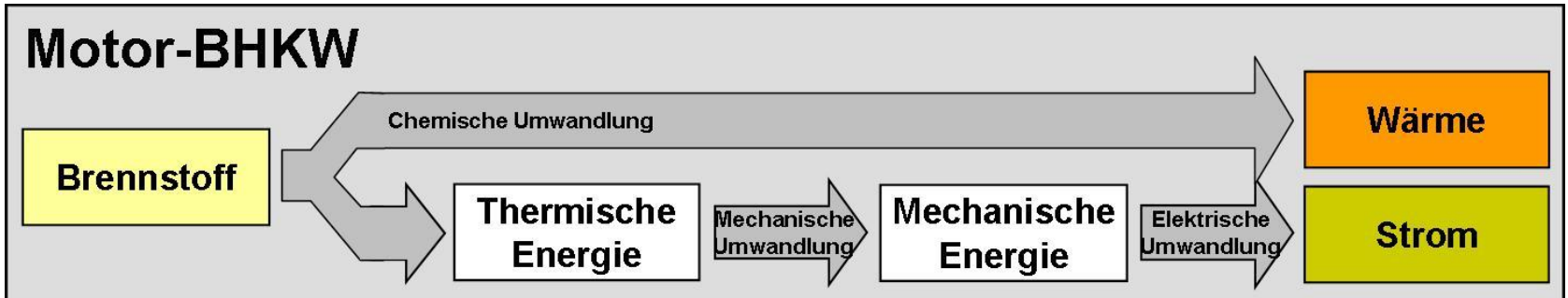
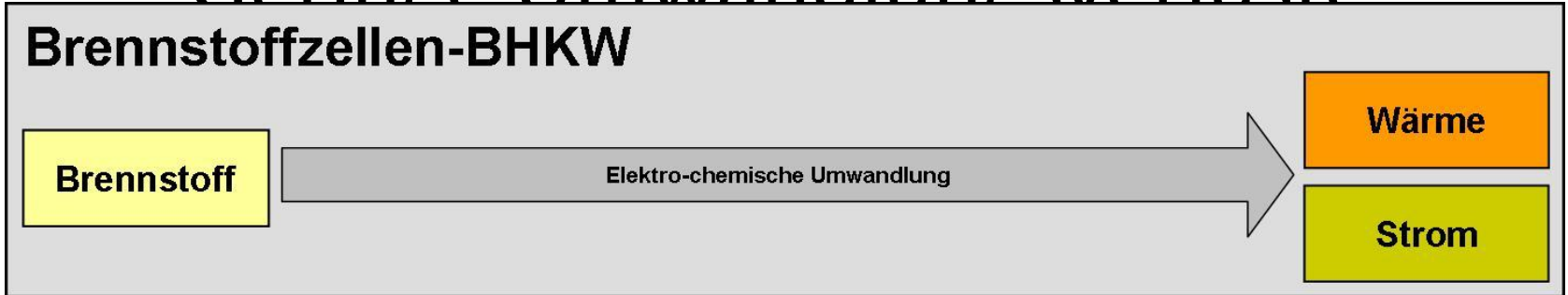


# Prinzipaufbau



# Prinzip Brennstoffzelle

## Geringe Umwandlungsverluste



Höhere Energieausnutzung durch weniger Umwandlungsstufen

# Produktspezifikationen



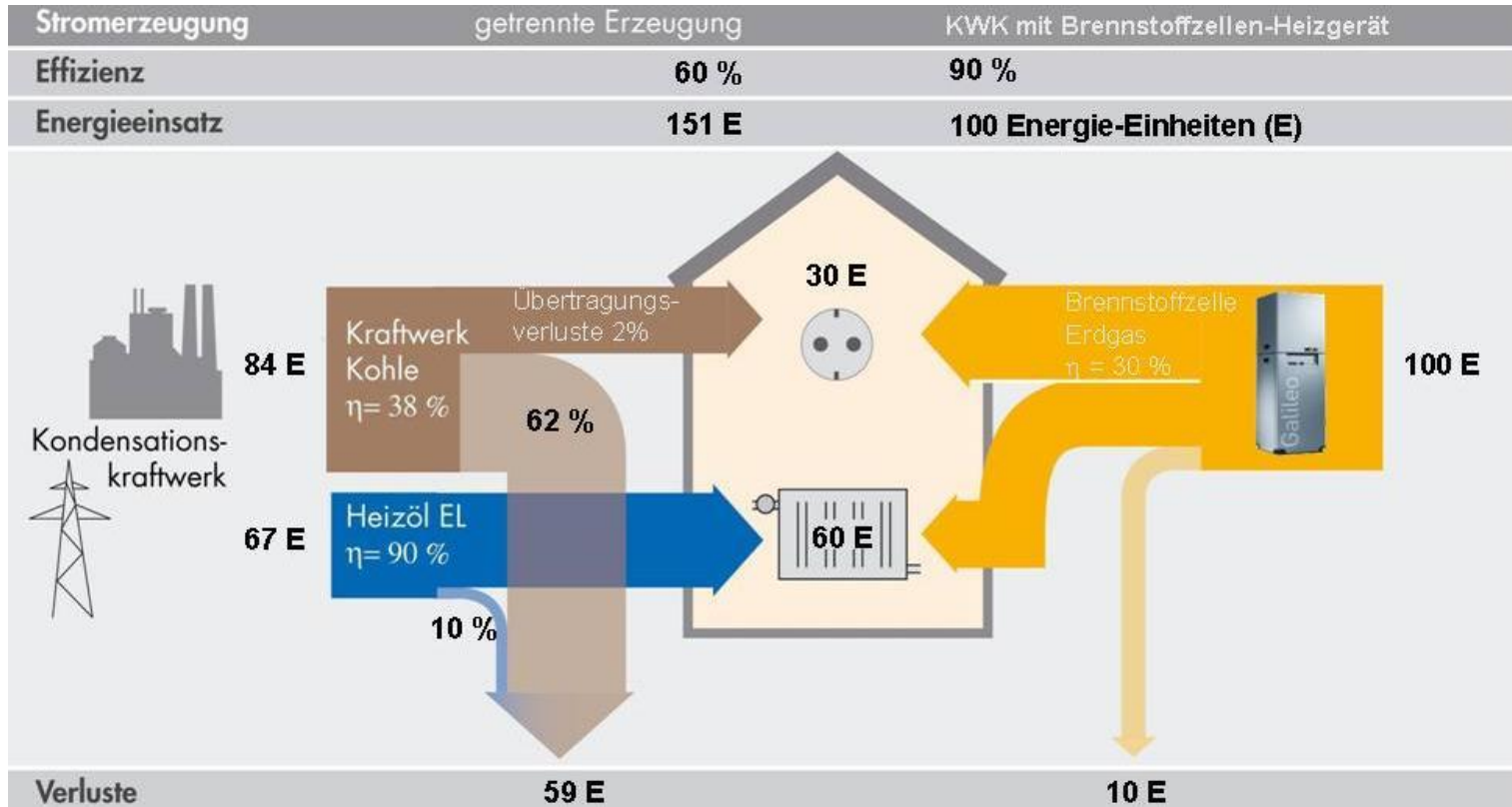
<b>Brennstoffzelle</b>	
Elektrische Leistung	max.1 kW <sub>el</sub>
Thermische Leistung	2 kW <sub>th</sub>
Elektr. Wirkungsgrad <sup>1</sup>	~ 30 % (Ziel > 35 %)
Betrieb	modulierend, im Sommer aus
<b>Zusatzbrenner</b>	
Therm. Leistung <sup>2</sup>	5–20 kW <sub>th</sub>
Betrieb	modulierend, WWB im Sommer
Gesamtwirkungsgrad	> 90 % (üblich 95 %)
Emissionen (BZ)	NOx/CO < 22/20 mg/kWh
Jährl. Betriebsdauer	~ 6'000 h/a
Grösse	550 x 550 x 1600 mm
Gewicht	170 kg

1 AC, netto; nicht optimiert auf hohen elektr. Wirkungsgrad, sondern auf hohe Deckung von Strom- und Wärmebedarf im Europäischen EFH.

2 zusammen mit BZ ~23 kW<sub>th</sub>, ausreichend zur Deckung des gesamten Wärmebedarfs eines EFH aus dem Gebäudebestand. Durch Modulation ideal einsetzbar in Objekten mit geringerem Wärmebedarf.

# Vergleich

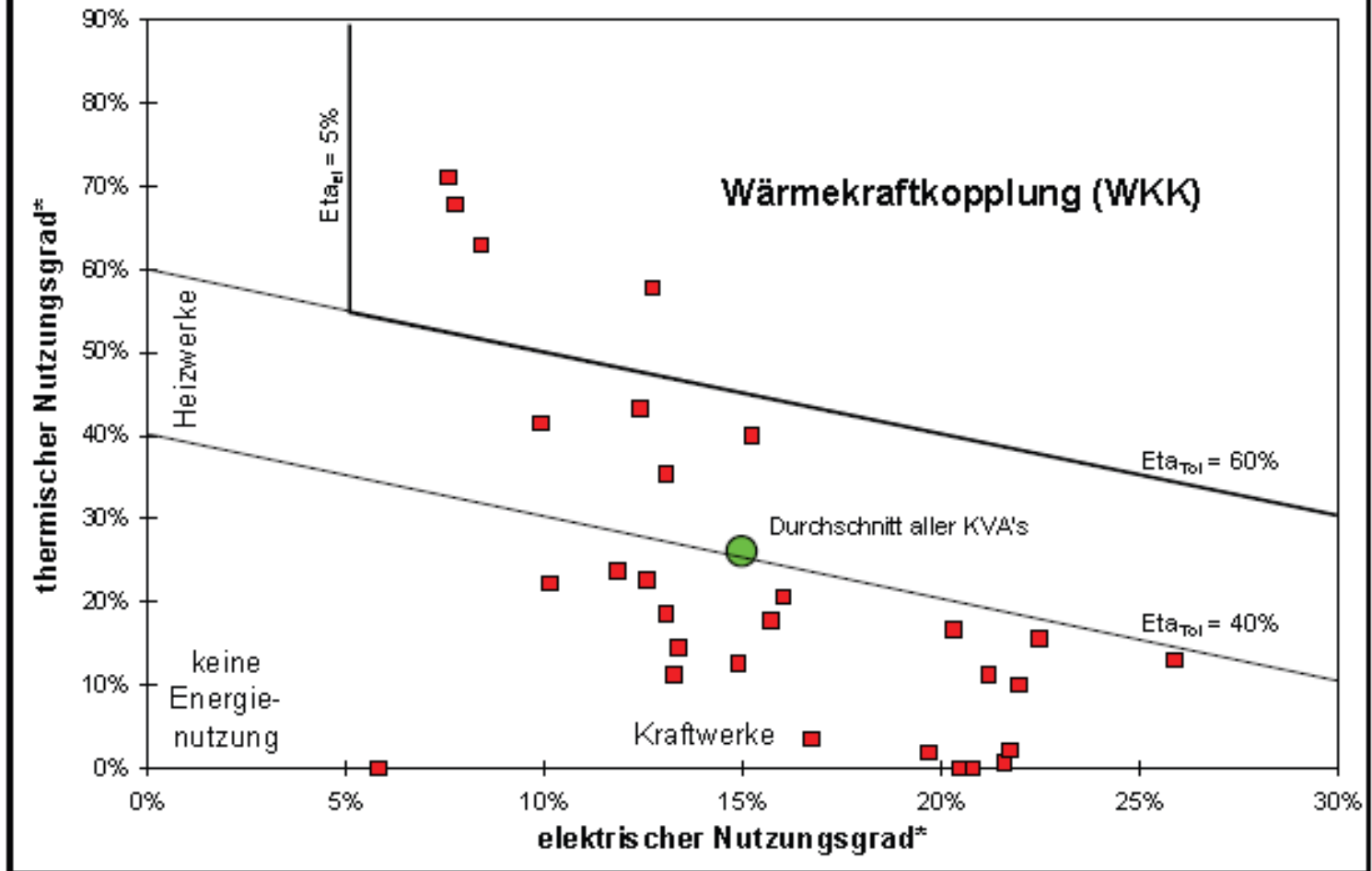
## Zentraler mit dezentraler Energiebereitstellung



Reduzierung der Primärenergieverluste bei WKK gegenüber getrennter Erzeugung von Strom und Wärme. Niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund eines geringeren Primärenergie-Einsatzes.  
(ref.: BRD-Strom-Mix)







### Energienutzung schweizerischer Kehrichtverbrennungsanlagen im Jahr 2007



\* intern und extern genutzte Wärme resp. produzierte Elektrizität / Energieinput

© SALUS/ETH/AV/KW/BC-2007.xls/2007 Grafik 1

	Entwicklung / Dauer	Elektrischer Nutzungsgrad
Otto- oder Dieselmotor		25-45%
Sirlingmotor		10-20%
Dampfmaschine		10-20%
Brennstoffzellen		30-60%



# **Hoval Heiztechnik**

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit