

## RENEWABLE ENERGY NETWORK AUSTRIA

# „Technoökonomische Studie zur Biomasse-KWK“ und Überleitung zur aktuellen Studie „Optimierte KWK-Systeme“

**Partner:**

Repotec Umwelttechnik GmbH • EVN AG • Güssinger Fernwärme GmbH •  
Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften  
der Technischen Universität Wien (Sitz der ARGE)

Industrielle  
Kompetenzzentren und Netzwerke



EIN PROGRAMM DES BMWA

## Inhalt und Methodik

### Studie TU Wien

- Charakterisierung der technischen Verfahren zur KWK aus Biomasse
- Erhebung von technischen und wirtschaftlichen Daten konkreter Anlagen aus der Praxis
- Wirtschaftlicher Vergleich der unterschiedlichen Technologien nach Einführung einer gleichen Basis

Vergleich mit anderen (ausländischen) neueren Studien

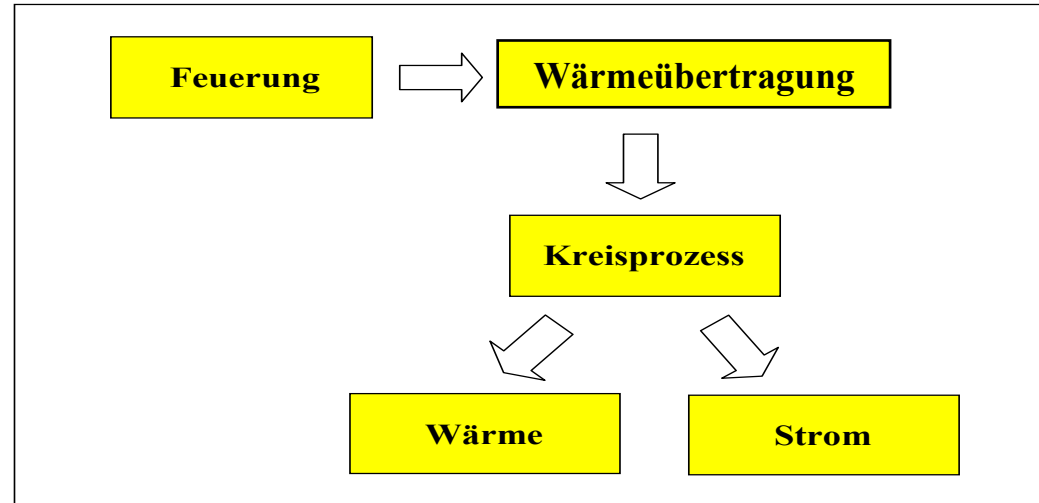
**Ziel: Typische Stromgestehungskosten**

Überleitung zur aktuellen Studie „Optimierte KWK-Systeme“

## Charakterisierung der technischen Verfahren zur KWK aus Biomasse

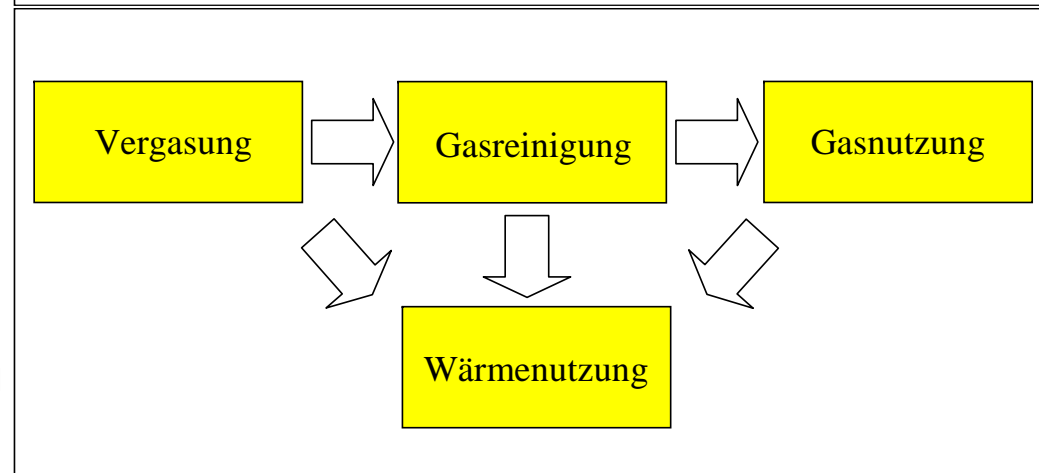
Verfahren auf  
Verbrennungsbasis:

Dampfturbinen  
Dampfmaschinen  
ORC-Prozess  
(Stirlingmotor)



Verfahren auf  
Vergasungsbasis:

Festbettvergasung  
WS-Vergasung  
Luft-/Dampfvergasung



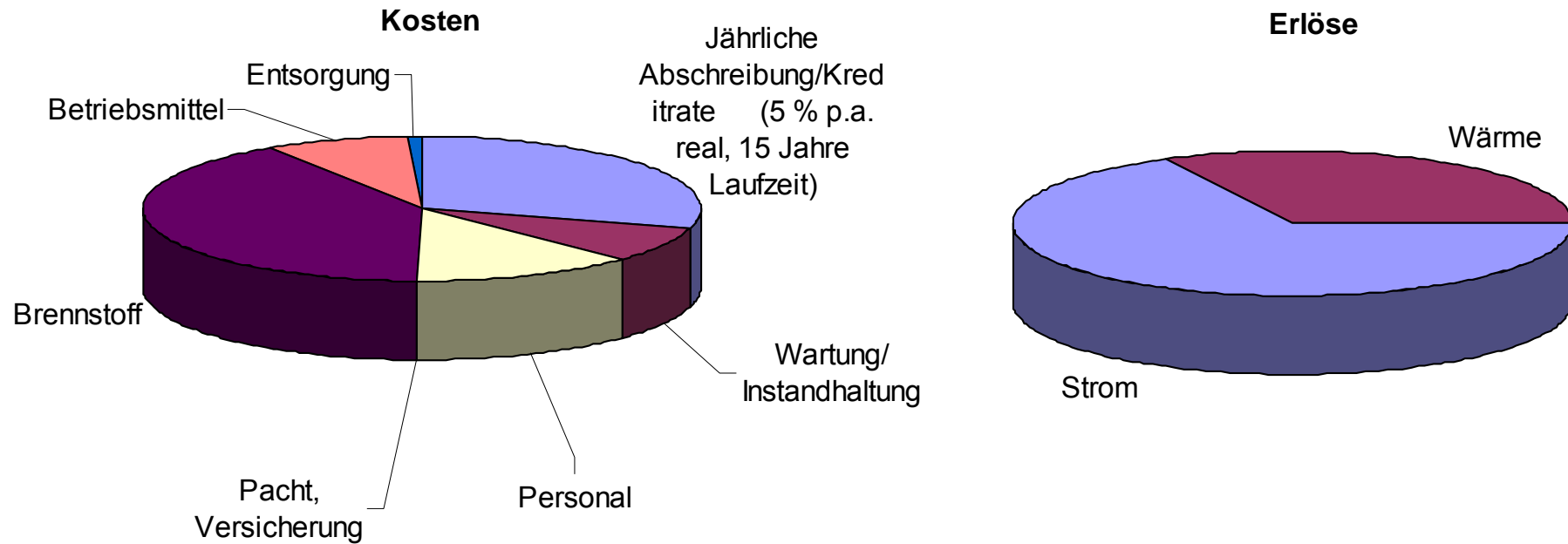
## Betrachtete Anlagen

Anlage	Betreiber	Technologie	Stand	Größe
Dampfmotor-KWK	Hasag Möbel GmbH, Attnang-Puchheim	Dampfkolbenmotor	Marktreife	4,3 MW <sub>th</sub>
Rinden-KWK-Enns	Donausäge Rumplmayr, Enns	Gegendruck- und Kondensationsdampfturbine	Marktreife	18 MW <sub>th</sub>
Biomasse Heizkraftwerk Bad St. Leonhard	Kraft und Wärme aus Holz GmbH (kwh)	Gegendruckdampfturbine	Marktreife	20 MW <sub>th</sub>
Biomasse-KWK-Waidhofen	Fuchsluger	Gegendruckdampfturbine	Marktreife	4 MW <sub>th</sub>
ORC-KWK-Lienz	Stadtwärme Lienz	ORC-Prozess	Marktreife	8 MW <sub>th</sub>
ORC-KWK-Hard	Biostrom GmbH	ORC-Prozess	Marktreife	8 MW <sub>th</sub>
Biomasseheizkraftwerk Güssing	Fernwärme Güssing GmbH	Wirbelschicht-Dampfvergasung/Gasmotor	Demonstration	8 MW <sub>th</sub>
Biomasse-Blockheizkraftwerk Wr. Neustadt	EVN	Festbett-Gleichstromvergasung/Gasmotor	Demonstration	2 MW <sub>th</sub>

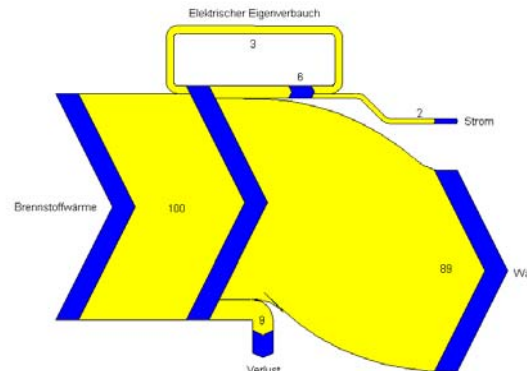
## Technologiespezifische Kosten

Leistung/ Kostenart	Einheit	Rostfeuerung- Stirlingmotor 0,9 MW <sub>th</sub>	Rostfeuerung- Dampfmotor 4,3 MW <sub>th</sub>	Festbett- Luftvergäsung- Gasmotor 2,0 MW <sub>th</sub>	Rostfeuerung- ORC-Prozess 8,0 MW <sub>th</sub>	Wirbelschicht- Dampfvergäsung- Gasmotor 8,0 MW <sub>th</sub>	Rostfeuerung- Gegendruck- dampfturbine 18,5 MW <sub>th</sub>
Brennstoff- wärmeleistung	kW <sub>th</sub>	900	4300	2000	8000	8000	18500
El. Generatorleistung	kW <sub>el,brut</sub>	50	580	580	1130	2000	2700
El. Eigenverbrauch	kW	30	80	100	180	300	200
El. Nettoleistung	kW <sub>el,net</sub>	20	480	480	950	1700	2500
Nutzbare Fernwärmeleistung	kW <sub>Q</sub>	800	3050	720	6100	4500	12000
Investition (Anlage, Gebäude, MSRT)	€/kW <sub>el,brut</sub>	8784,00	3775,56	5172,41	4630,09	5000,00	2637,96
Investition (Anlage, Gebäude, MSRT)	€/kW <sub>th</sub>	488,00	509,26	1500,00	654,00	1250,00	385,00
Wartung und Instandhaltung	% Invest. p.a.	1,0	2,5	3,0	2,0*	3,0	2,0
Sonstige Fixkosten (Pacht, Versicherung)	% Invest. p.a.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Personalaufwand	€/a	40 000	40 000	40 000	60 000	160 000	120 000
Betriebsmittelkosten	€/MWh <sub>th</sub>	0,00	1,03	1,00	0,20	1,70	0,14

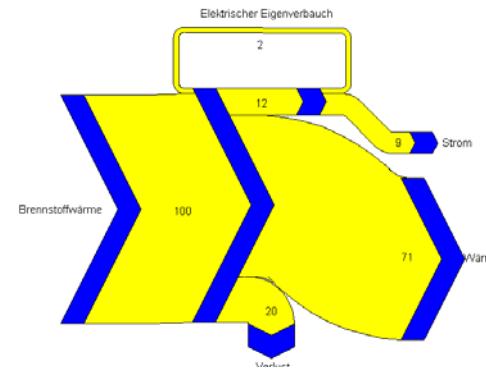
## Kosten- und Erlösverteilung am Beispiel Güssing



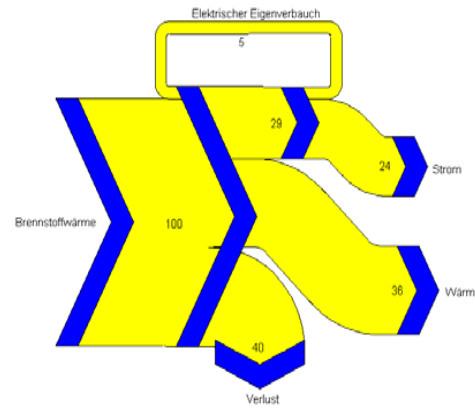
Stirlingmotor



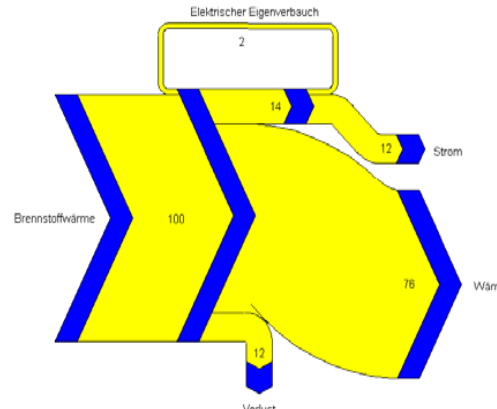
Dampfmotor



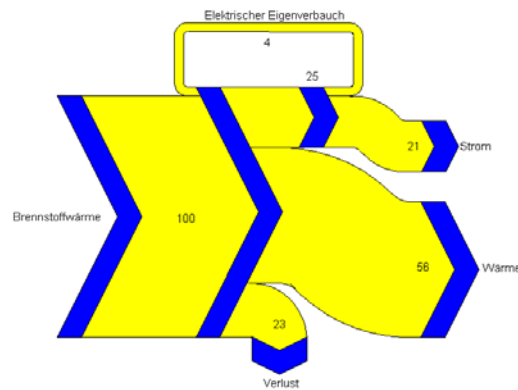
FB-Vergasung



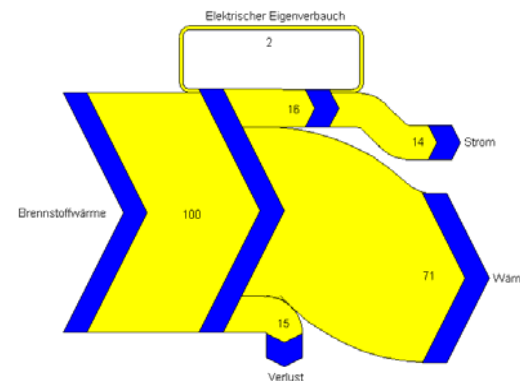
ORC-Prozess



WS-Vergasung



Dampfturbine



## Standard-Rahmenbedingungen für den Vergleich

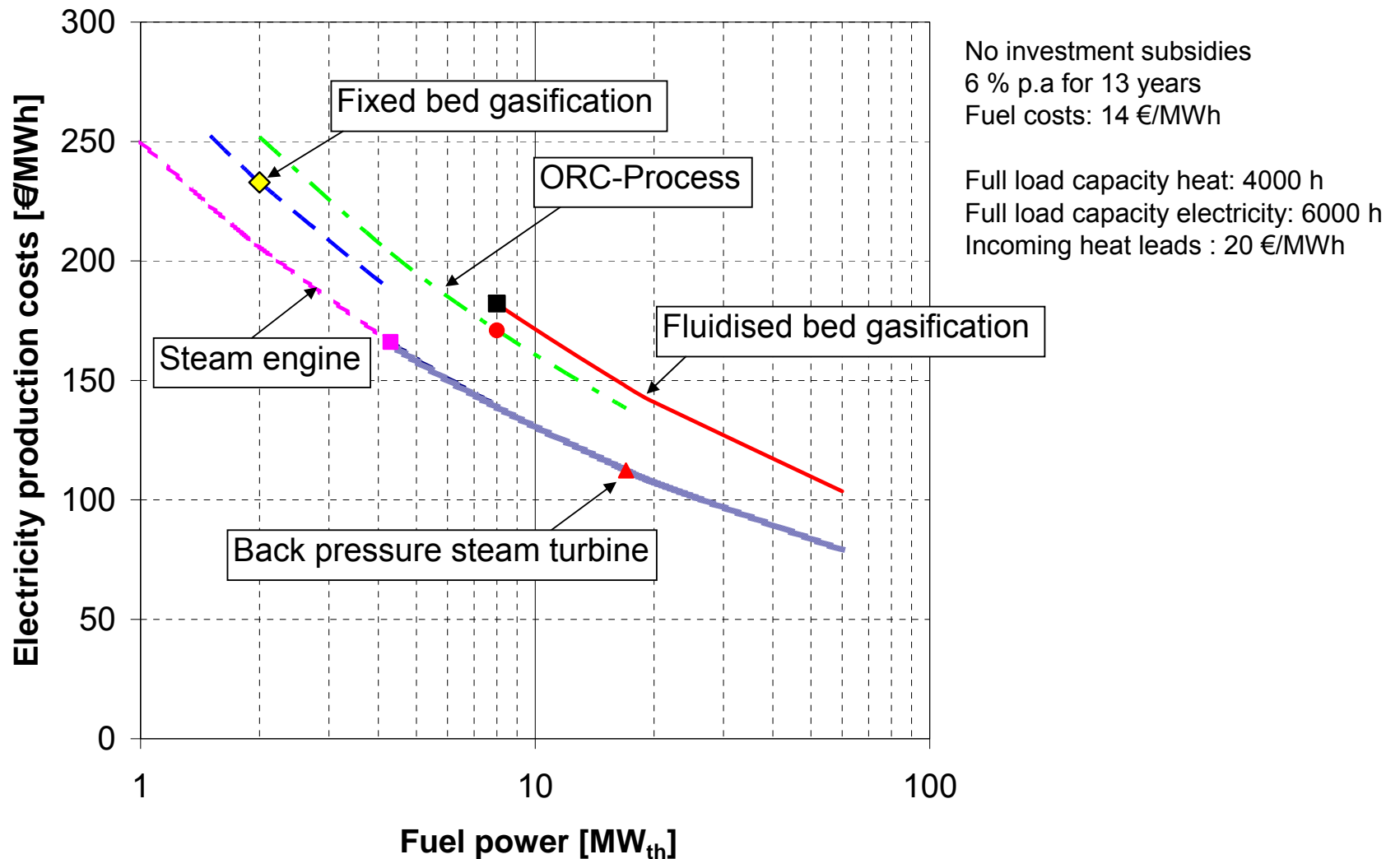
Volllaststunden im Bezug auf Strom	6000	h/a
Volllaststunden im Bezug auf Wärme	4000	h/a
Kalkulatorische Berechnungsdauer	13	a
Kalkulatorischer Mischzinssatz	6	% p.a.
Brennstoffkosten inkl. Entsorgung der Asche	14	€/MWh
Wärmetarif ab Kraftwerk	20	€/MWh <sub>Q</sub>
Keine Investförderung angenommen		

Korrektur der Anlagengröße nach Schaidhauff [1998]:

$$K_{\text{Stromgestehung}} = a \cdot P_{el}^b \quad b = -0,28$$



## Stromgestehungskosten am derzeitigen Stand der Technik



## Variationen

2 Leistungsklassen

3 MW<sub>th</sub>

Dampfmotor, FB-Vergasung, ORC-Prozeß

20 MW<sub>th</sub>

WS-Vergasung, Dampfprozeß

Folgende Variationen wurden durchgeführt:

Jahresvolllaststunden

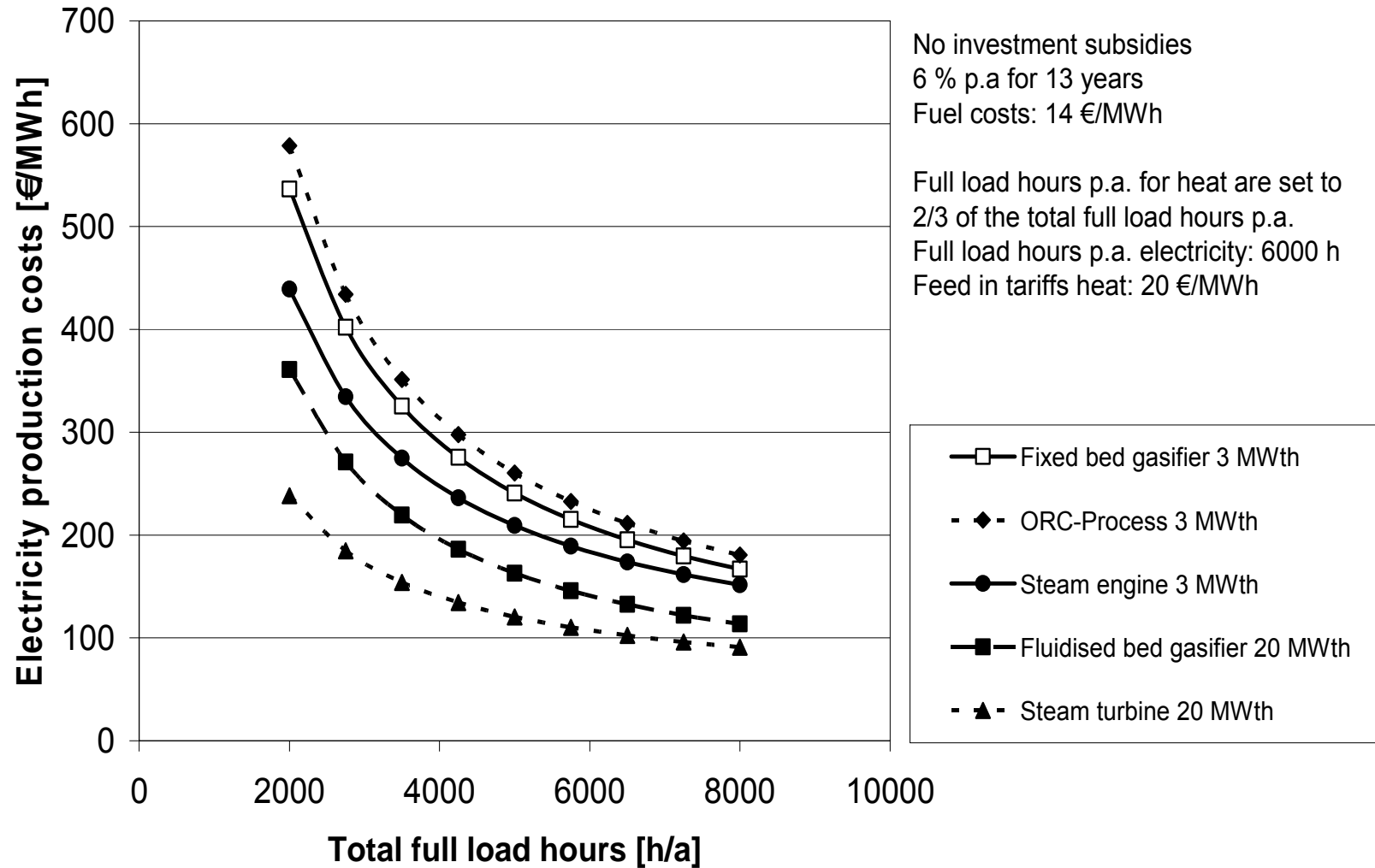
Wärmeabsatzpreis ab Kraftwerk

Investförderung als verlorener Zuschuss

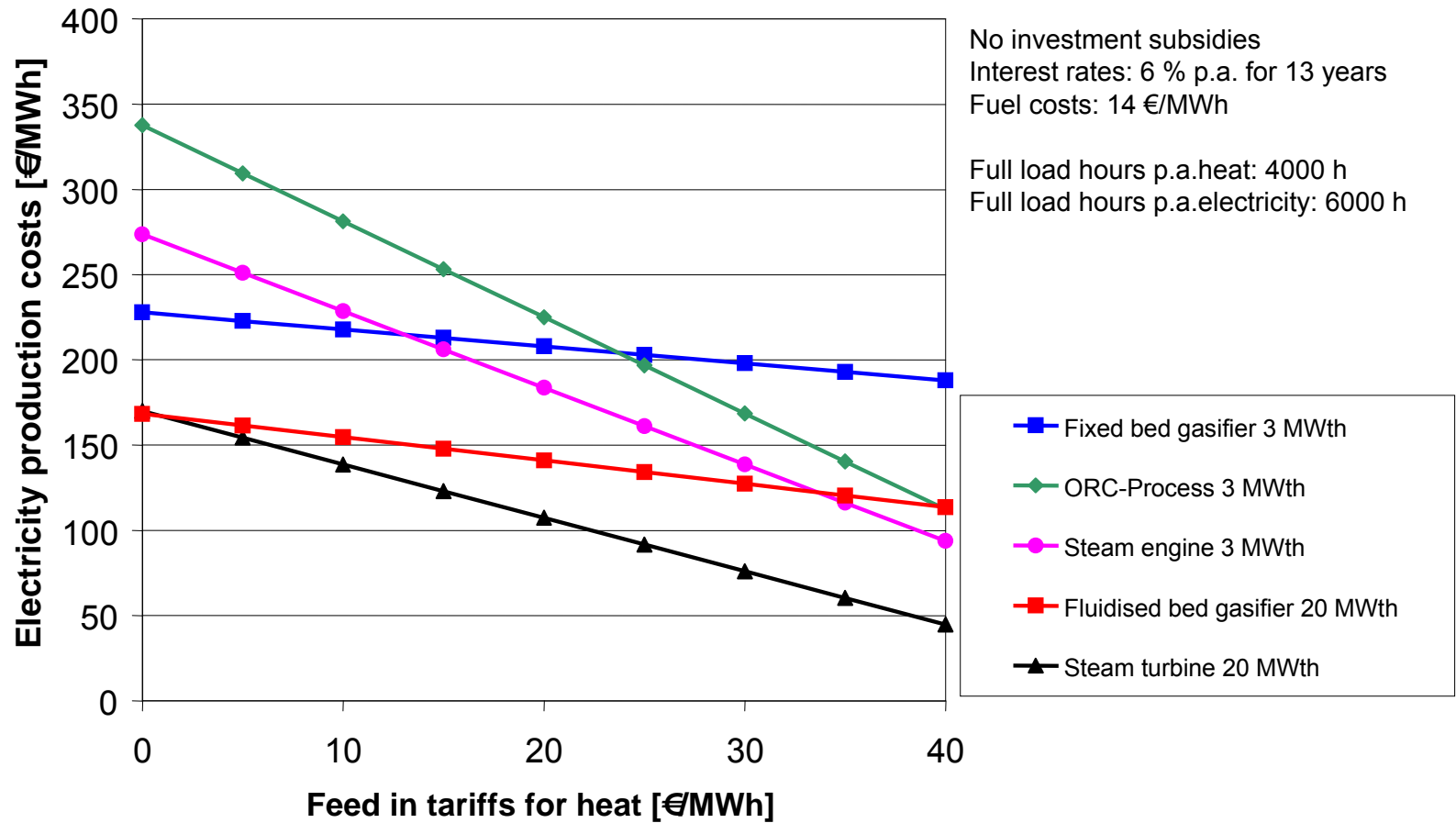
Biomassepreis

Kalkulatorische Betrachtungsdauer

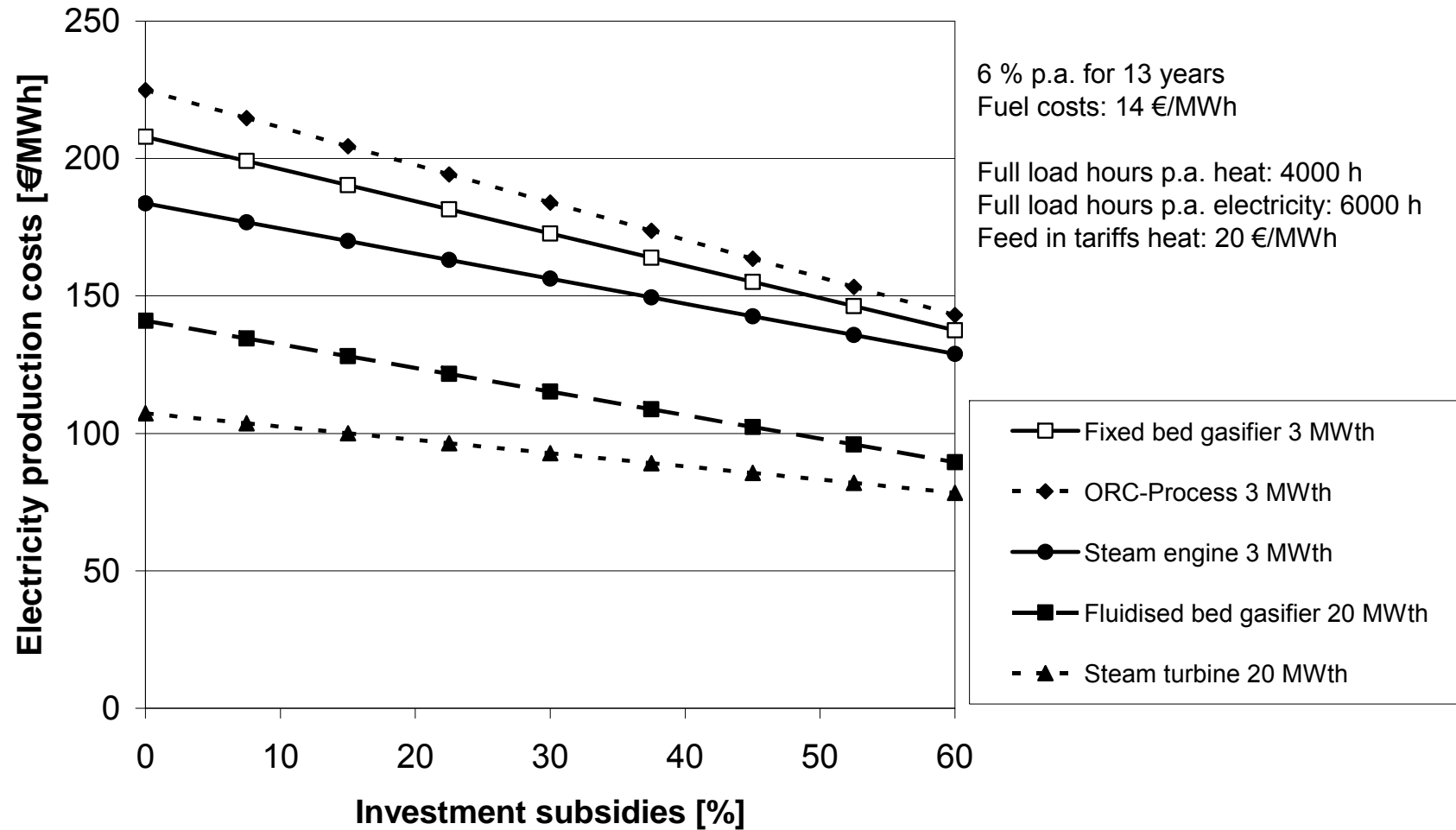
## Einfluss der Volllaststunden



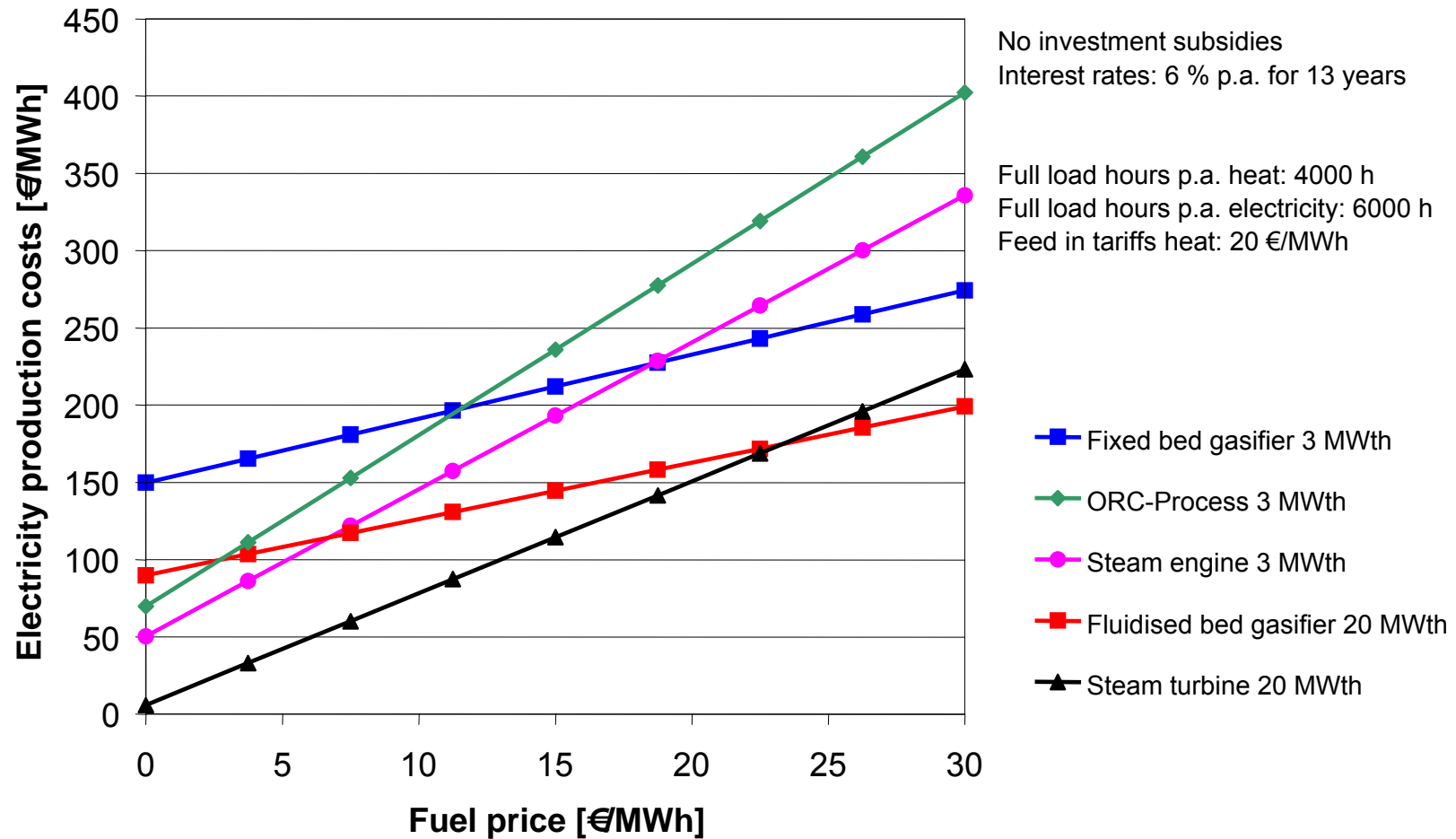
## Stromgestehungskosten bei unterschiedlichen Absatzpreisen der Wärme



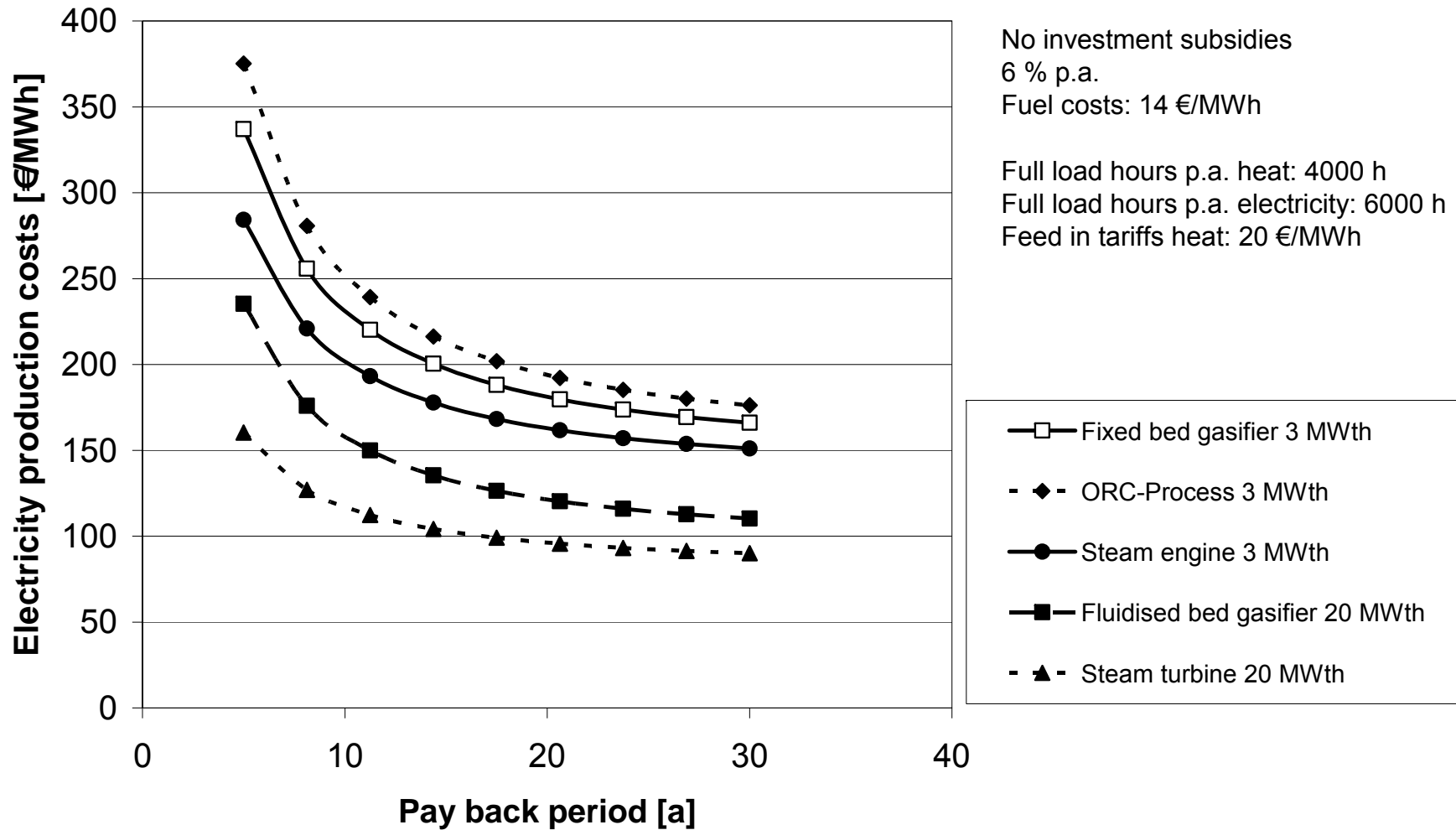
## Einfluss der Investförderung



# Stromgestehungskosten bei unterschiedlichen Preisen für die eingesetzte Biomasse



## Kalkulatorische Betrachtungsdauer



## Deutsche Studie zu Stromgestehungskosten aus Biomasse (Quelle: Vogel, Kaltschmitt, 2007)

Leistungsgröße: 500 kWel

Brennstoff: Hackgut

Betrachtete Technologien:

- Verbrennung mit Dampfmotor oder Dampfschraube
- Verbrennung mit ORC-Prozess
  
- Vergasung mit Festbett und Gasmotor
- Vergasung mit Zweistufenvergaser und Gasmotor

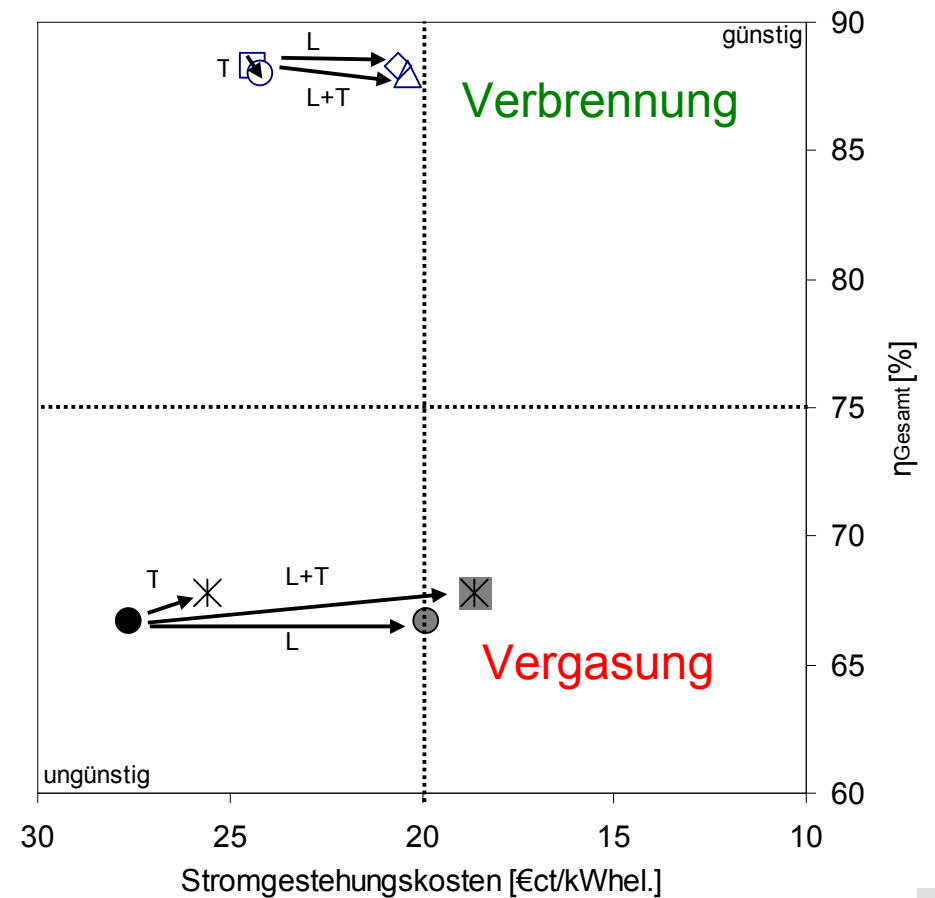
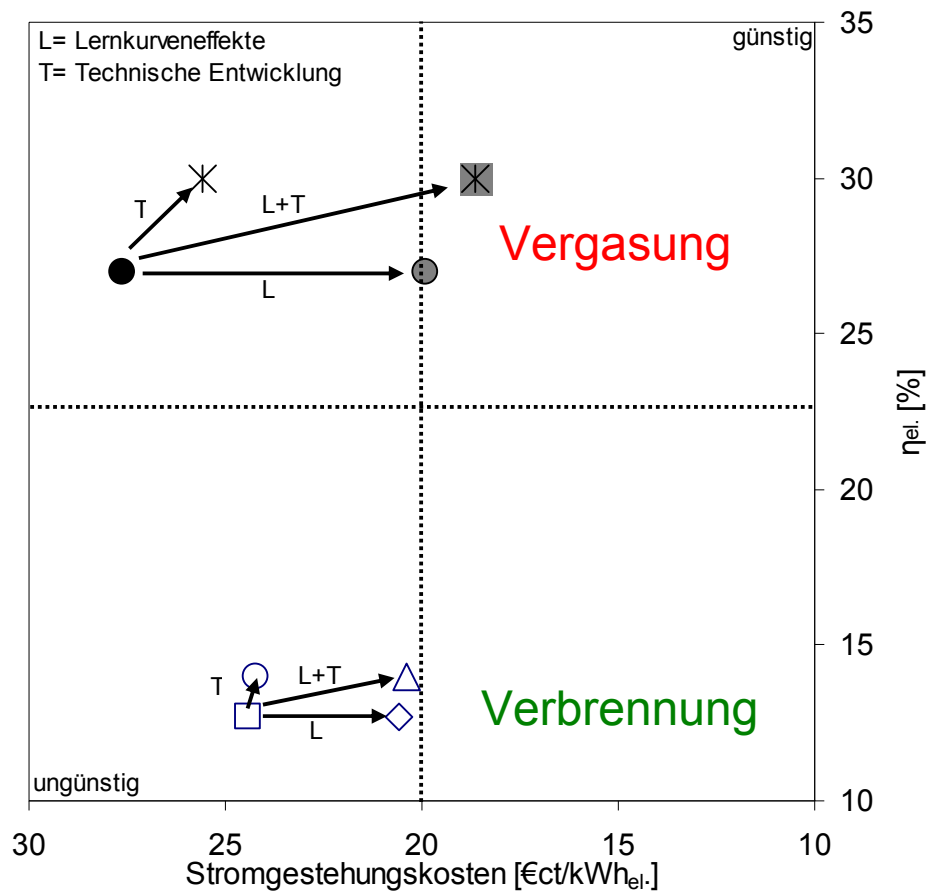


## Deutsche Studie zu Stromgestehungskosten für 500 kWel (Quelle: Vogel, Kaltschmitt, 2007)

Parameter	Rahmenannahmen
<b>Basisdaten:</b>	
<b>kalkulatorische Nutzungsdauer der Anlage</b>	<b>20 a</b>
<b>Nominalzins</b>	<b>8 %/a</b>
<b>durchschnittliche Inflationsrate</b>	<b>2,5 %/a</b>
<b>Instandhaltungsfaktor Anlage und Peripherie</b>	<b>2 %/a</b>
<b>Instandhaltungsfaktor Infrastruktur</b>	<b>1 %/a</b>
<b>spezifische Brennstoffkosten</b>	<b>14 €/MWh<sub>BWL</sub> ≈ 40,5 €/t<sub>feucht</sub></b>
<b>Volllaststunden Stromerzeugung</b>	<b>6000 h/a</b>
<b>Volllaststunden Wärmeerzeugung</b>	<b>4000 h/a</b>
<b>spezifischer Wärmeverkaufspreis (frei Anlage)</b>	<b>20 €/MWh<sub>th.</sub></b>
<b>durchschnittliche, spezifische Personalkosten</b>	<b>50000 €/a Mitarbeiter</b>
<b>Kosten für Wartungs- und Reinigungsarbeiten</b>	<b>3 %/a (Investitionskosten-bezogen)</b>
<b>Versicherung</b>	<b>1 %/a (Investitionskosten-bezogen)</b>
<b>sonstige Nebenkosten</b>	<b>0,75 %/a (Investitionskosten-bezogen)</b>

## Vergasungs- und verbrennungsbasierter Konzepte elektrischer Wirkungsgrad (links) und Gesamtwirkungsgrad (rechts) vs. Stromgestehungskosten (Vogel, Kaltschmitt, 2007)

- Vergasung kurzfristig
- Vergasung Kostenentwicklung mittelfristig
- Verbrennung kurzfristig
- ◇ Verbrennung Kostenentwicklung mittelfristig
- ✱ Vergasung Technikentwicklung mittelfristig
- ✱ Vergasung Technik- und Kostenentwicklung mittelfristig
- Verbrennung Technikentwicklung mittelfristig
- △ Verbrennung Technik- und Kostenentwicklung mittelfristig



**Wärme- und Stromgestehungskosten, CH, 2006**  
**Quelle: Th. Nussbaumer et al.**

Leistungsgröße:                      KWK                                      0,5 MWeI – 5 MWeI

Brennstoff:                              Hackgut

Betrachtete Technologien:

- Rostfeuerungen mit Dampfprozess und Elektroentstauber

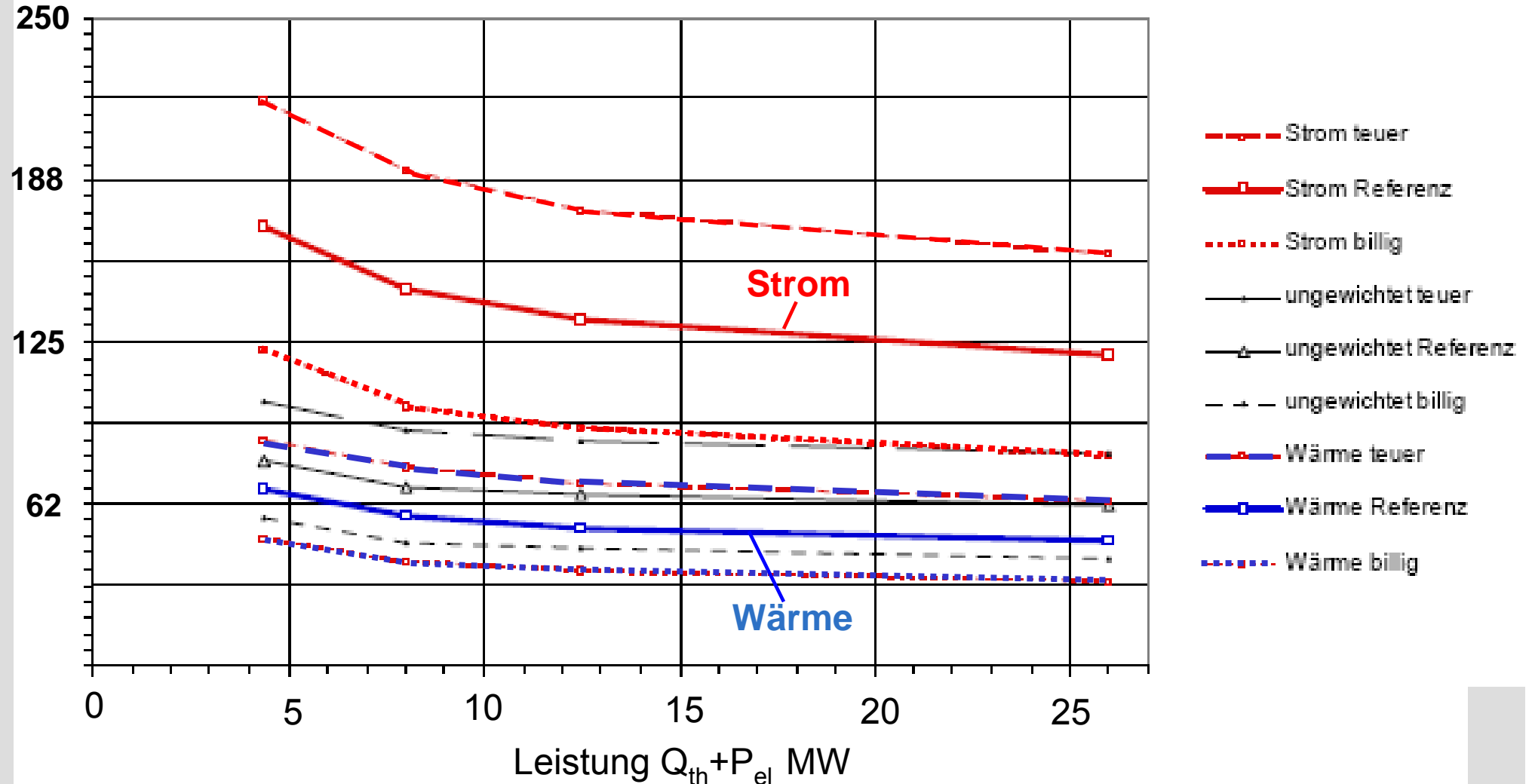
Finanztechnische Randbedingungen nicht standardisiert.

Zuteilung der Kosten zu Strom- und Wärmeerzeugung im Verhältnis 2,5:1

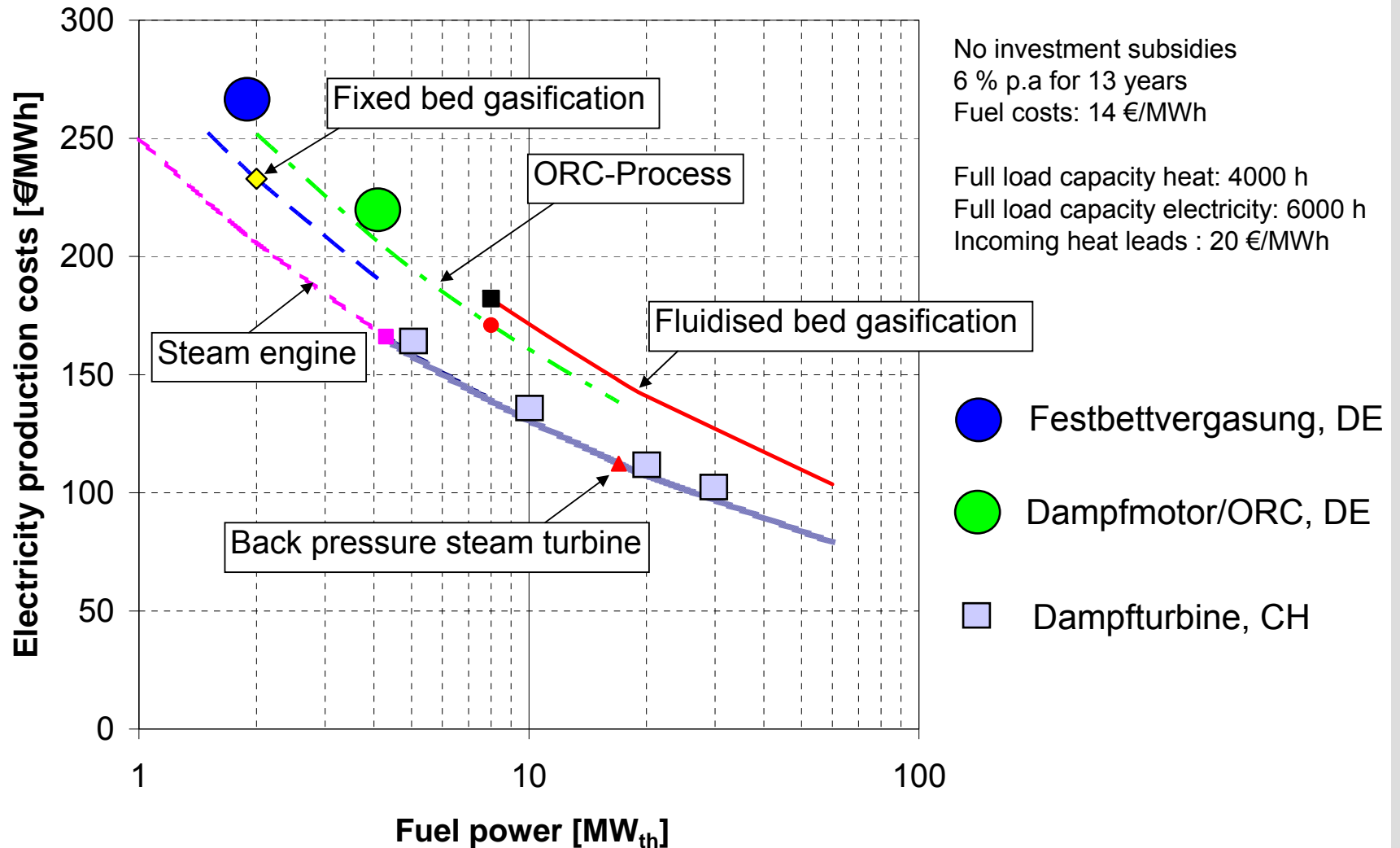
# Wärme- und Stromgestehungskosten, CH, 2006

Quelle: Th. Nussbaumer et al.

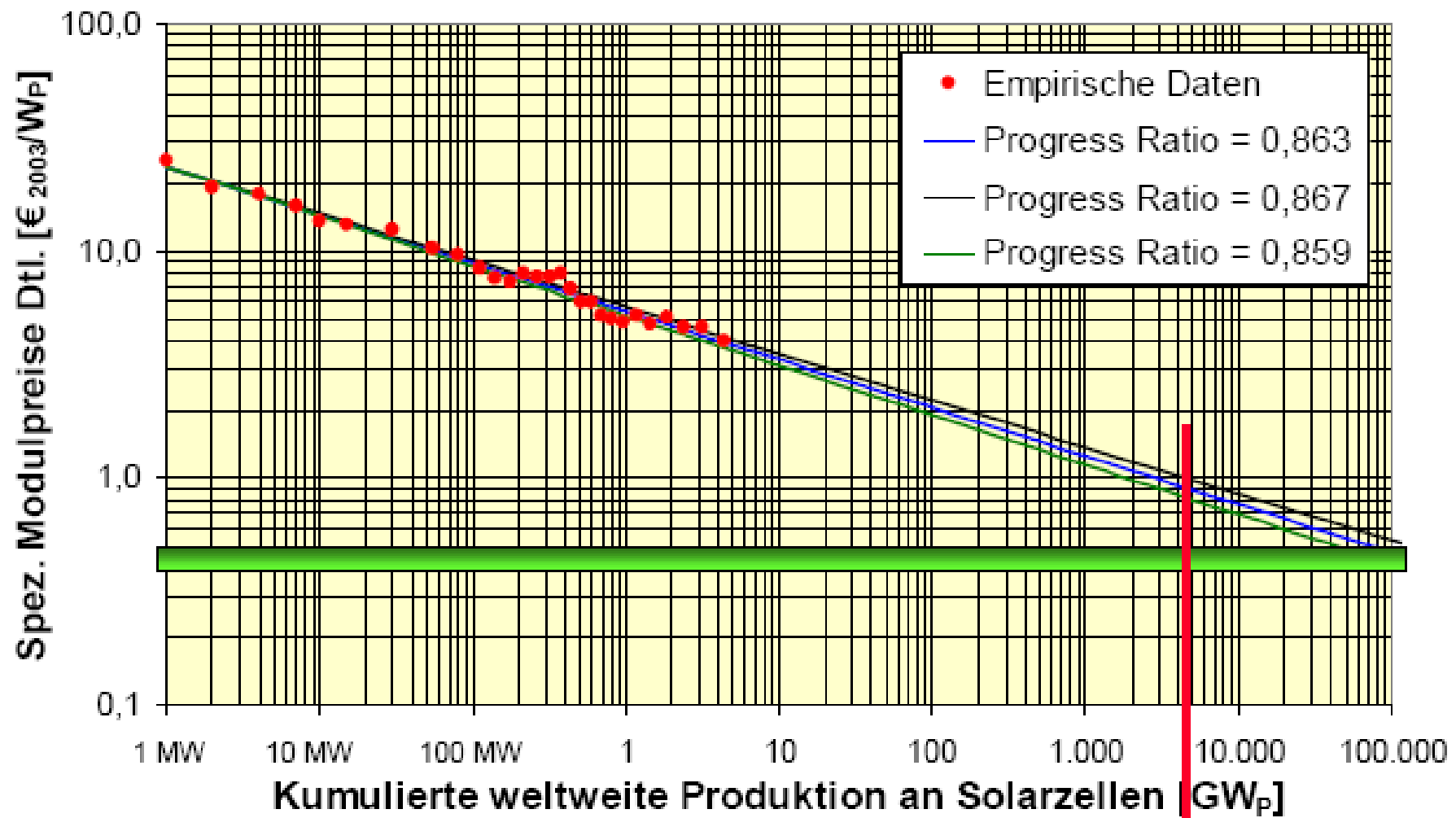
€/MWh



## Stromgestehungskosten am derzeitigen Stand der Technik

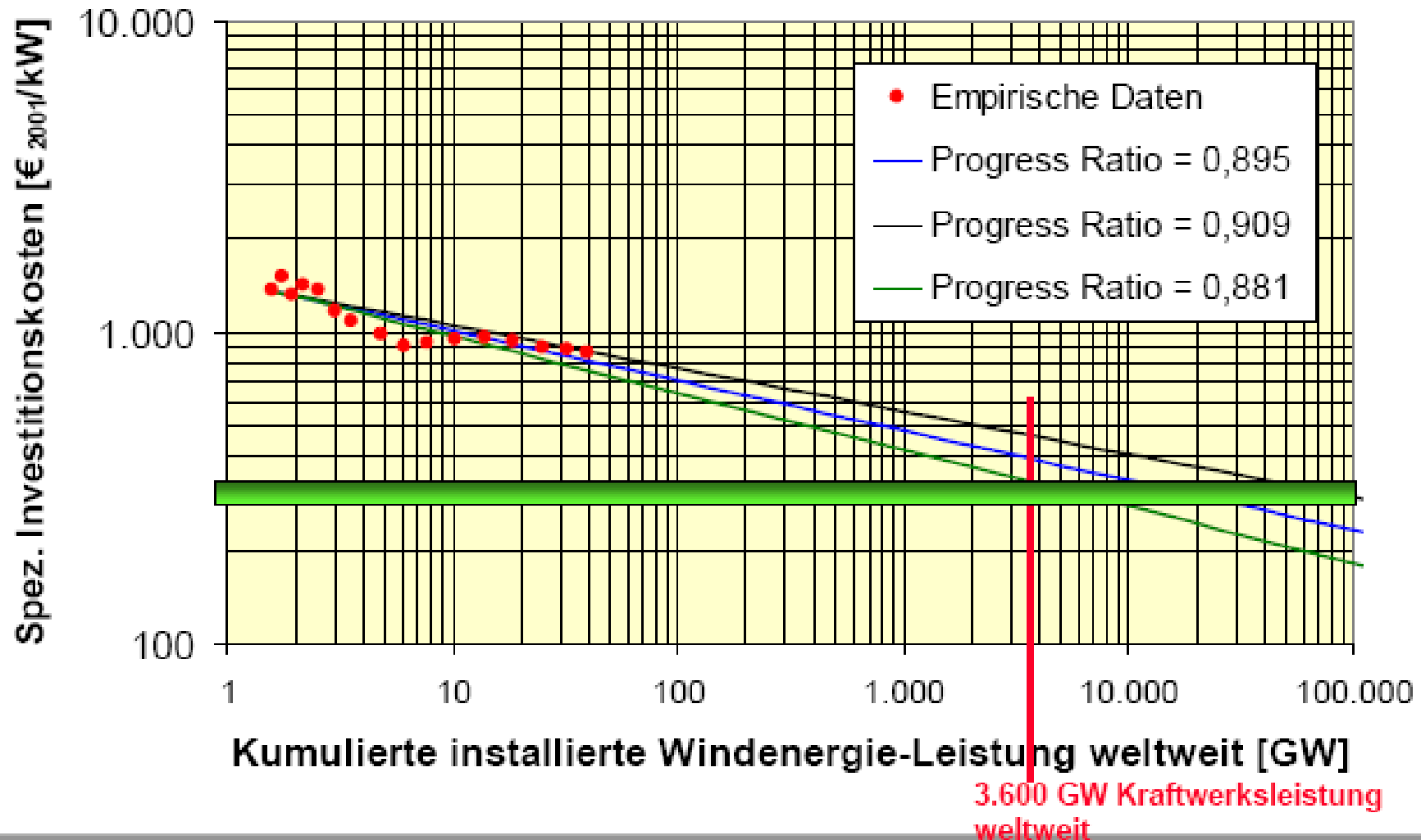


## Lernkurve Photovoltaik

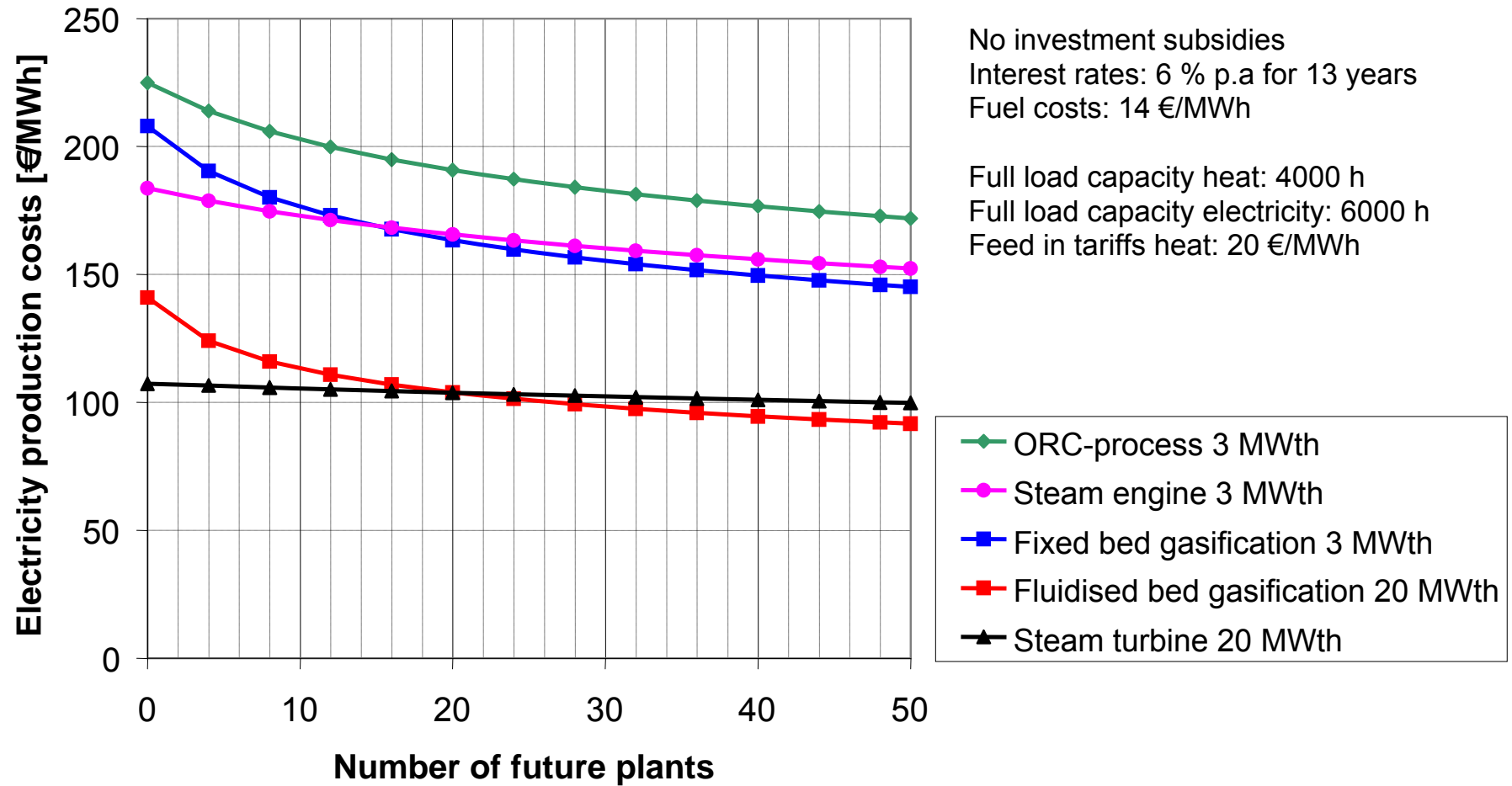


3.600 GW Kraftwerksleistung  
weltweit

## Lernkurve Windenergie

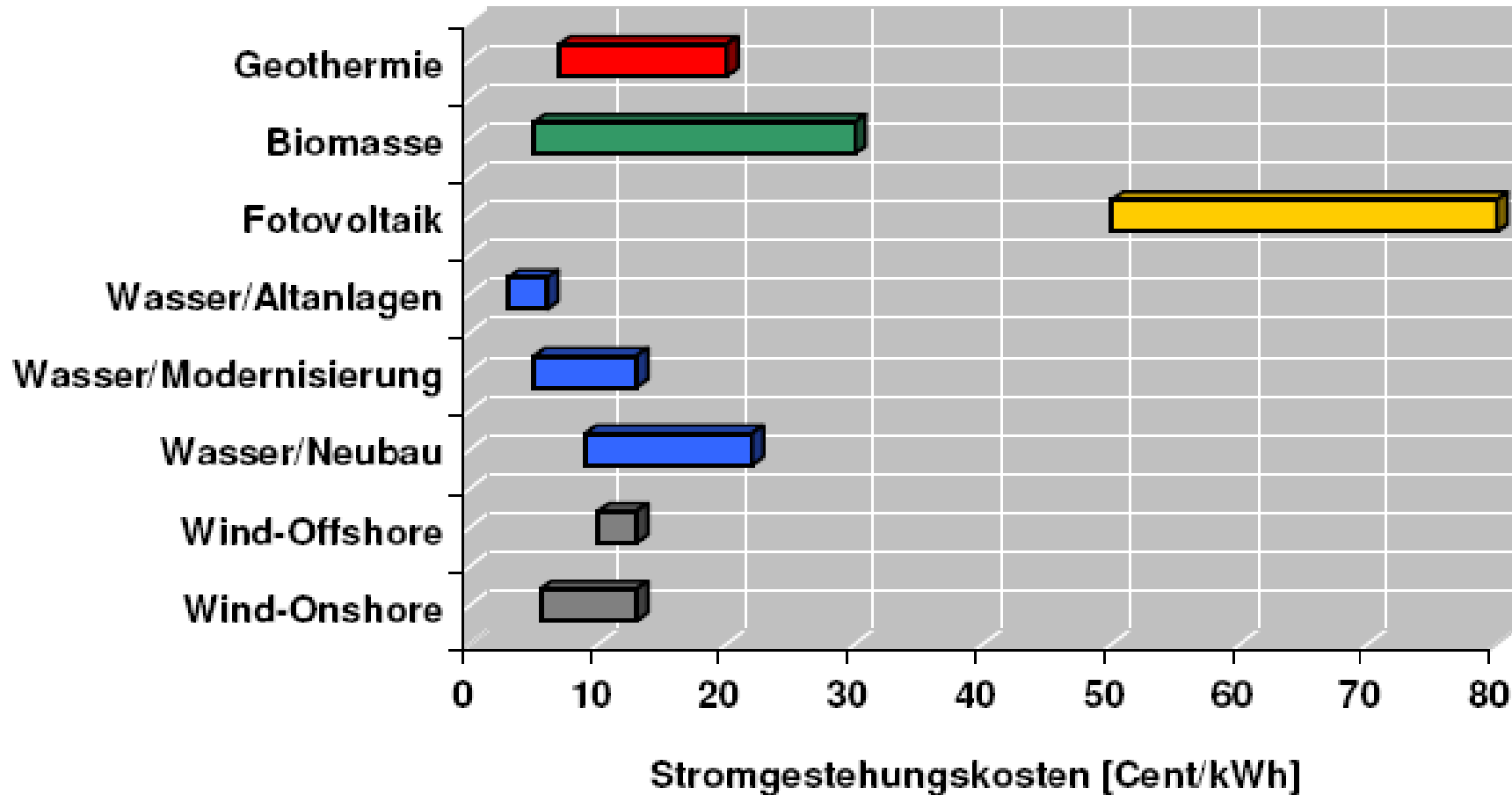


## Stromgestehungskosten zukünftiger KWK-Anlagen





## Bandbreite der derzeitigen Stromerzeugungskosten aus erneuerbaren Energien (Quelle: Nitsch et. al 2004)



## Zusammenfassung der bisherigen Studien

- Studie beruht aus ausgeführten Anlagen, also auf realen belastbaren Daten
- Notwendigkeit der Festlegung von Rahmenbedingungen für den Vergleich
- Starke Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit von der Wärmeauskopplung
- Starke Abhängigkeit der Stromgestehungskosten von der Anlagengröße
- Starke Abhängigkeit der Stromgestehungskosten von den Brennstoffkosten
- Kein großer Unterschied im Hinblick auf die Technologien
- Ähnliche Ergebnisse bei ausländischen Studien

## EdZ-Projekt „Optimierte KWK-Systeme“

Fokus: praxisorientierte Untersuchung bestehender Kraft-Wärme-Kopplungen

Betrachtete Anlagen (Verbrennungsanlagen)

- Leistungsbereich kleiner 2 MW<sub>el</sub>
- Arbeitsmaschine auf Basis rechtsläufiger Kreisprozess
  - ORC Prozess
  - Dampfturbine
  - Dampfschraubenexpander, Dampfmotor

## Projekt – Inhalte (1)

- Recherche nach Anlagen in Österreich und Auswahl von repräsentativen Systemen
- Untersuchung und Kostenerhebung der Einzelkomponenten
  - Dampfturbine
  - Kondensator
  - Wärmeabnehmer, Ermittlung Lastprofil
  - Evakuierungseinrichtungen
  - Eigenstrombedarf
- Bewertung des Standes der Technik

## Projekt – Inhalte (2)

- Prozesssimulation verschiedenster Verschaltungen
    - Kondensator (Variation Temperatur, Bauart)
    - Detaillierte Betrachtung der Dampfturbinen
    - Variation der Evakuierungseinrichtung
    - Berechnung mit realistischen Lastprofilen der Wärmeabnehmer
  - Wirtschaftlichkeitsberechnung
- Auf Basis einer optimalen Anlagenvariante werden die Randbedingungen, wie Brennstoffpreis variiert und die Stromgestehungskosten berechnet.

## Inhalt der Präsentation

### Ergebnisse:

- Präsentation der Situation derzeit installierter KWK-Systeme
- Berechnung der Stromgestehungskosten als Vergleichswert
- Ermittlung der optimalen Anlagenverschaltung