



Wirtschaftlichkeit von Wärme und Wärme-Kraftkopplung mit Holz sowie Stromerzeugung in Holzgas-Kombikraftwerk

Thomas Nussbaumer

9. Holzenergie-Symposium
ETH Zürich 20. Oktober 2006





Wirtschaftlichkeit von Wärme und Wärmekraftkopplung mit Holz sowie Stromerzeugung in Holzgas-Kombikraftwerk

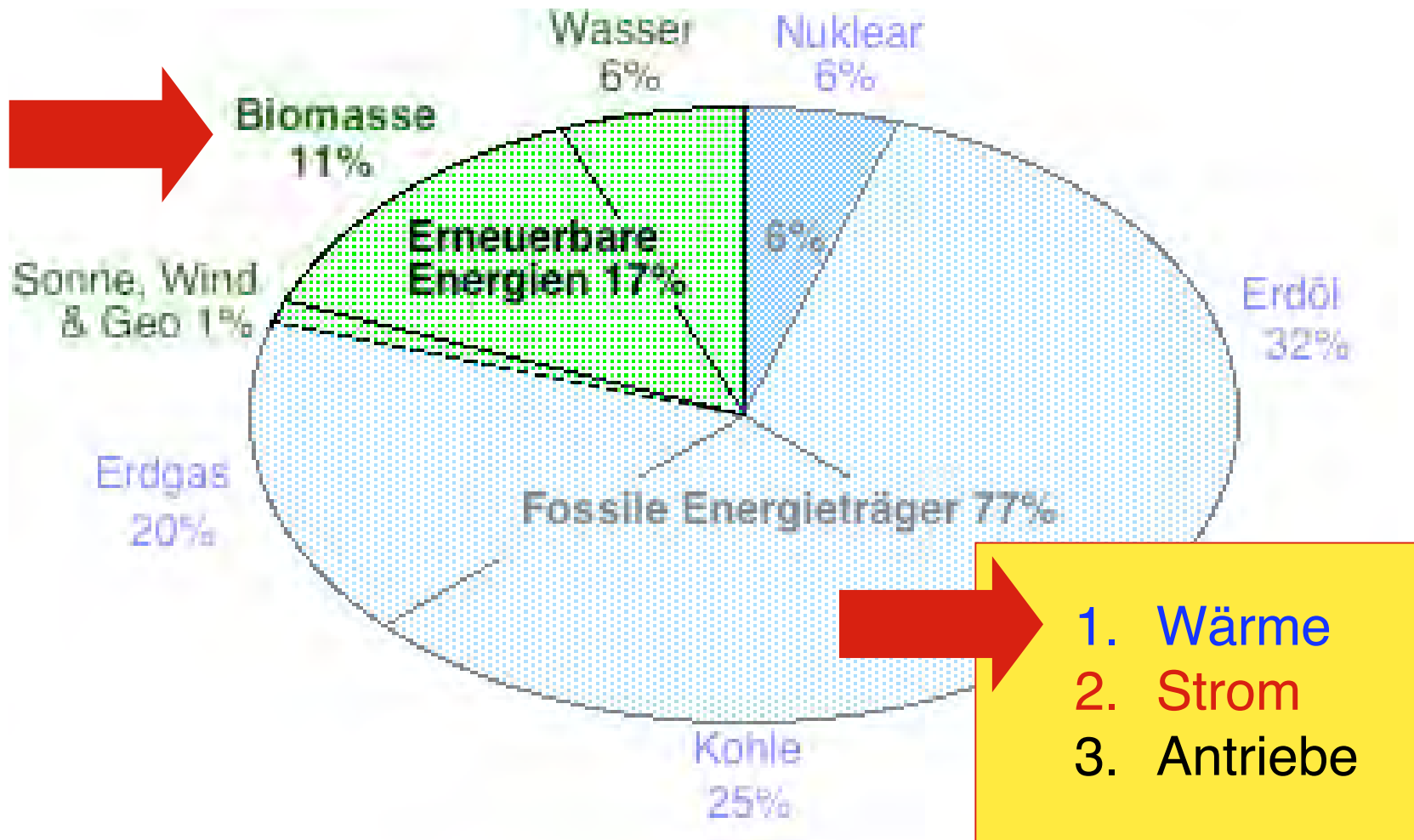
1. Einleitung
2. Vorgehen und Annahmen
3. Wärme mit Feinstaubabscheidung
4. Wärmekraftkopplung
5. Holzgas-Kombikraftwerk
6. Vergleich Wärme, WKK und Kraftwerk
7. Fazit





1. Einleitung
2. Vorgehen und Annahmen
3. Wärme mit Feinstaubabscheidung
4. Wärmekraftkopplung
5. Holzgas-Kombikraftwerk
6. Vergleich Wärme, WKK und Kraftwerk
7. Fazit





Weltenergieverbrauch nach Energieträgern
[World Energy Council 1995]



Ziele Energiepolitik Schweiz

1. Verdopplung der Energieholznutzung von 2,6%*
des Endenergieverbrauchs auf 5% bis 6%
*Basisjahr 2004: 2,6%; Basisjahr 2005: 3,4%
2. bis 2010: 1% des Stroms = 500 GWh/a erneuerbar
3. Decken der Stromlücke 2020. Dazu prüft der Bund den
Bau eines Erdgas-Kombikraftwerks, also für die Schweiz
erstmalig eines (fossil-) thermischen Kraftwerks (CO₂!)



Übergeordnete Ziele

1. Maximale Substitution nicht erneuerbarer Energieträger
(Betrachtung der Nutzenergie nicht der Endenergie !)
2. Minimale Umweltbelastung (PM10 und weitere)



Energieholzpotenzial

	Nutzung		Potenzial		Zusatz- potenzial	
	Mio m ³ /a	GWh/a	Mio m ³ /a	GWh/a	Mio m ³ /a	GWh/a
Waldholz	1.2	2 880	4.1	9 806	2.9	6 926
Restholz	1.1	2 640	1.2	2 854	0.1	214
Altholz	0.3	720	0.8	1 951	0.5	1 231
Holz Total	2.6	6 240	6.1	14 611	3.5	8 371
GEV Schweiz 04		242 500				
davon Elektrizität		56 000				
Holz/GEV	2.6%		6.0%		3.5%	

Oettli, B., et al.: *Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz*, BfE, Bern, 2004

Primas, A., Kessler, F.: *Schweizerische Holzenergiestatistik*, BfE, Bern 2005

QM Holzheizwerke 2004

Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2004, BfE, Bern 2005

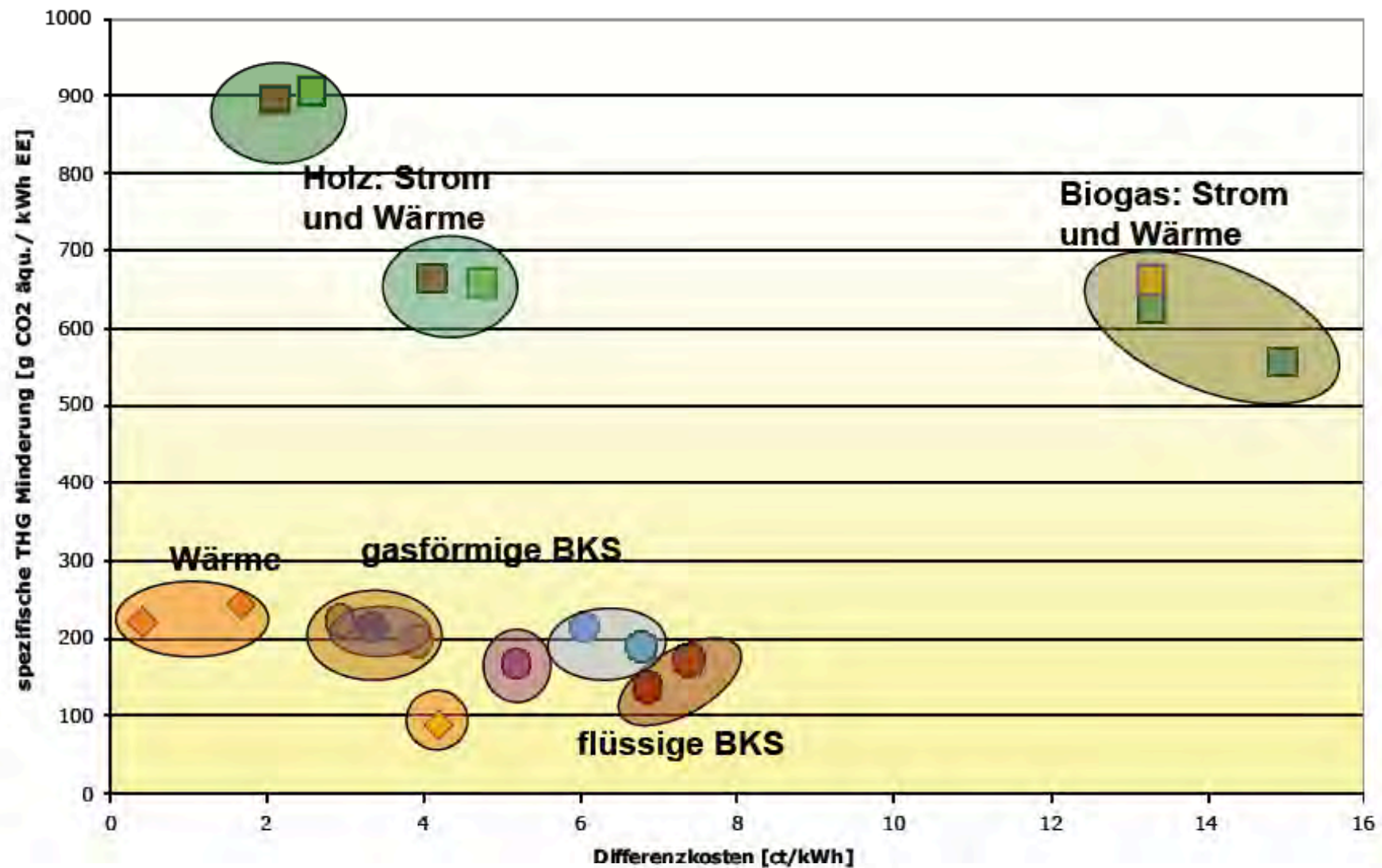


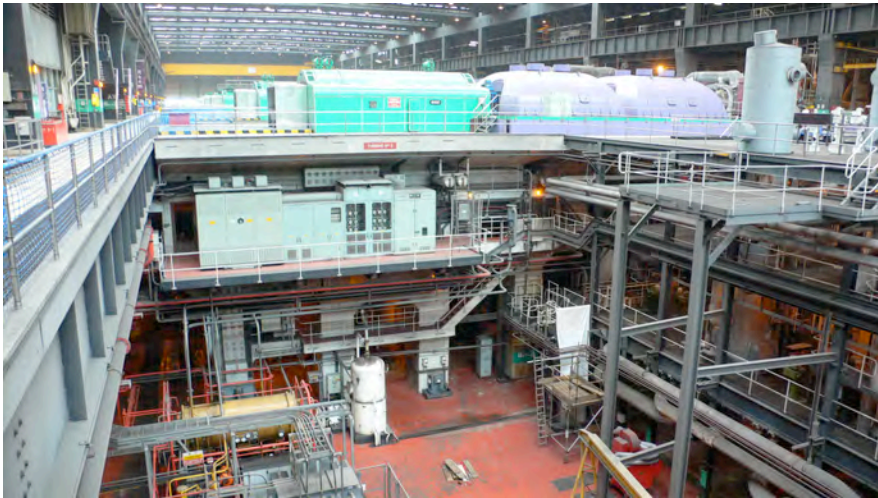
EU Aktionsplan für Biomasse vom 7.12.2005

„Biokraftstoffe weisen zwar die höchste Beschäftigungsintensität und den grössten Nutzen in Bezug auf die Versorgungssicherheit auf, doch bietet die Biomassenutzung zur Stromerzeugung die meisten Vorteile in Bezug auf Treibhausgasemissionen, und die Biomassenutzung zur Wärmeerzeugung ist am kostengünstigsten.“

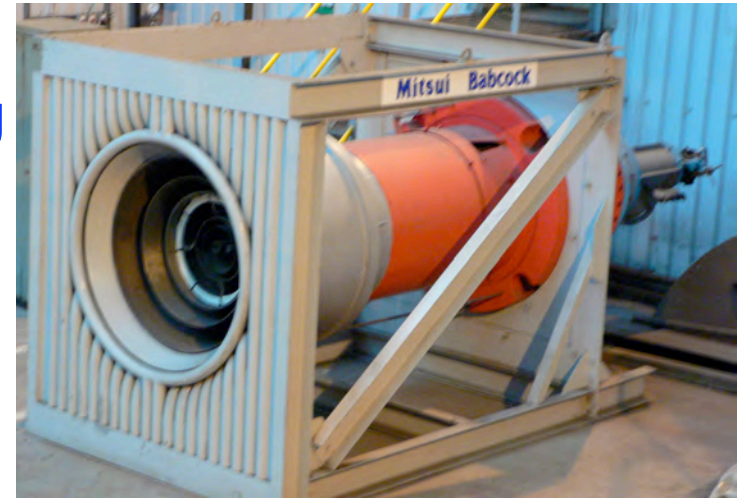


Ökologisch-ökonomische Bewertung der Bioenergie (Tagungsband S. 158)





Holz-
Zufuhrung
in Kohle-
Kraftwerk
(UK)



2,4 GWe = 6 ... 7 GWzu

Holzpotenzial CH =
1/3 des Kraftwerks





1. Einleitung



2. **Vorgehen und Annahmen**

3. Wärme mit Feinstaubabscheidung

4. Wärmekraftkopplung

5. Holzgas-Kombikraftwerk

6. Vergleich Wärme, WKK und Kraftwerk

7. Fazit



Vorgehen

Annuitätenmethode:

- Kapitalkosten aus Investition

Erfahrungswerte für Wärmeerzeuger

Erfahrung & Offerten für Feinstaubabscheider

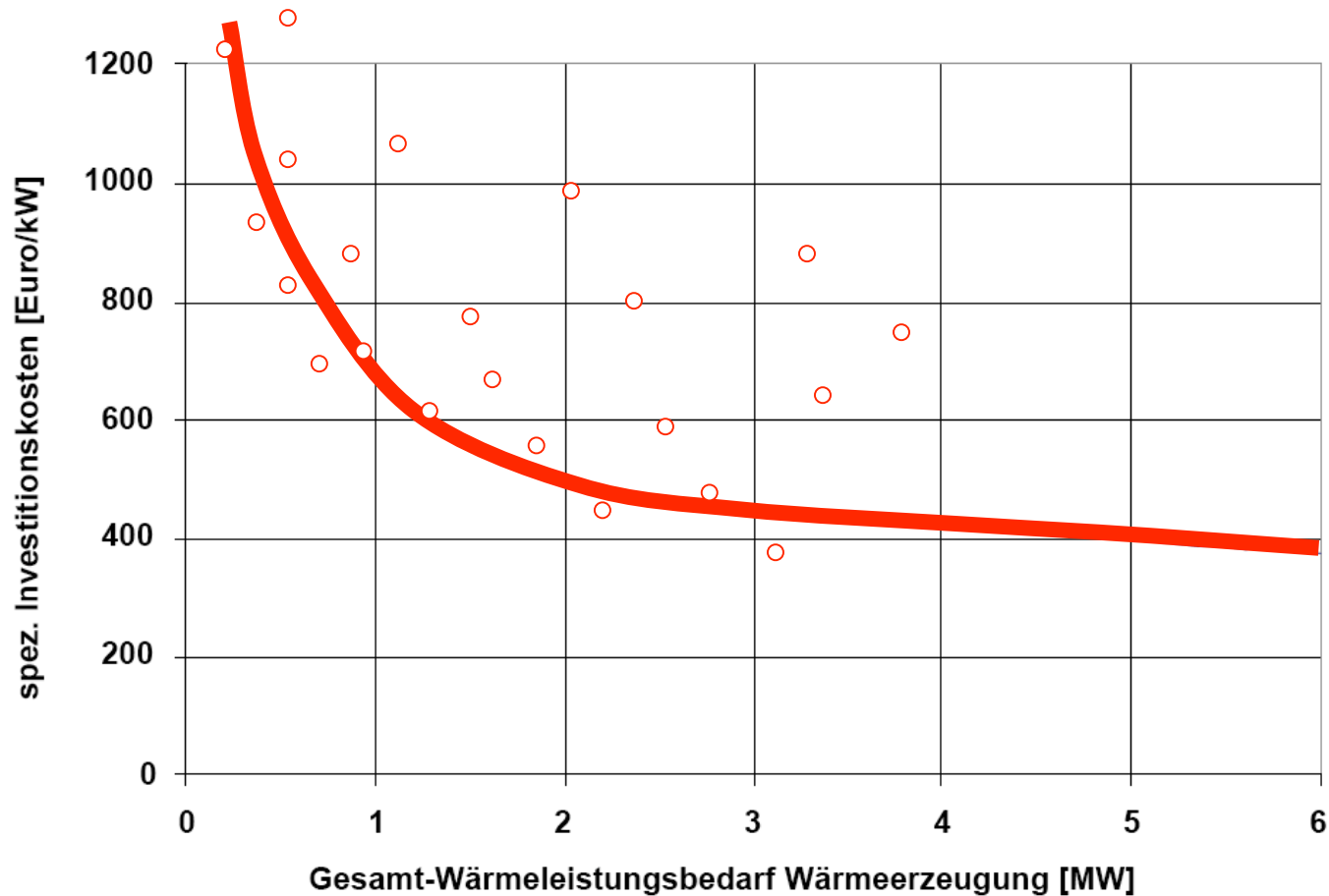
Literaturangaben für Kraftwerk

- Betriebskosten ohne Brennstoff

- Brennstoffkosten (mit Wirkungsgrad)



Spezifische Investitionskosten Wärme



Inbegriffen sind: Heizraum, Schornstein, hydraulische Einbindung, Steuerung/Regelung sowie Brennstofflagerung mit Austragung für mono- oder bivalente Holzheizung mit oder ohne Speicher. Die Dimensionierung erfüllt die Q-Forderung E.4.

Quelle: Kurven ermittelt aufgrund von Daten von ausgeführten Anlagen in der Schweiz.



Annahmen Betriebsart

Wärme 2000 h/a (Varianten: 1500 / 2500 h/a)

WKK 4000 h/a (Varianten: 2000 / 6000 / 8000 h/a)

Kraftwerk 6000 h/a

Strom gewichtet = 2,5 x Wärme



Annahmen Brennstoffpreise

Holz (Waldhackschnitzel)

5 Rp./kWh

Restholz

4 Rp./kWh

Altholz

2 Rp./kWh

Heizöl für Wärme

8 Rp./kWh (Fr. 80.–/100 l)

Erdgas für Strom

7 Rp./kWh



Annahmen Kapital

Heizanlagen & WKK

Kapitalzins 5% p.a.

Kalkulationsdauer 15 a Technik / 30 a Gebäude


Kraftwerk

Kapitalzins 2,5% p.a.

Kalkulationsdauer 30 a





1. Einleitung
2. Vorgehen und Annahmen
-  3. **Wärme mit Feinstaubabscheidung**
4. Wärmekraftkopplung
5. Holzgas-Kombikraftwerk
6. Vergleich Wärme, WKK und Kraftwerk
7. Fazit



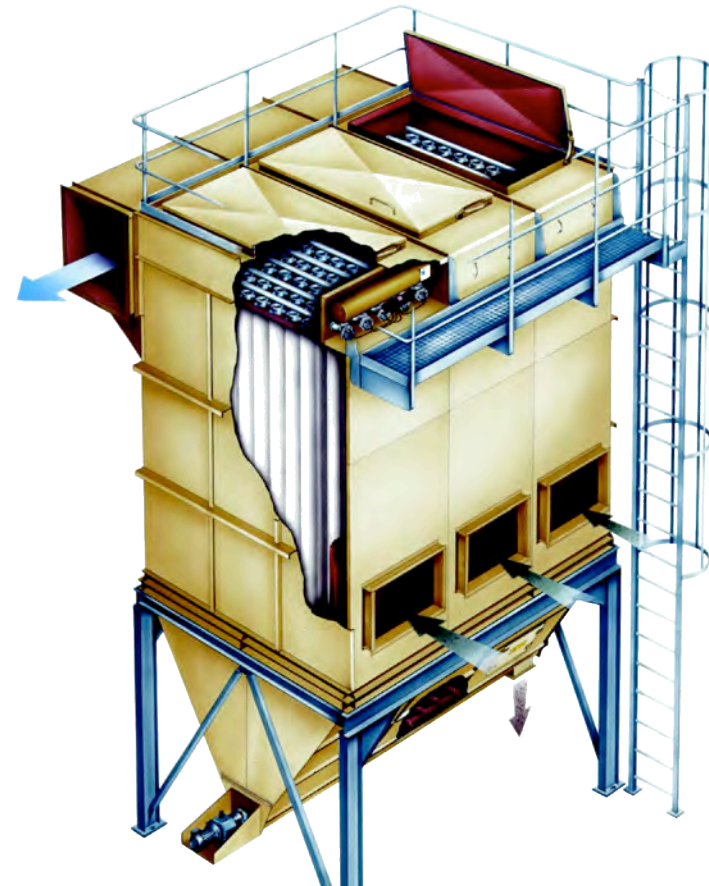
Feinstaubabscheider

Elektroabscheider



Aerob-Beth (Symposium 2006)

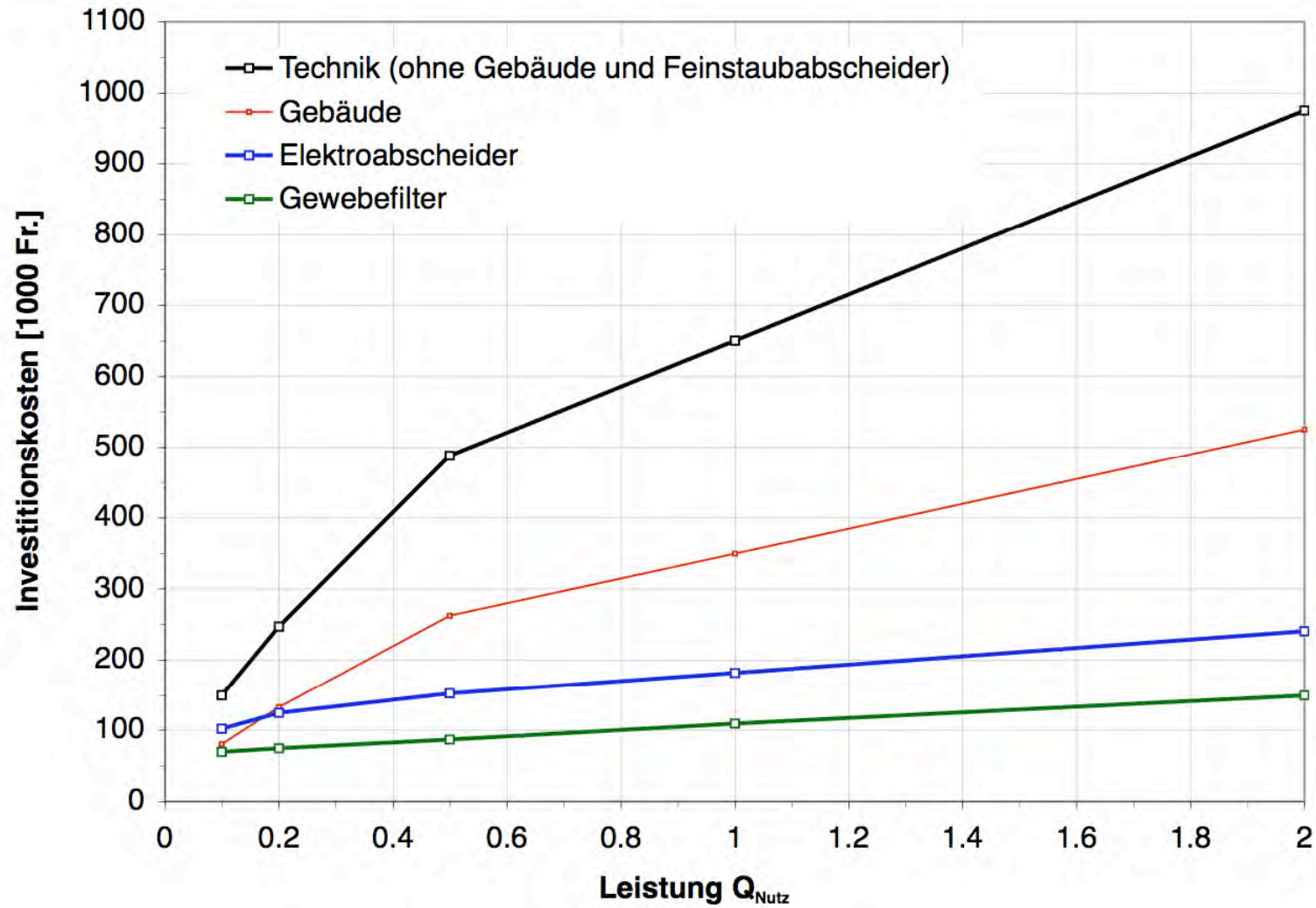
Gewebefilter



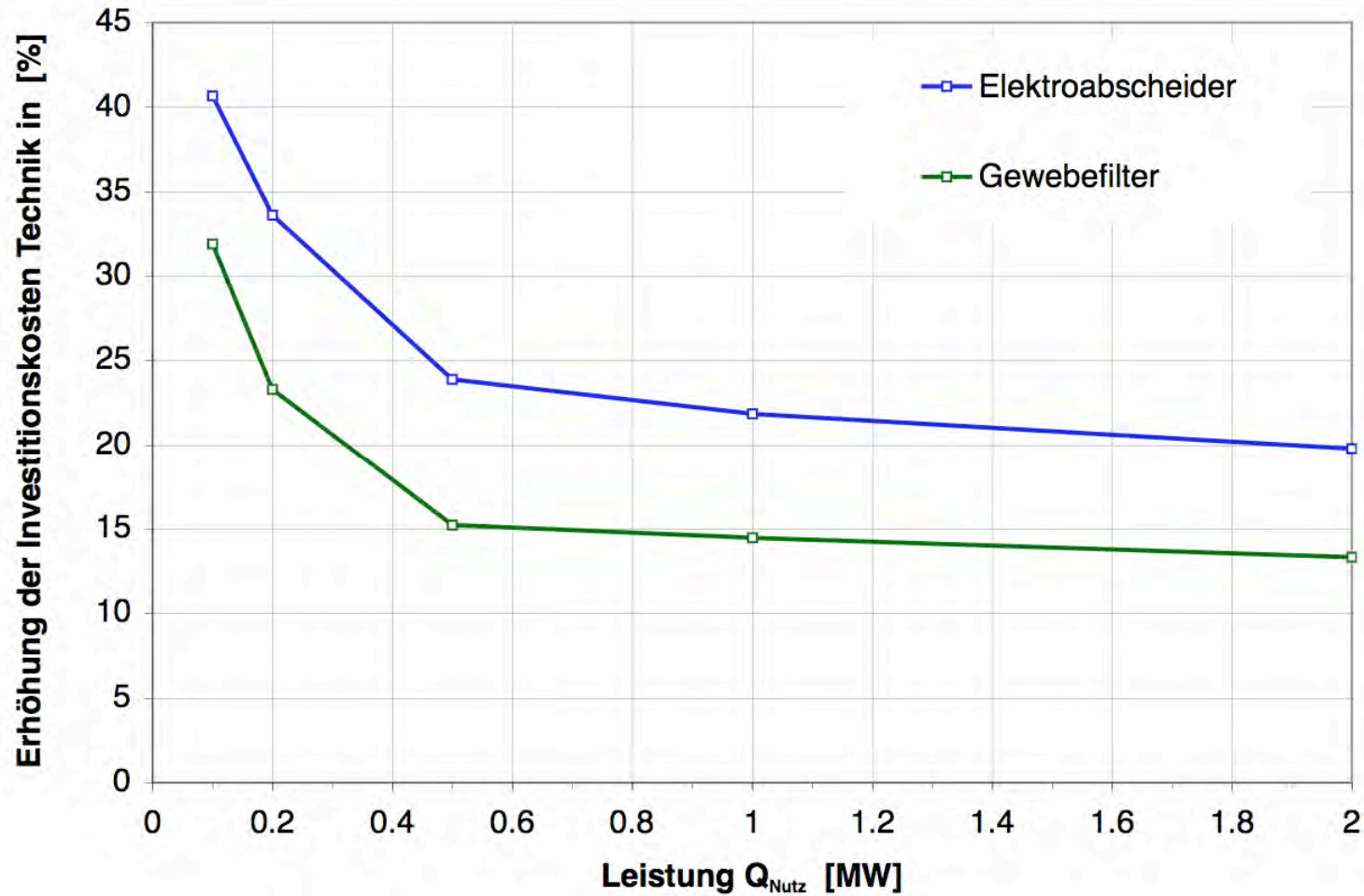
Scheuch (Symposium 2002)



Investitionskosten

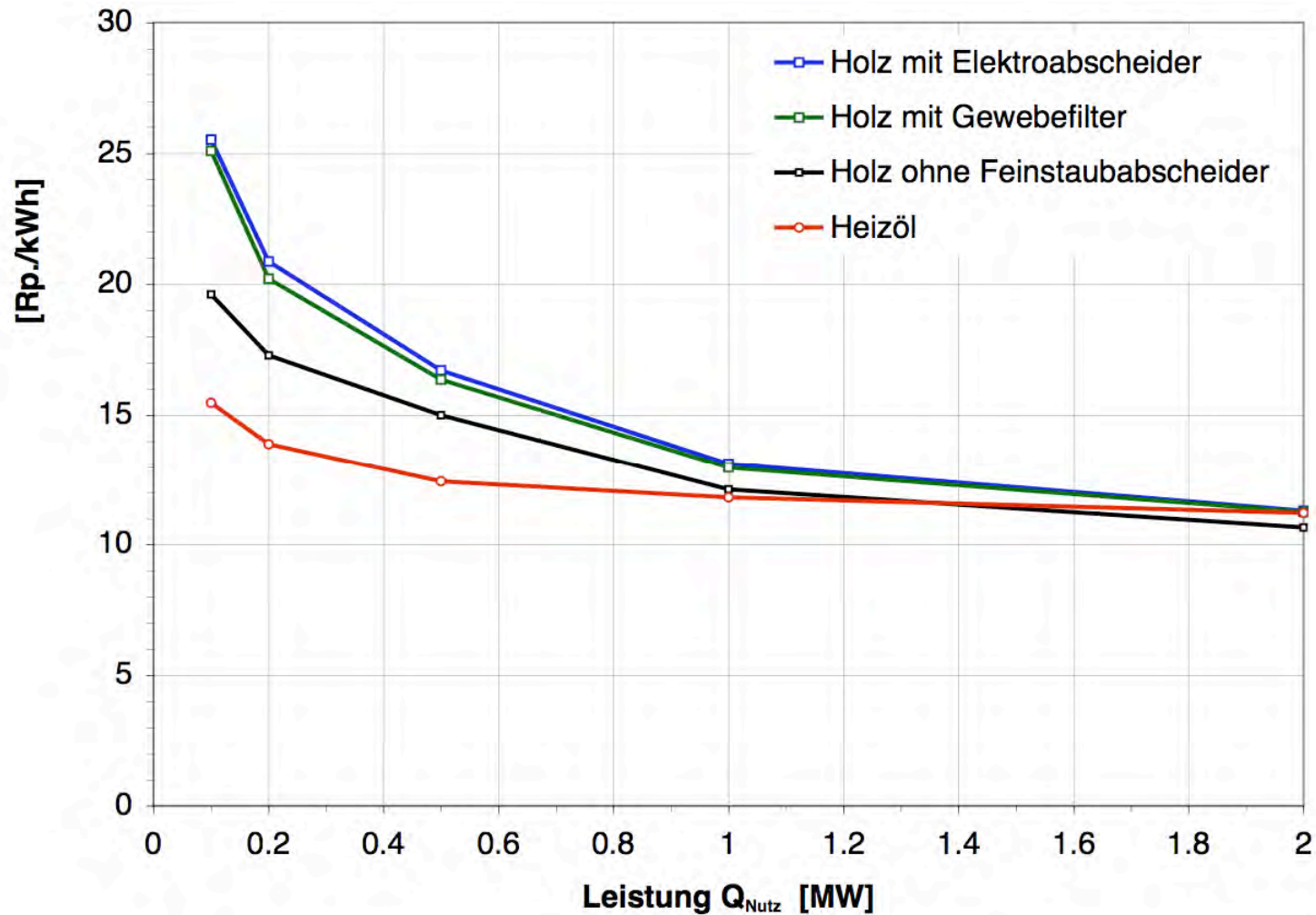


Erhöhung der Investitionskosten Technik

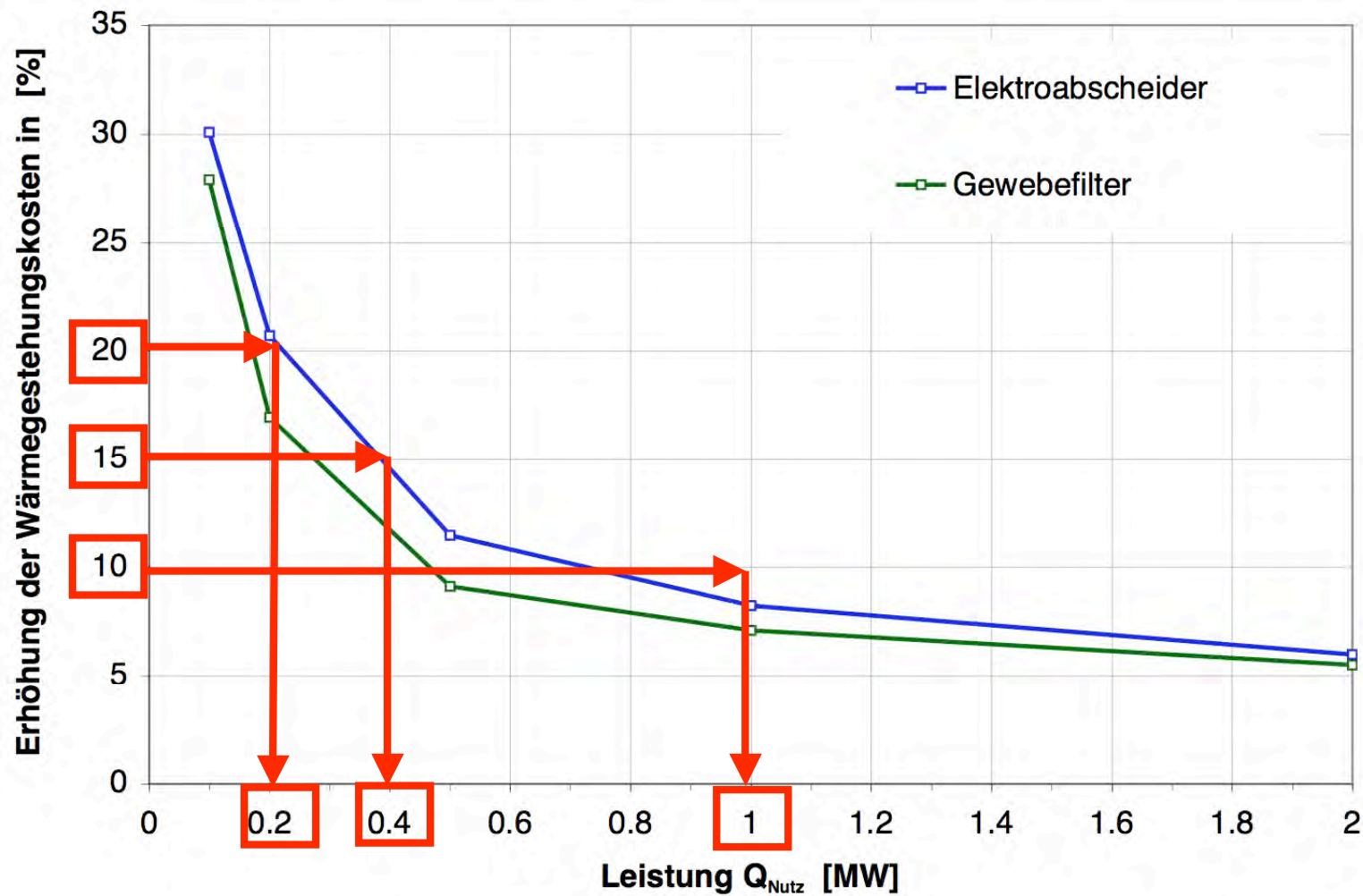


Wärmegestehungskosten bei 2000 h/a

Für Brennstoffpreise von 5 Rp./kWh für Holz und 8 Rp./kWh für Heizöl sowie einen Kapitalzins von 5% p.a.. Exklusive Wärmenetz



Erhöhung der Wärmegestehungskosten bei 2000 h/a



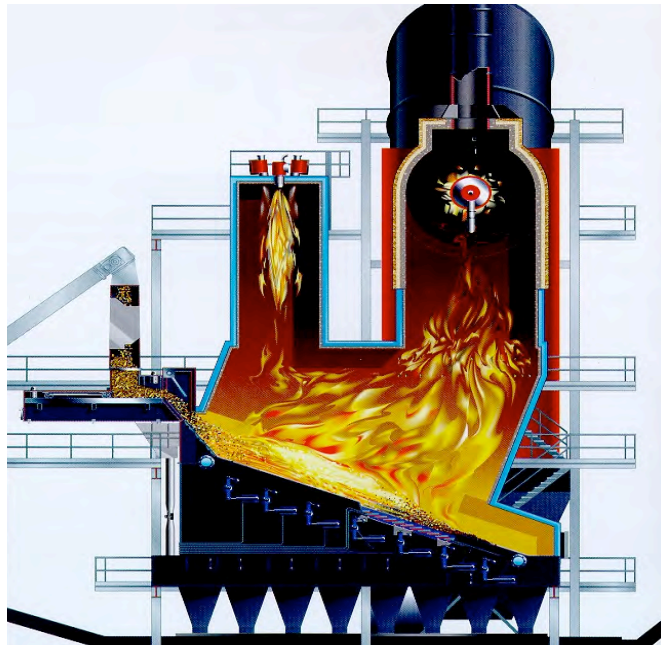


1. Einleitung
2. Vorgehen und Annahmen
3. Wärme mit Feinstaubabscheidung
- ➔ 4. **Wärmekraftkopplung**
5. Holzgas-Kombikraftwerk
6. Vergleich Wärme, WKK und Kraftwerk
7. Fazit

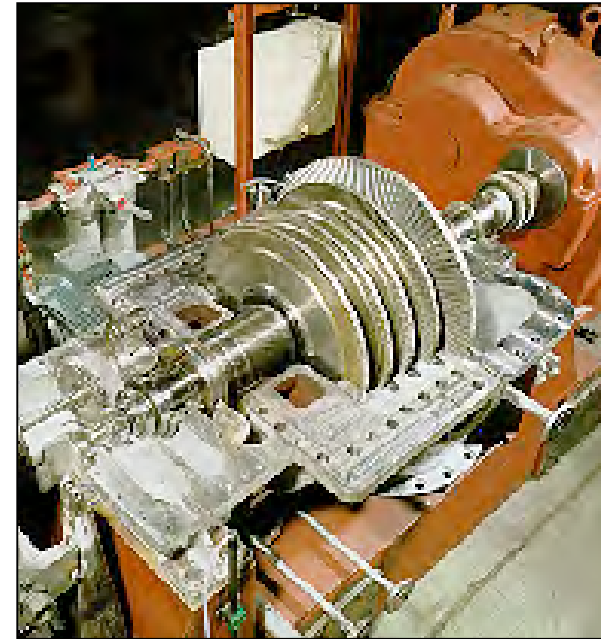


Heutige Technik zur Wärmekraftkopplung

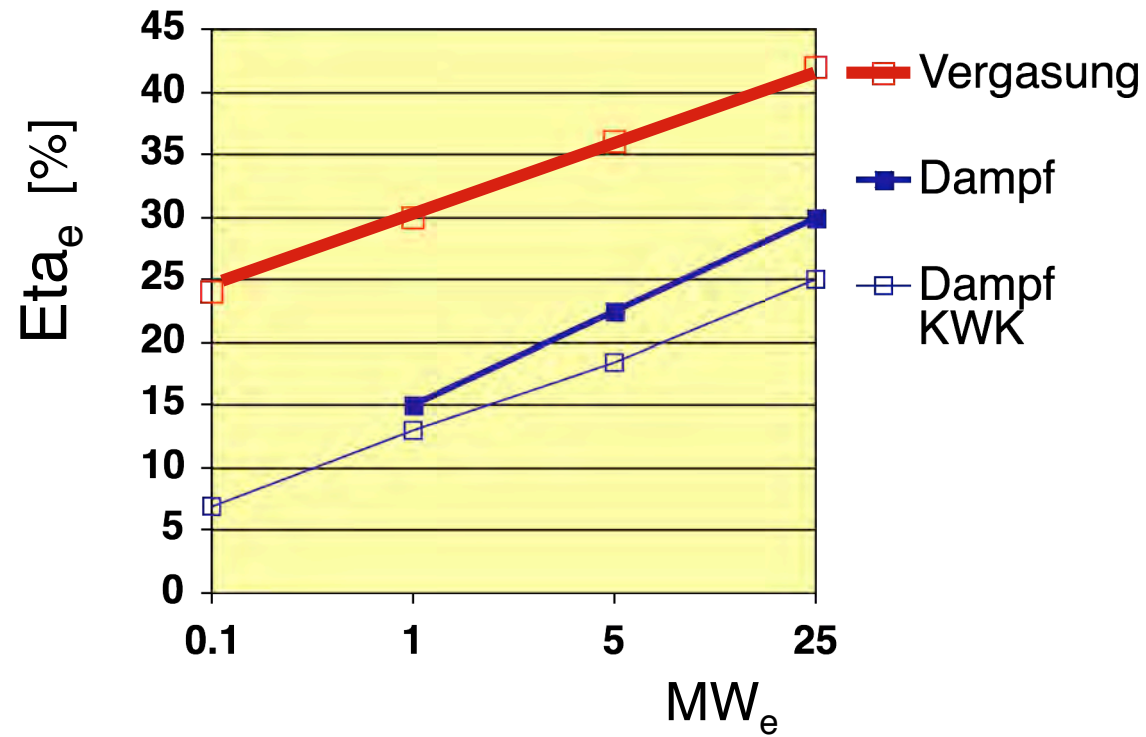
=



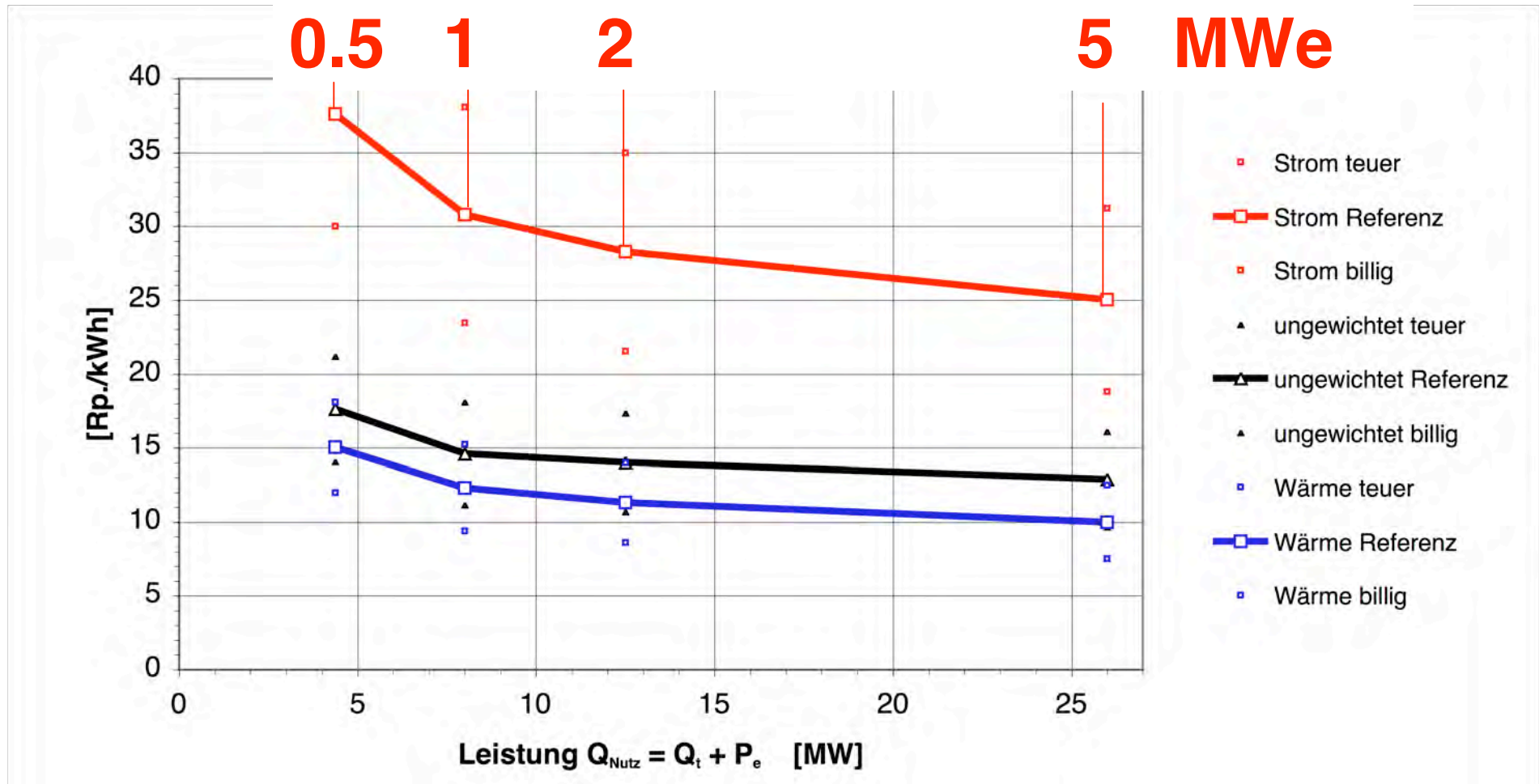
+




Wirkungsgrad der Dampfkrafttechnik



Wärme- & Stromgestehungskosten WKK 4000 h/a





1. Einleitung
2. Vorgehen und Annahmen
3. Wärme mit Feinstaubabscheidung
4. Wärmekraftkopplung
-  5. Holzgas-Kombikraftwerk
6. Vergleich Wärme, WKK und Kraftwerk
7. Fazit



Holzgas-Kombikraftwerk mit Wirbelschicht- Druck-Vergasung und Gas- und Dampfturbine



Foster Wheeler
(Bioflow/Sydkraft)

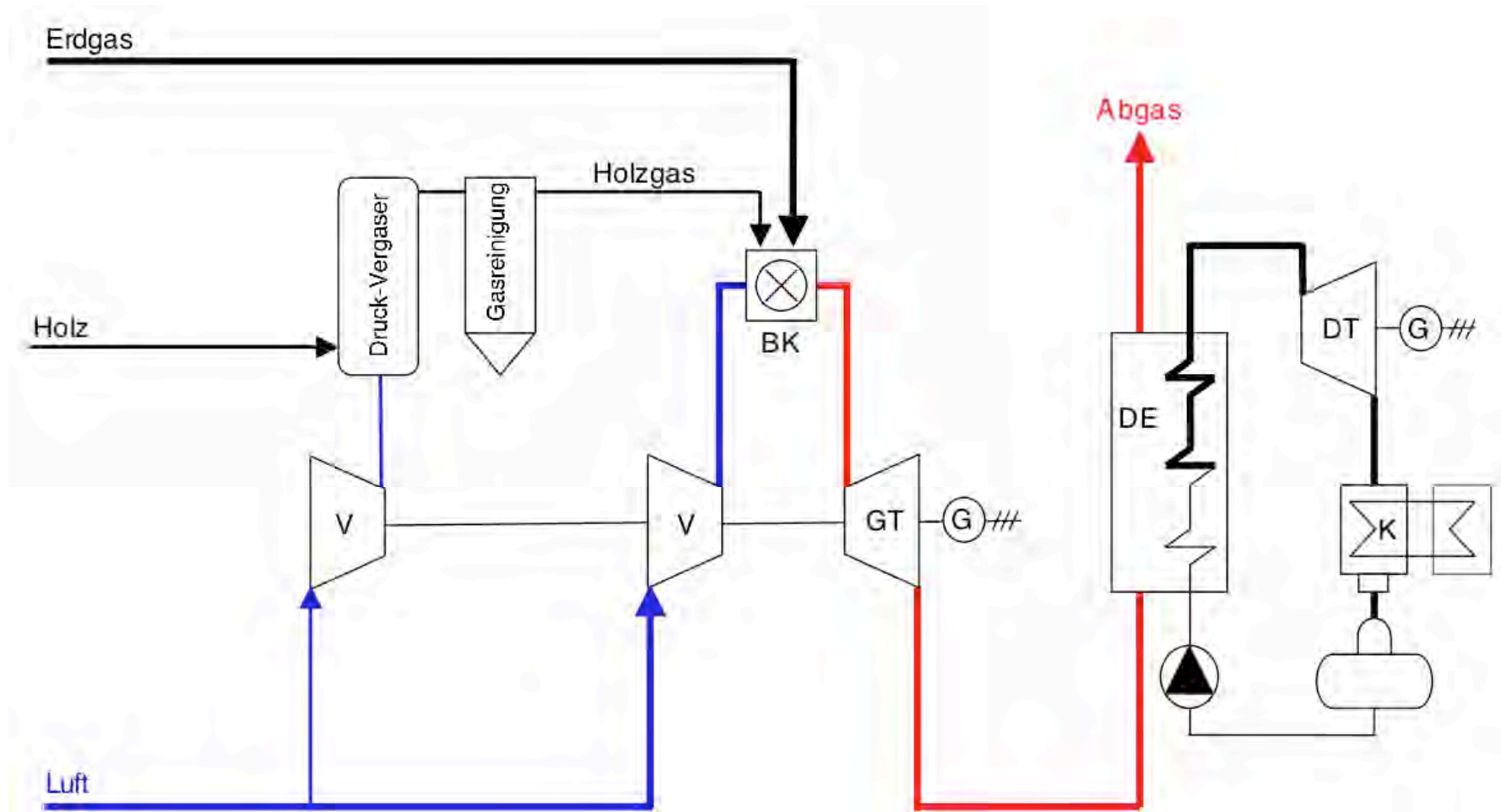
Värnamö (S)

6 MW_e (4 + 2 MW_e)
9 MW_t

Eta_e = 33–37%



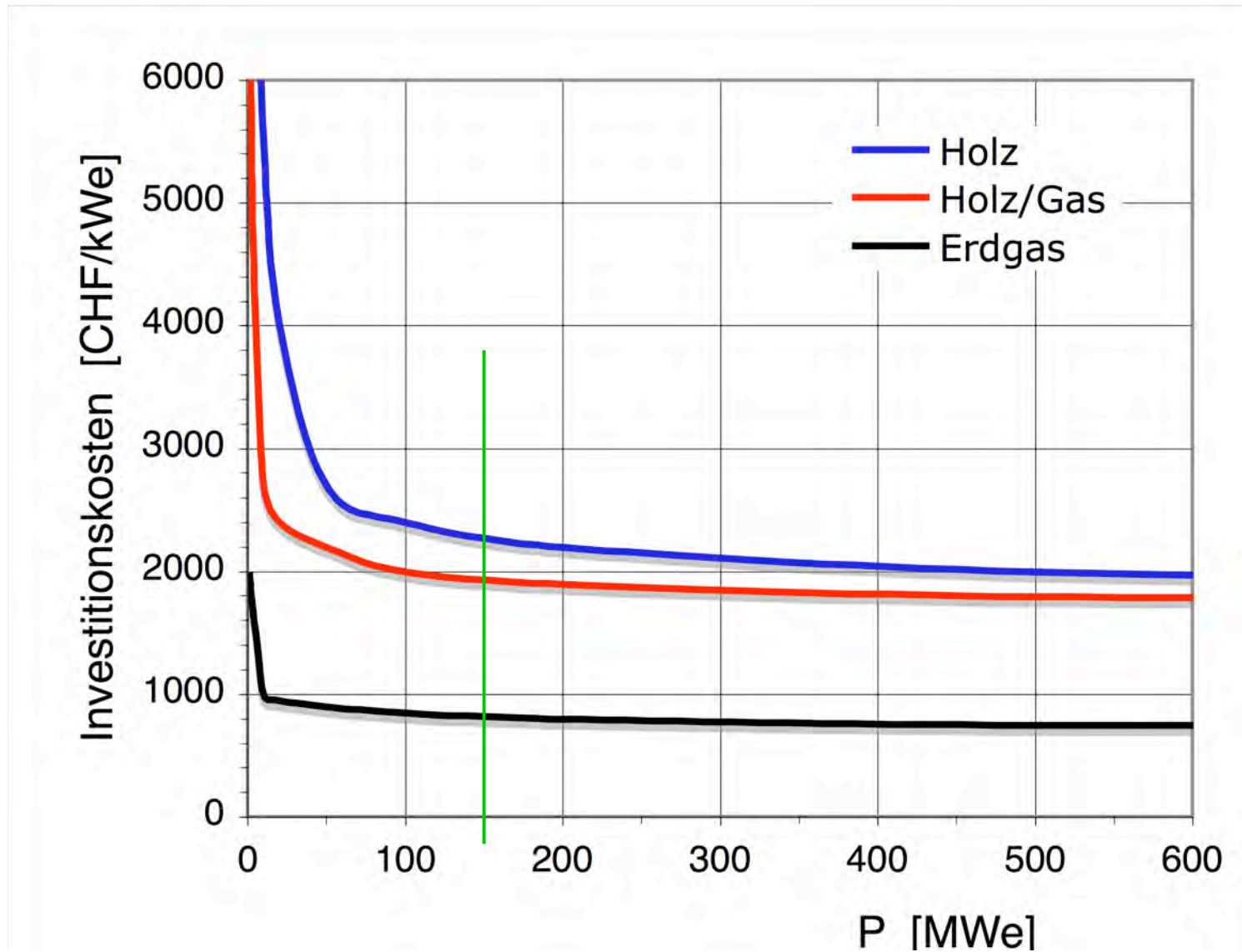
Holzgas/Erdgas-Kombikraftwerk



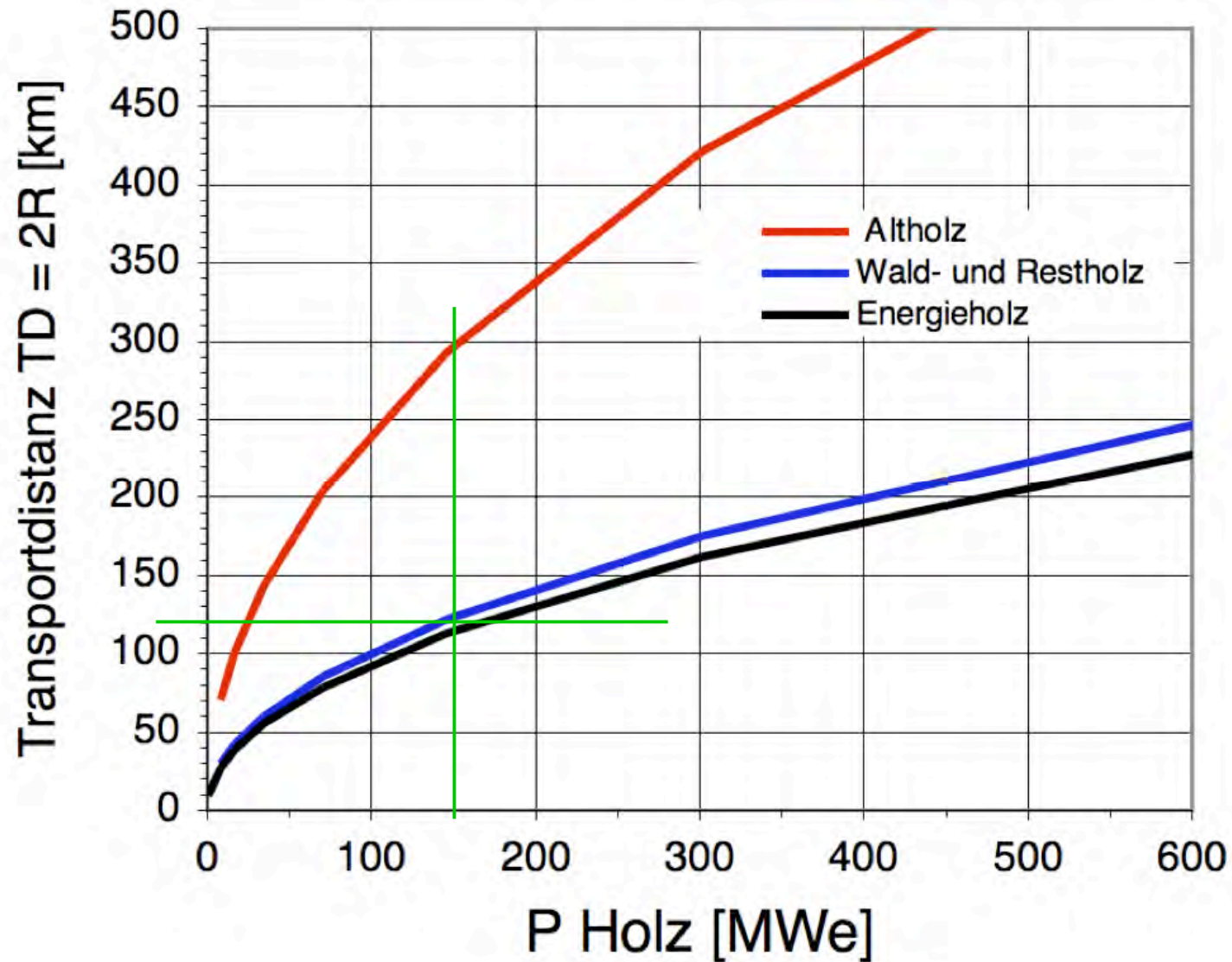
V = Verdichter
GT = Gasturbine
G = Generator
DE = Dampferzeuger
DT = Dampfturbine
K = Kondensator



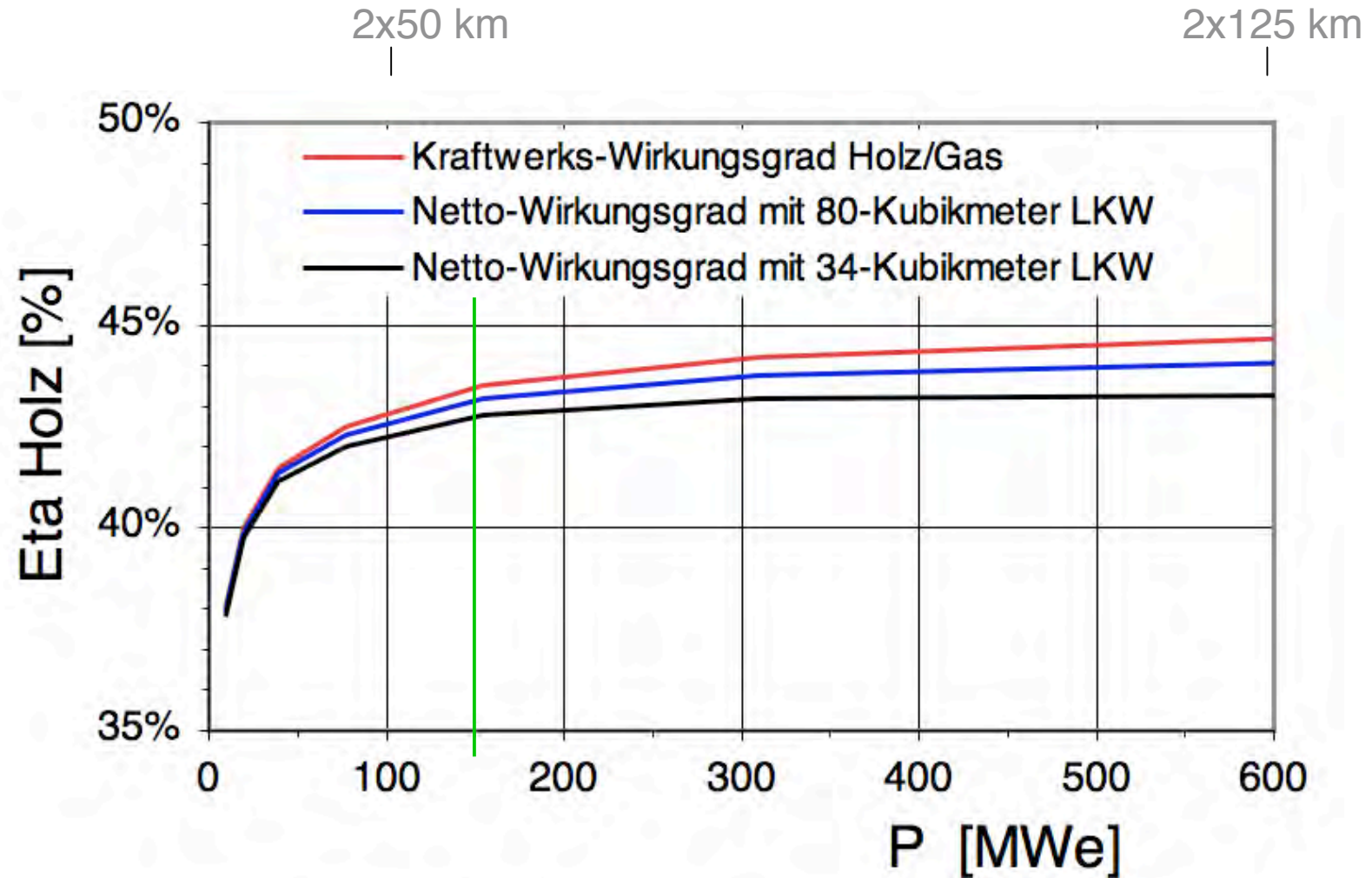
Investitionskosten Holzgas/Erdgas-Kombikraftwerk



Transportdistanz für Holzgas-Kombikraftwerk



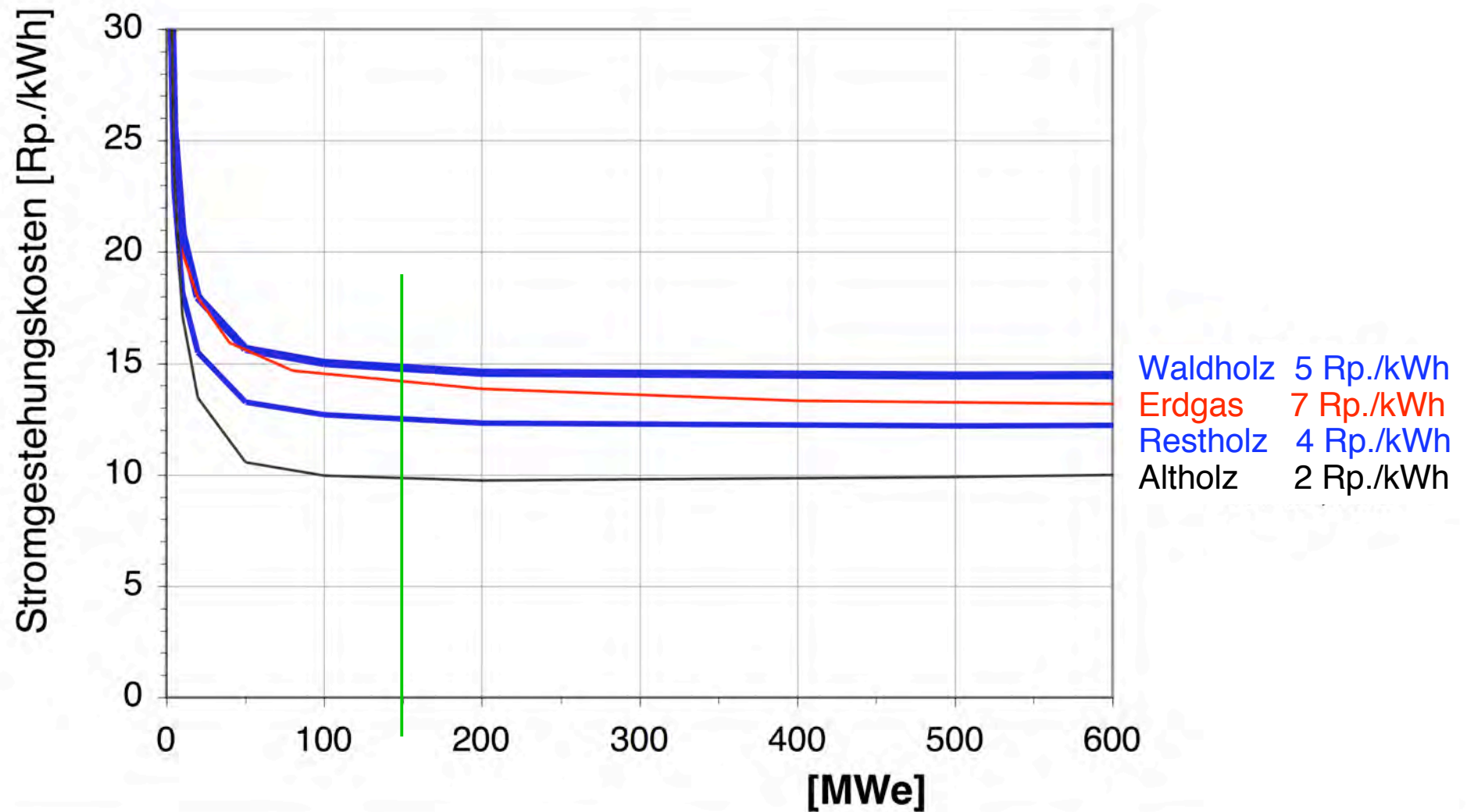
Wirkungsgrad Holzgas-Kombikraftwerk



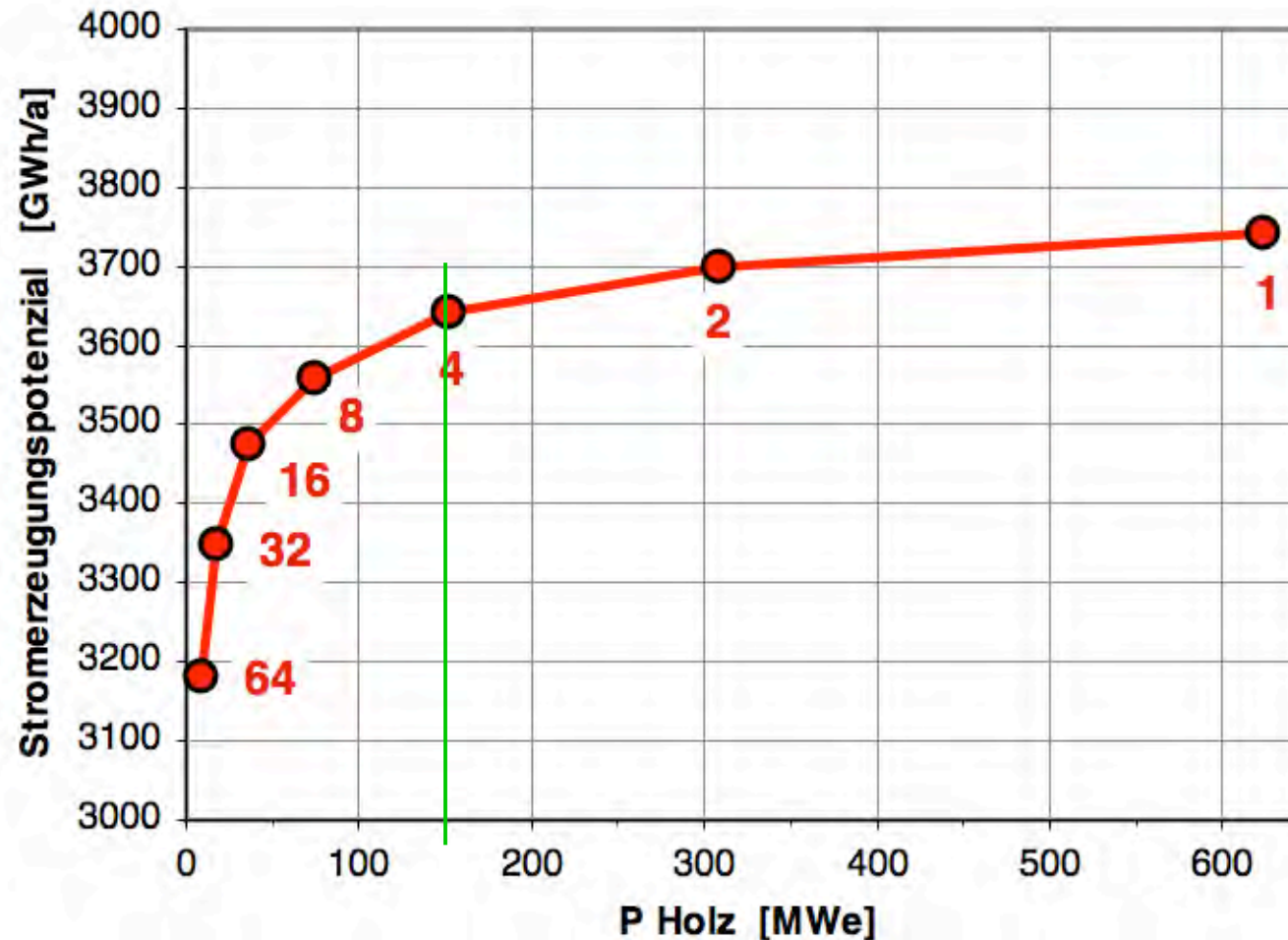
Stromgestehungskosten für Holz und Erdgas in Kombikraftwerken

Kapitalzins 2.5% p.a.

Kalkulationsdauer Technik 30 Jahre



Strompotenzial von Holz-Zusatzpotenzial in der Schweiz: 6,5% des heutigen Stromverbrauchs von 56 000 GWh/a



Kosten- und Potenzialabschätzung für Deutschland:

Holz-Zentralblatt Holz-Zentralblatt, 132. Jg., Nr. 34 (2006) **Verenum**

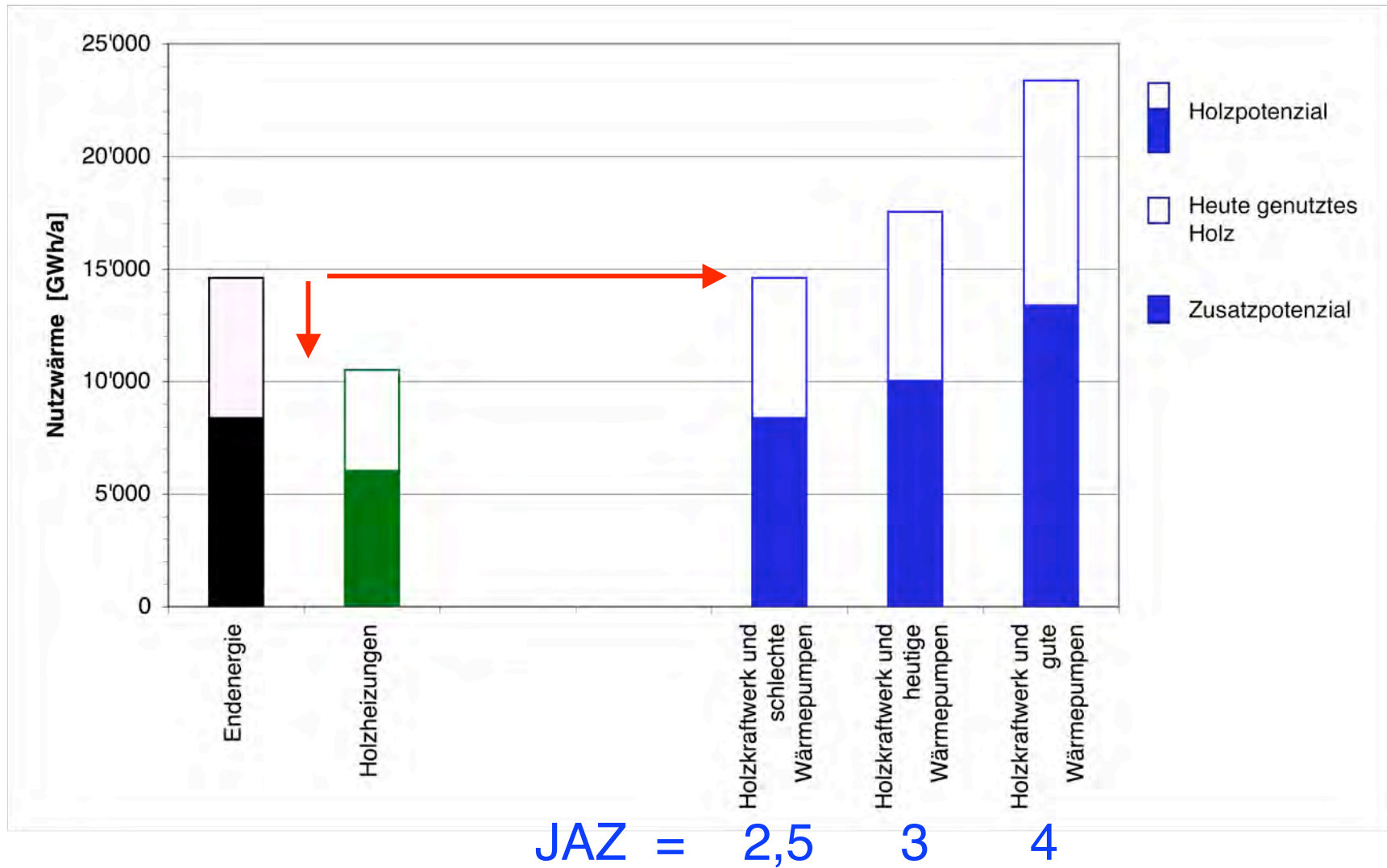




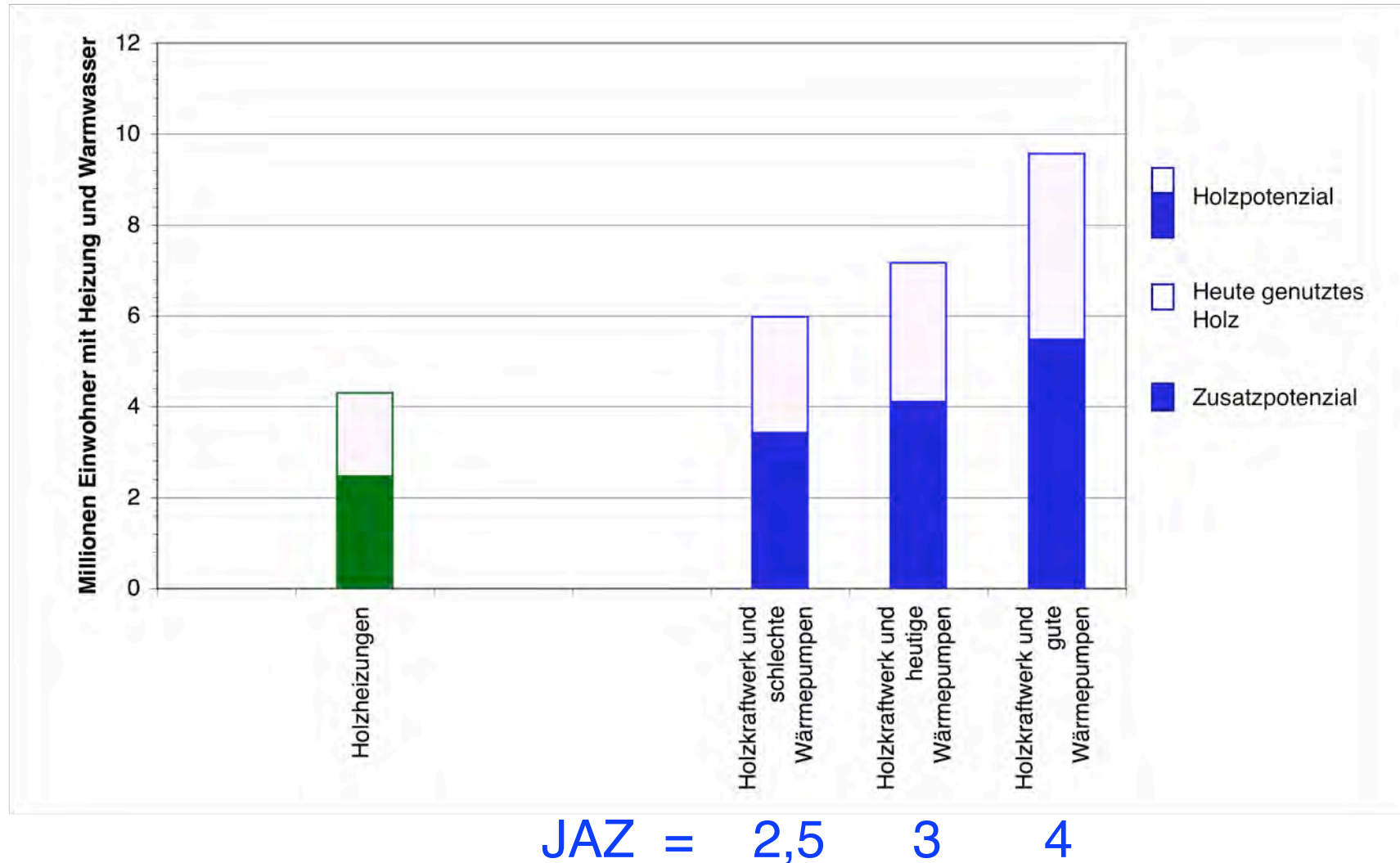
1. Einleitung
2. Vorgehen und Annahmen
3. Wärme mit Feinstaubabscheidung
4. Wärmekraftkopplung
5. Holzgas-Kombikraftwerk
6. Vergleich Wärme, WKK und Kraftwerk
7. Fazit



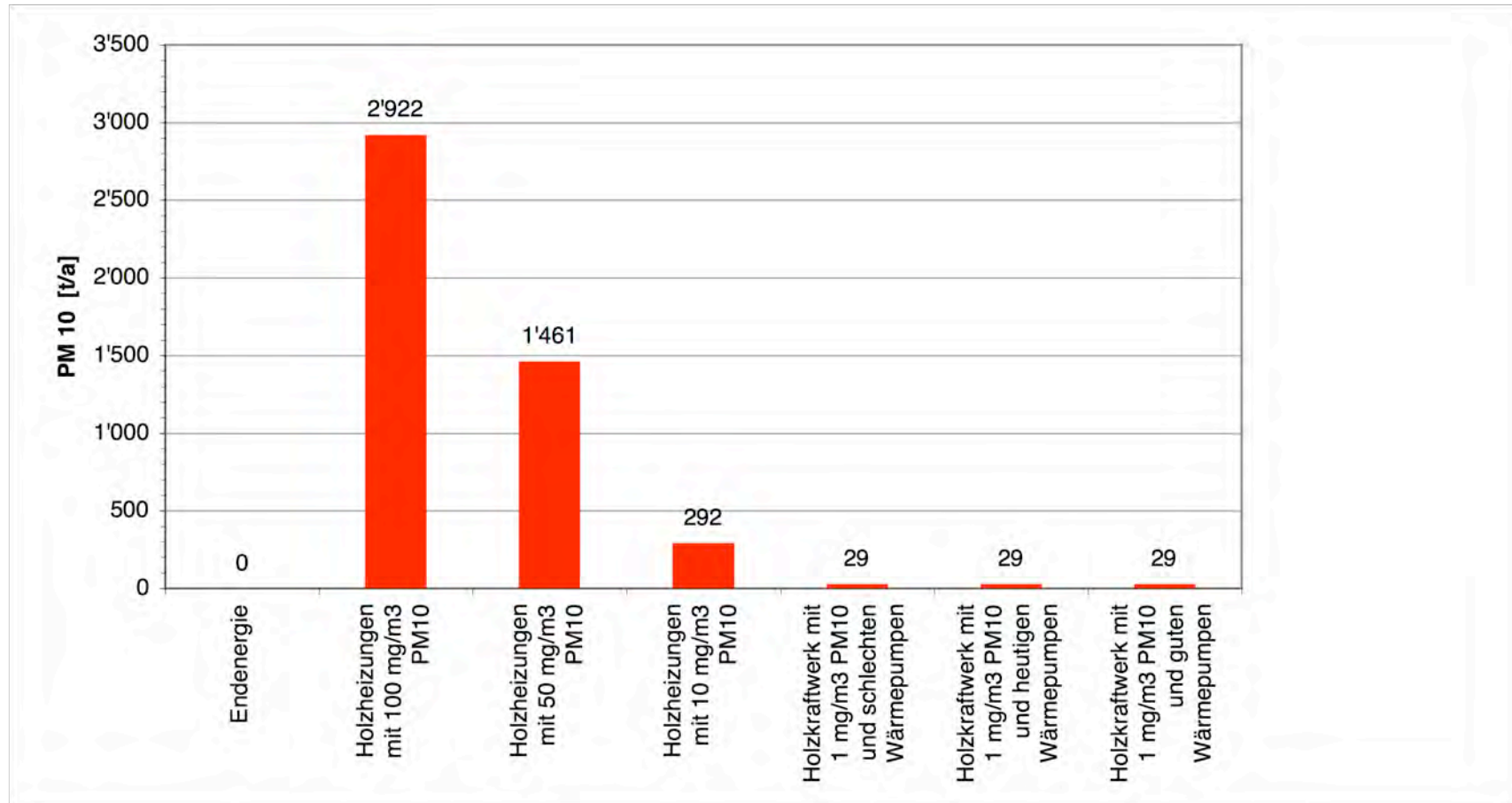
Potenzial an Nutzwärme aus Holz



Potenzial für Heizung/WW mit Holz in neuen Gebäuden mit 200 MJ/m²a (SIA 380-1 Ziel 2008)



PM10 aus Nutzung des Holz-Zusatzpotenzials





1. Einleitung
2. Vorgehen und Annahmen
3. Wärme mit Feinstaubabscheidung
4. Wärmekraftkopplung
5. Holzgas-Kombikraftwerk
6. Vergleich Wärme, WKK und Kraftwerk
7. Fazit



1. Wärme aus Holz

ist **effizient** und konkurrenzfähig.

Feinstaubabscheider verteuern die Wärme bei 1 MW um 10% und bei 200 kW um 20%, wobei noch Reduktionspotenzial besteht.

Für kleinere Leistungen kommen auch optimierte **Pelletsheizungen** ohne Abscheider in Frage.



2. Wärmekraftkopplung

... sollte nur **wärmegeführt** eingesetzt werden

... ist nur interessant für grosse Wärmeverbraucher,
weshalb das **Potenzial begrenzt** ist.



3. Strom aus Holz

Wenn Strom dann mit **Holzgas-Kombikraftwerk**

Wenn ein thermisches Kraftwerk, dann mit **Zuheizung**

Kombikraftwerk hat hohes Potenzial zur Substitution von fossilem CO₂ mit geringstem Feinstaub

1% Strom entspricht **85 MWe**, ideal ist 150 MWe

Ein Holzkraftwerk sollte **minderwertiges Holz** nutzen und damit die Holzqualität für kleine Anlagen erhöhen





Verdankung

Bundesamt für Energie

Bundesamt für Umwelt

Amt für Umwelt Kanton Thurgau

