

# Gemeinschafts-Gutachten im Auftrag des VIK sowie mehrerer Unternehmen



## Positionierung der Kraft-Wärme-Kopplung im Nationalen Allokationsplan

Unterarbeitsgruppe II der Arbeitsgruppe  
„Emissionshandel zur Bekämpfung des Treibhauseffekts“

Berlin, 21.10.2003

Dr.-Ing. Arnold Tolle

[www.tolle.de](http://www.tolle.de)

# Positionierung der KWK im Nationalen Allokationsplan

- Aktuelle Situation
- KWK-Stromerzeugung: Effizienz des zusätzlichen Brennstoffs
- Anforderungen an Allokation
- Allokationsmodell
  - ⇒ Wärme
  - ⇒ Strom/mechanische Arbeit
- Ergänzende Regelungen
- Vertiefende Erläuterungen

# Allokationsmodell KWK im NAP

## Kernaussagen des Gutachtens für VIK und Unternehmen

- Trennung Wärme und Strom
- Effizienzkriterium bereits integriert
  - ⇒ Leicht zu handhaben (keine weiteren, externen Regeln notwendig)
  - ⇒ Gleichzeitig zielführend mit hoher Trennschärfe
    - Keine undifferenzierte „Verteilung“ (wie Primärenergieeinsparungsmodell)
  - ⇒ Wirtschaftlichste Gesamtlösung
- Gelöst
  - ⇒ keine Doppelförderung (KWK-Gesetz)
  - ⇒ 20 MW-Grenze
- Kompatibel zu EU-Richtlinien KWK und ET
  - ⇒ Allgemeiner Anreiz zur Effizienzsteigerung, keine Technologieförderung
- Entlastung des Erfüllungsfaktors durch tatsächliche Einsparungen
- Excel Berechnungs-Datei ist beigefügt

# Positionierung der KWK im NAP

## Aktuelle Situation

- KWK-Gesetz

- ⇒ sehr geringer Zubau

- EU-KWK-Richtlinie

- ⇒ Technologieförderung

- EU-ET-Richtlinie

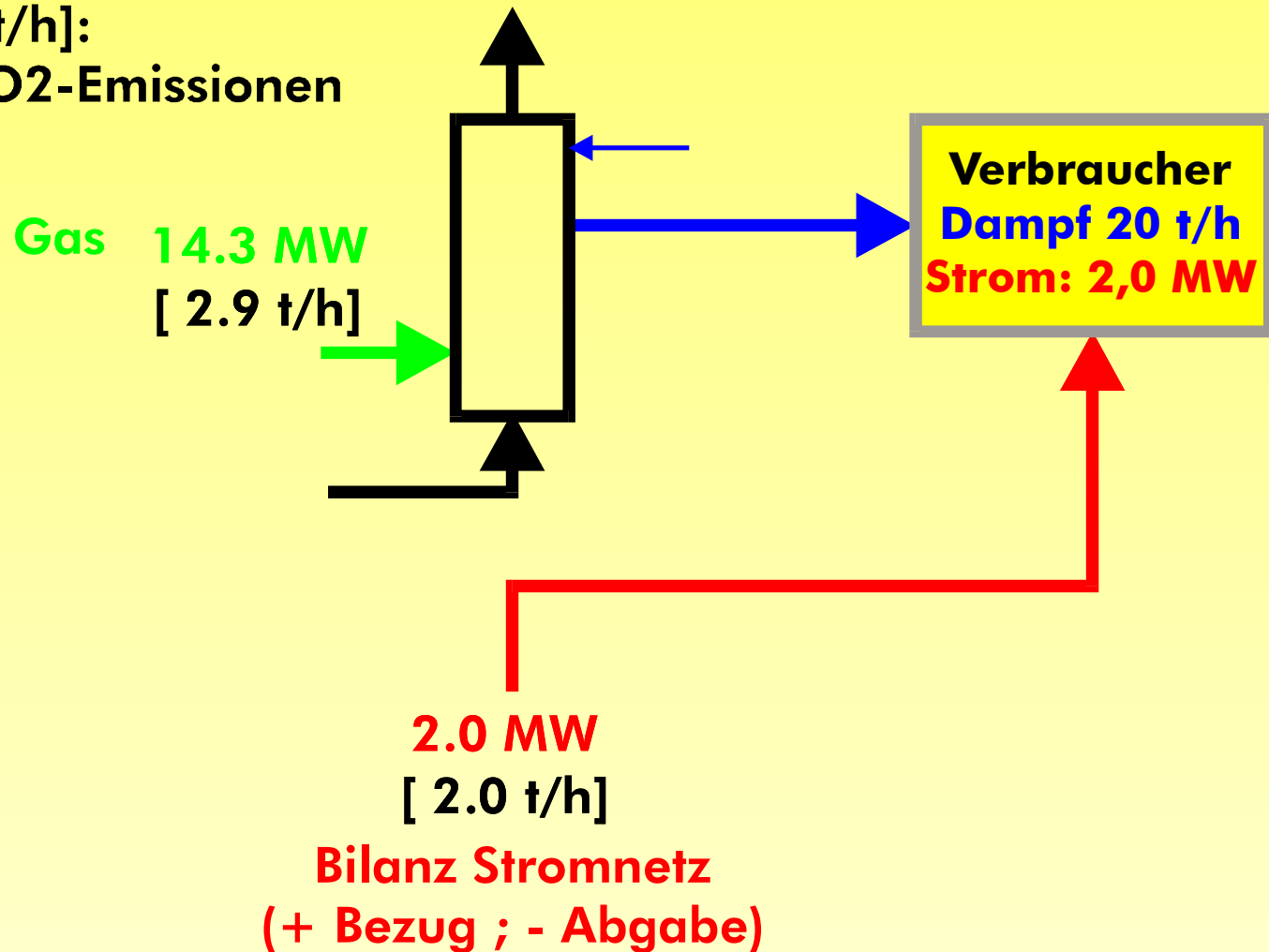
- ⇒ Anwendungsförderung

- ⇒ Gebot: Maßnahmen zur Effizienz darlegen

# KWK Var. 1: Keine KWK

## Basis für nachfolgende Vergleiche

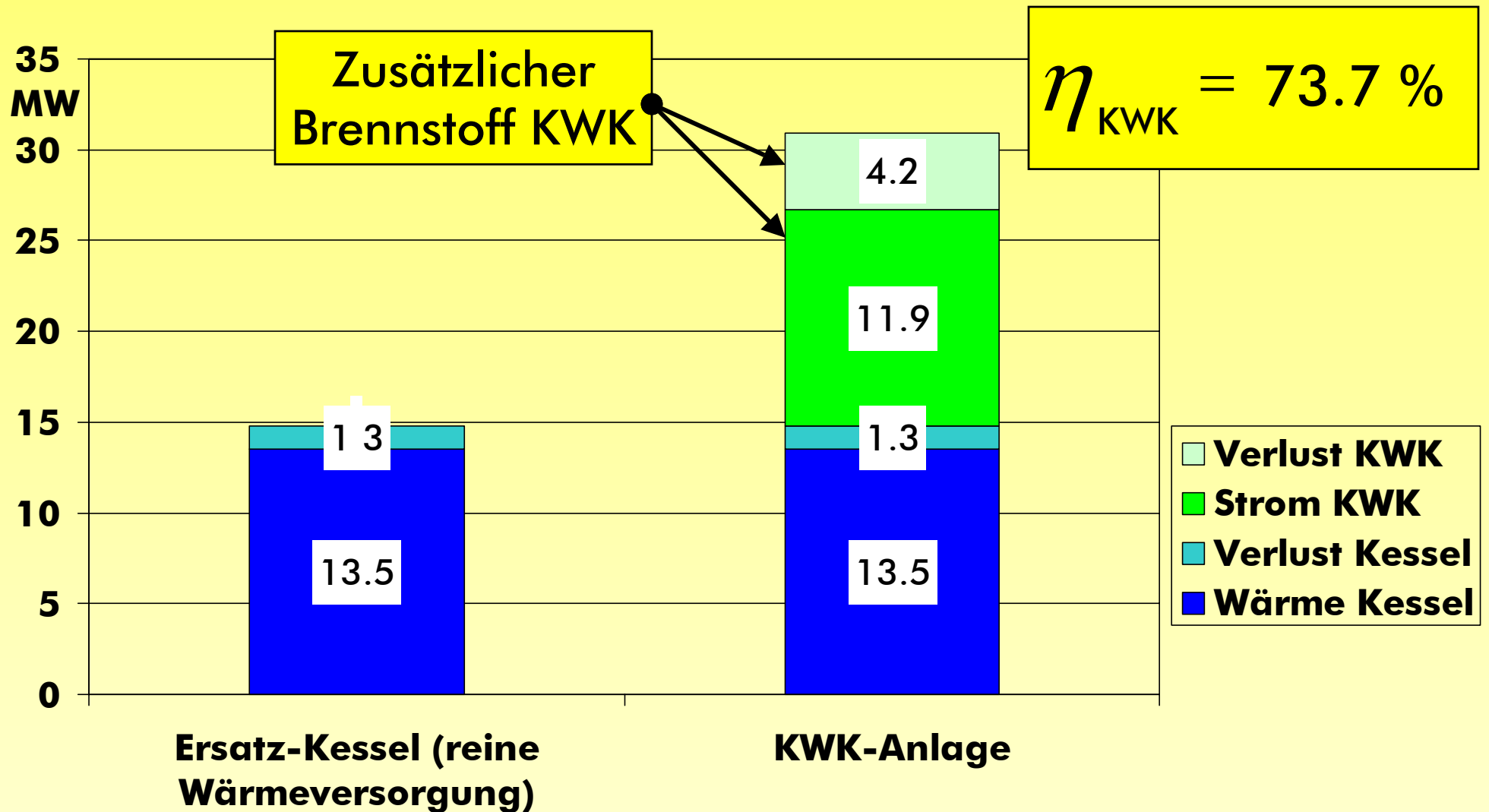
In Klammern [t/h]:  
Verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen





# Definition KWK-Wirkungsgrad

Verhältnis KWK-Strom durch zusätzlichen Brennstoff der KWK



# KWK-Wirkungsgrad

bestimmt den Brennstoff-Mehrbedarf für die KWK-Stromerzeugung

$$\eta_w = \frac{P}{\dot{B} - \frac{\dot{Q}}{\eta_{Q \text{ ref}}}}$$



# Spezifische Emissionen Strom

Direkter Vergleich der KWK mit anderen Kraftwerken möglich

$$Y_{\text{CO}_2 \text{ W}} = \frac{Y_{\text{CO}_2 \text{ Brennstoff}}}{\eta_{\text{W}}} \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right]$$

$Y_{\text{CO}_2 \text{ Brennstoff}}$

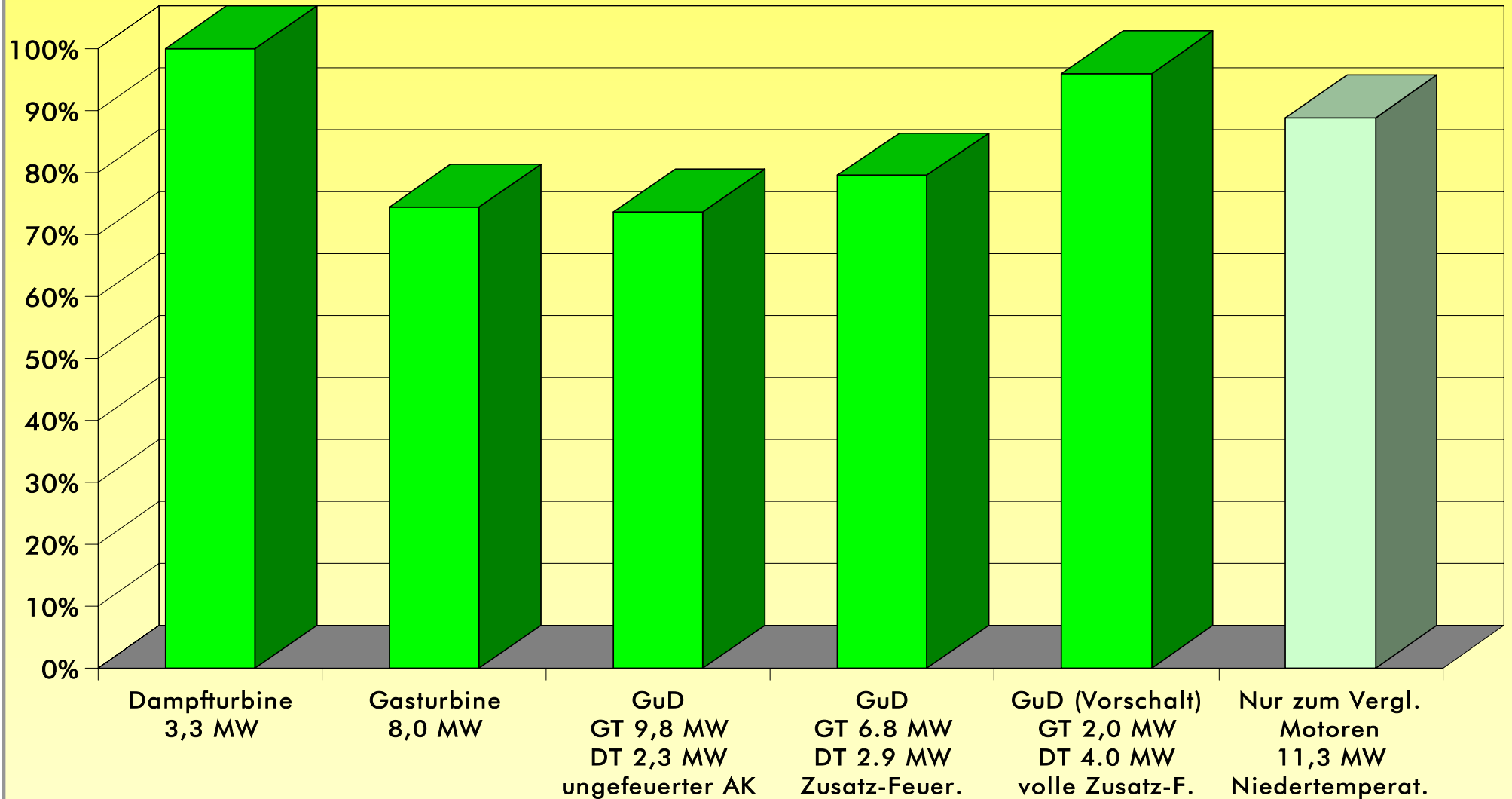
spezifisches  $\text{CO}_2$  Brennstoff

$\eta_{\text{W}}$

Effizienz zusätzlicher Brennstoff

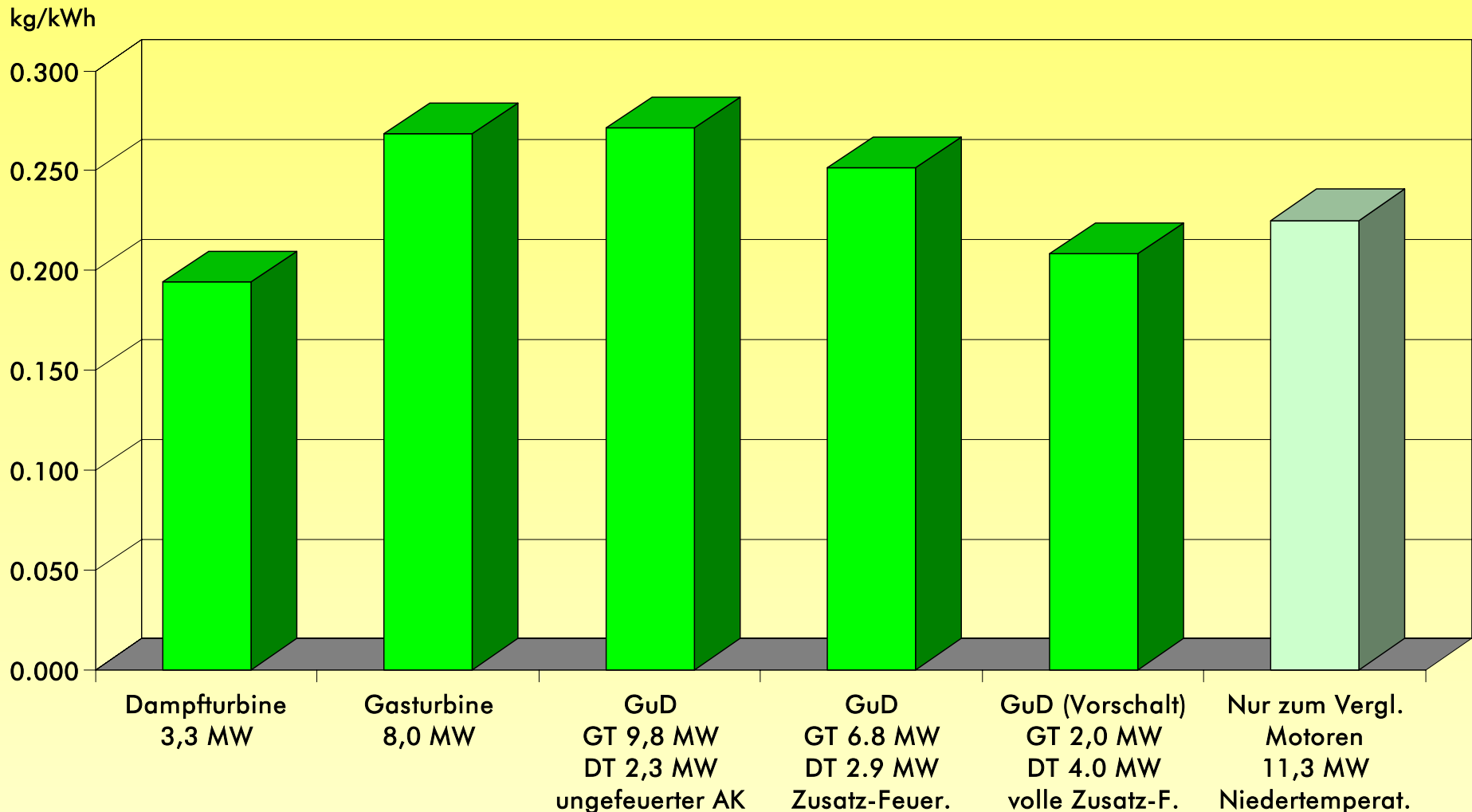
# Wirkungsgrad KWK Stromerzeugung

Höher als bei allen anderen Kraftwerken



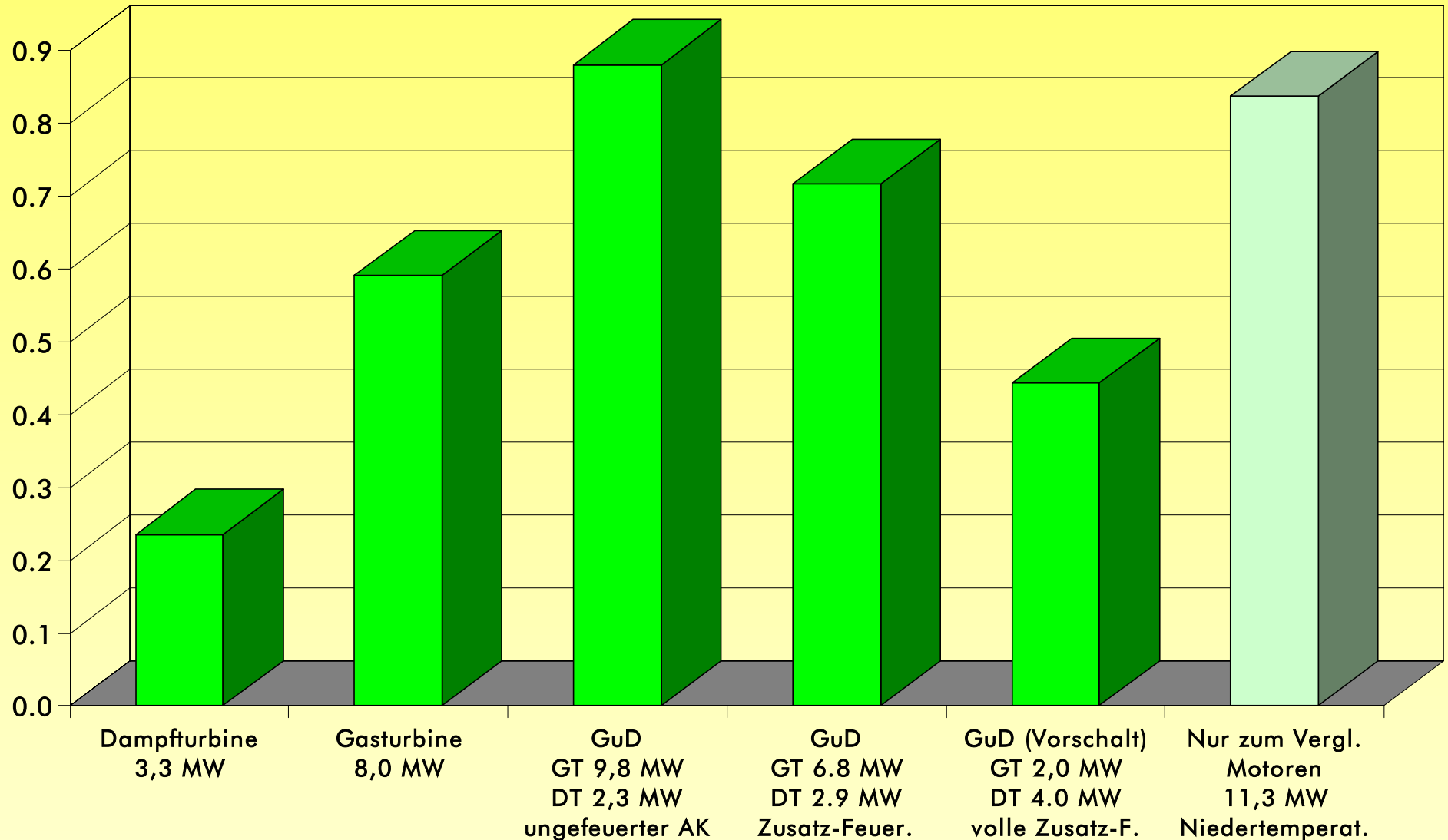
# CO<sub>2</sub>-Emissionen KWK Stromerzeugung

Minderung jedoch wesentlich bestimmt durch Stromkennzahl!



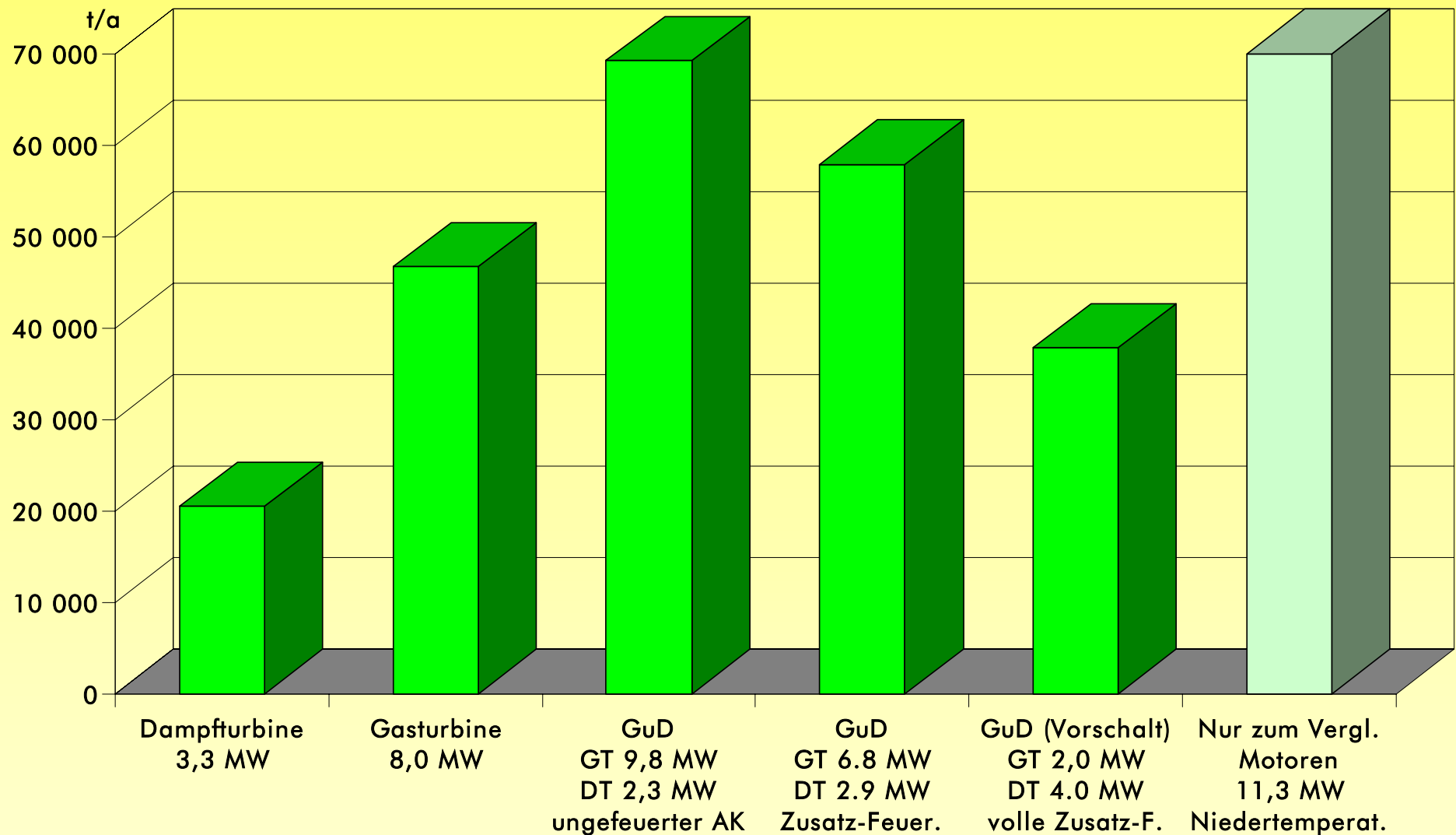
# Stromkennzahl KWK Stromerzeugung

Verhältnis Strom/Wärme: bestimmt CO<sub>2</sub>-Reduktionspotential



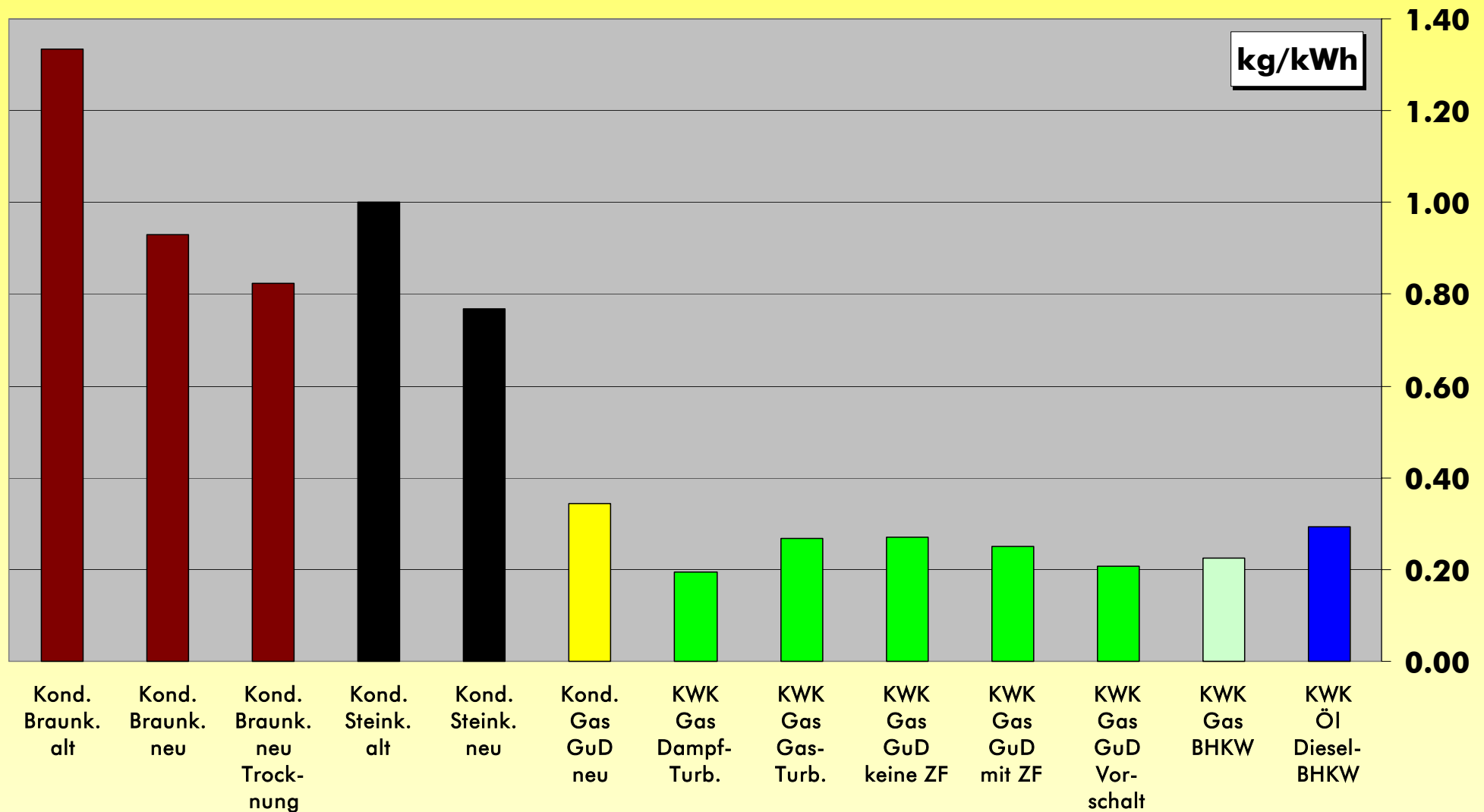
# CO<sub>2</sub>-Reduktion KWK Stromerzeugung

Hier: 8000 h/a; Dampf 20 t/h; Ersatz Steinkohle-Kond.-KW



# CO<sub>2</sub>-Emissionen Stromerzeugung

In KWK niedriger als in allen anderen fossilen Kraftwerken



# Anforderungen

## Positionierung der KWK im Nationalen Allokationsplan

- das Kriterium ökonomischer und ökologischer Effizienz und damit maximaler Wirtschaftlichkeit erfüllen
- transparent, trennscharf, einfach handhabbar und damit effizient sein
- diskriminierungsfrei für alle (kommunale und industrielle) Anlagen gelten
- für die 20 MW Grenze keine Benachteiligung darstellen
- eine unzulässige Doppelförderung insbesondere durch das KWK-Gesetz vermeiden
- höchst effiziente Stromerzeugung ausgewogen belohnen jedoch keine Technologieförderung darstellen
- kurz- und langfristig kompatibel zu den Regeln der anderen Teilnehmern am EH sein
- sicherstellen, daß trotz eines in der ersten Phase leicht erhöhten Zertifikatebedarfs später aufgrund der tatsächlichen Reduktionen ein höherer Erfüllungsfaktor erreicht wird, der wiederum zu einer Entlastung der Verbraucher und damit einem größeren Spielraum der energieintensiven Industrie führt
- Kraftwerke auf KWK-Basis, die effektiv und kostengünstig die Versorgungssicherheit verbessern können, angemessen im Regelwerk berücksichtigen

# Gesamt-Allokation

Summe: Wärme plus Strom / mechanische Arbeit

$$A = A_Q + A_W$$



# Allokation Wärme Benötigter Brennstoff

$$\dot{B}_Q = \frac{\dot{Q}}{\eta_{Q \text{ ref}}}$$

$$\eta_{Q \text{ ref}} = 0,9$$

# Allokation Wärme

## Gleichbehandlung aller Wärmeverbraucher

$$A_Q = \frac{Q}{\eta_{Q \text{ ref}}} * f_B * c_Q * EF$$

$$c_Q = 0 \quad \text{für} \quad \dot{B}_Q \leq 20 \text{ MW}$$

$$c_Q = 1 \quad \text{für} \quad \dot{B}_Q > 20 \text{ MW}$$

$$\eta_{Q \text{ ref}} = 0,9$$

EF : Erfüllungsfaktor

# Effizienz Stromerzeugung(work)

## Effizienz des zusätzlichen Brennstoffs

$$\eta_w = \frac{W}{B - \frac{Q}{\eta_{Q \text{ ref}}}}$$

$$\eta_w = \frac{W}{B_w}$$

$$B_w = B - B_Q$$

# Kategorien Strom

Referenzwert: beste verfügbare Technologie

$$\eta_{\text{W}} \geq (\eta_{\text{W ref}} + \Delta_{\text{W ref}})$$

CatA

Höchsteffizienter Strom

$$\eta_{\text{W ref}} < \eta_{\text{W}} < (\eta_{\text{W ref}} + \Delta_{\text{W ref}})$$

CatB

sehr effizienter Strom

$$\eta_{\text{W}} \leq \eta_{\text{W ref}}$$

CatC

Strom ohne besondere Qualifikation

$$\eta_{\text{W ref}} = 57,5\%$$

$$\Delta_{\text{W ref}} = 5\%$$

# Allokation Strom

CatA: verdrängter fossiler Mischstrom

$$A_{W \text{ CatA}} = W * f_{W \text{ mix}} * EF$$

# Allokation Strom

CatC: wie für jedes andere Kraftwerk

$$A_{W \text{ CatC}} = B_{\text{gesamt}} * f_B * EF - A_Q$$

$$A_{W \text{ CatC}} = \frac{W}{\eta_w} * f_B * EF$$

# Allokation Strom

CatB: proportionale Mischung CatA / CatC

$$A_{W \text{ CatB}} = A_{W \text{ CatC}} + \frac{\eta_{W} - \eta_{W \text{ ref}}}{\Delta_{W \text{ ref}}} * \left( A_{W \text{ CatA}} - A_{W \text{ CatC}} \right)$$

# Allokation Strom

## Gesamtformel für alle Kategorien

$$A_W = W * \frac{f_B}{\eta_W} * \left( 1 + c_W * a * \left( \frac{f_{W \text{ mix}}}{f_B} * \eta_W - 1 \right) \right) * EF$$

$$a = \text{MAX} \left( \text{MIN} \left( 1; \frac{\eta_W - \eta_{W \text{ ref}}}{\Delta_{W \text{ ref}}} \right); 0 \right)$$

$c_W = 0$  für Anlagen mit KWK Förderung

$c_W = 1$  für Anlagen ohne KWK Förderung

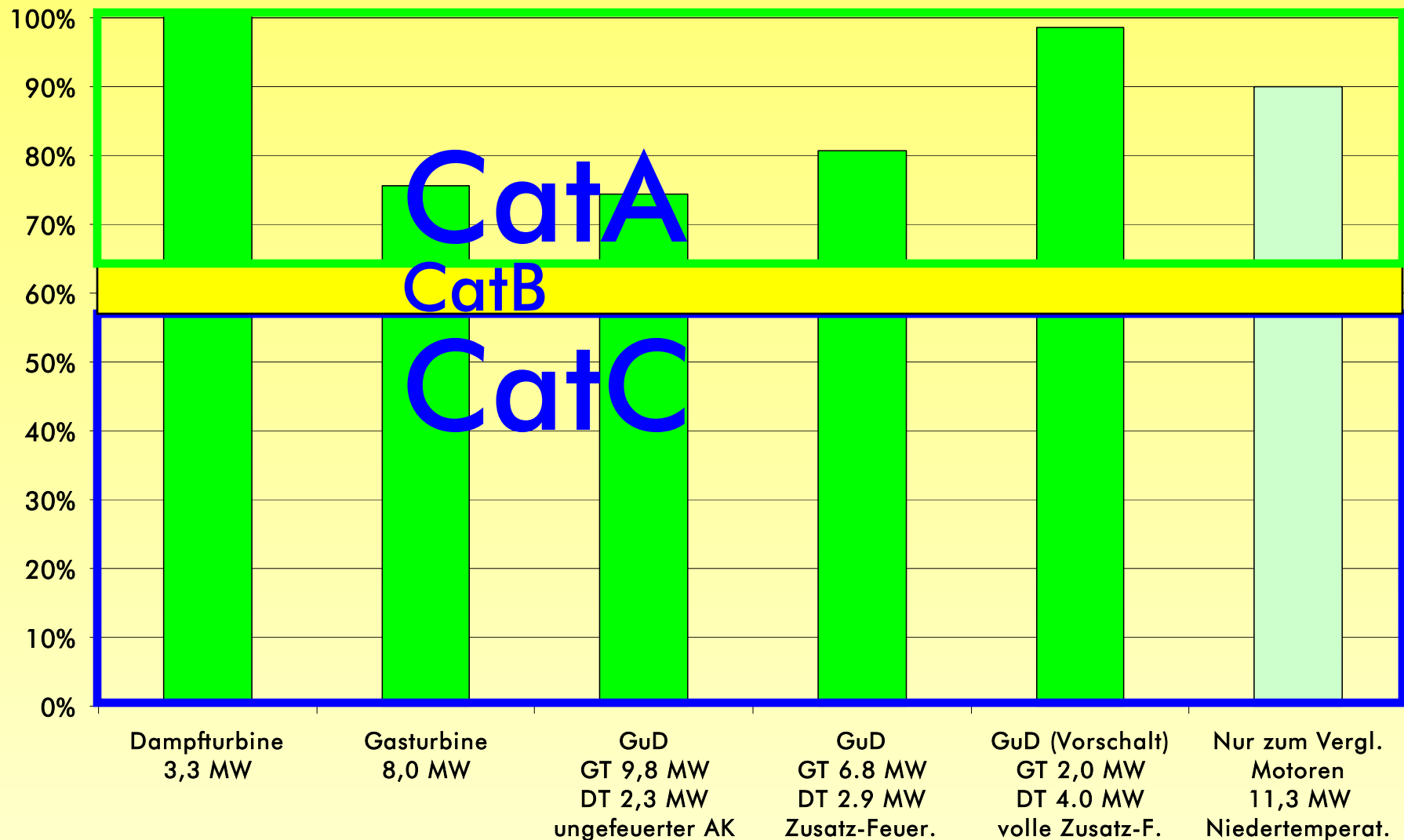
$$\eta_{W \text{ ref}} = 57,5\%$$

$$\Delta_{W \text{ ref}} = 5\%$$



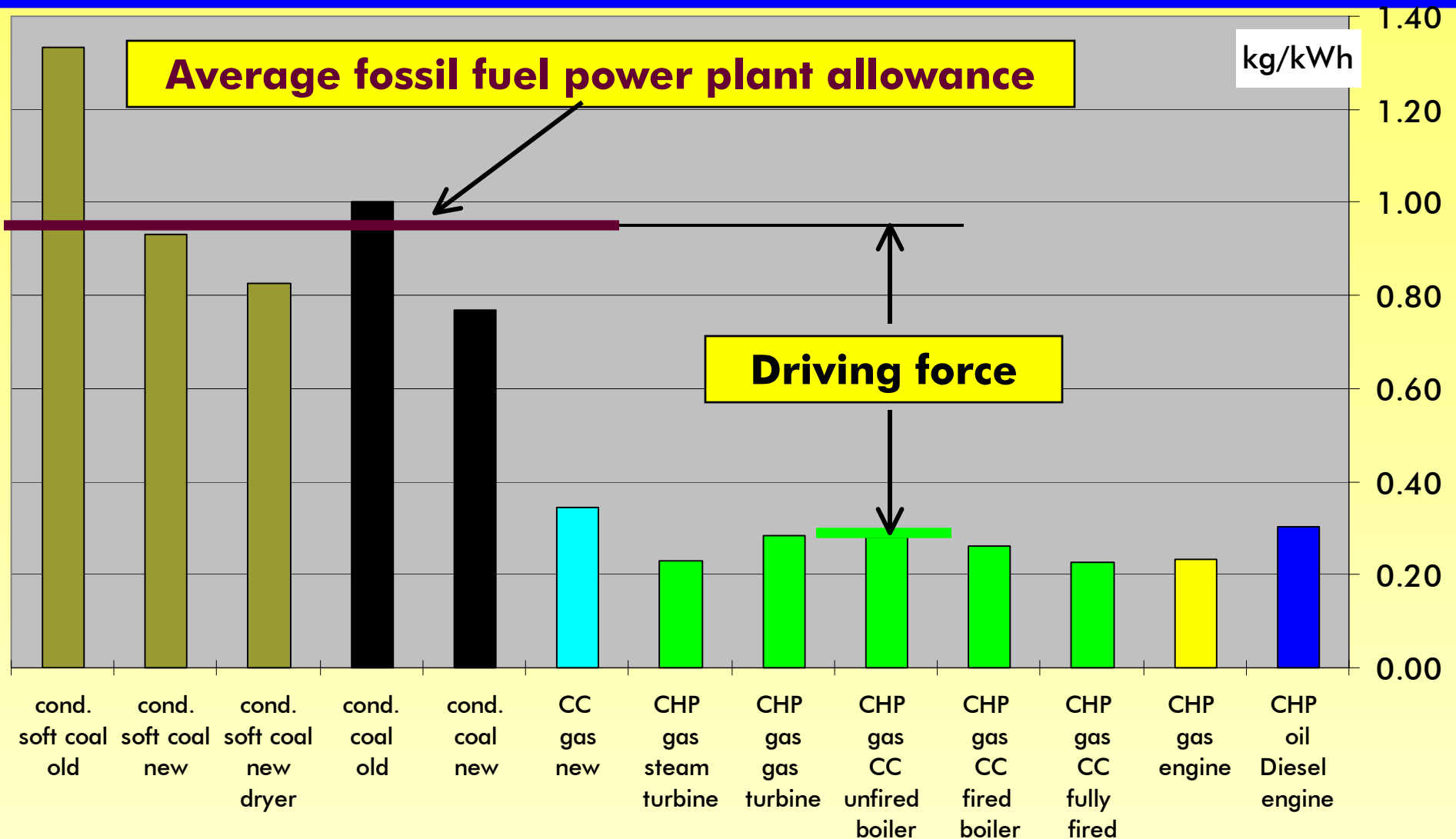
# Allokation Strom: Klassifizierung

## Gleiche Effizienz-Kriterien für Strom aus KWK und nicht KWK



# Allowancies CHP Power Cata

## Average allowance fossil fuel power plants



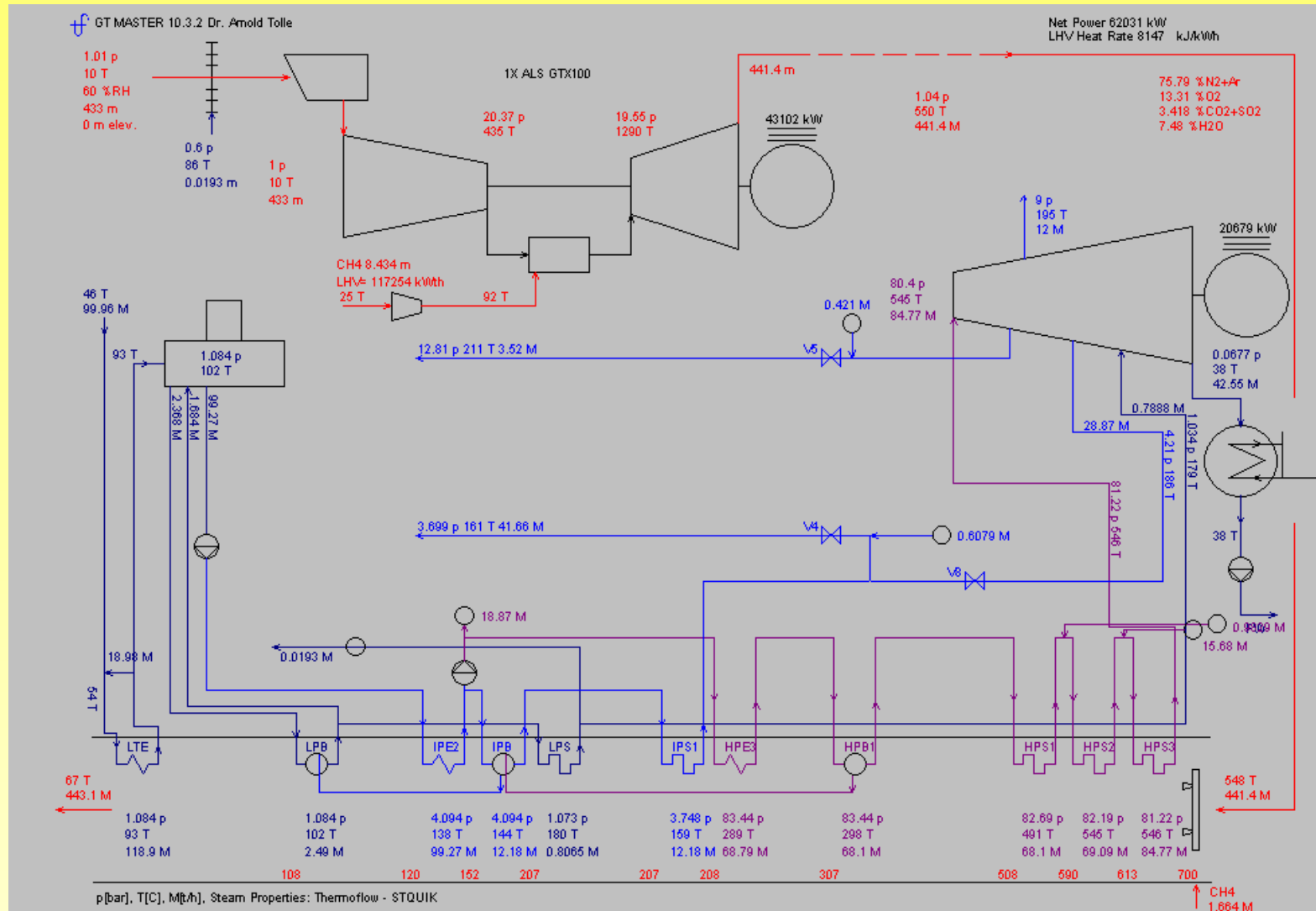
# KWK-Gesetz 2002

## Fördersätze

<b>Jahr</b>	<b>Alte Bestands-Anlagen</b>	<b>Neue Bestands-Anlagen</b>	<b>KWK-Moder-nisierung</b>	<b>neue Klein-KWK 50 bis 2000 kW</b>	<b>neue Klein-KWK 50 kW Inb. bis 2005</b>
	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh
2002	1.53	1.53	1.74	2.56	5.11
2003	1.53	1.53	1.74	2.56	
2004	1.38	1.38	1.74	2.40	
2005	1.38	1.38	1.69	2.40	
2006	0.97	1.23	1.69	2.25	für 10 Jahre ab Inbetrieb-nahme
2007	0	1.23	1.64	2.25	
2008	0	0.82	1.64	2.10	
2009	0	0.56	1.59	2.10	
2010	0	0	1.59	2.10	

# GuD: Flexibilität und Versorgungssicherheit

## durch Entnahmekondensationsturbine und Zusatzfeuerung



# KWK im NAP

## Konsequenzen

- **Notwendig**
  - ⇒ Trennung Wärme und Strom
- **Überallokation: höherer Erfüllungsfaktor Folgeperiode**
  - ⇒ Voraussetzung: trennsichere Effizienzkriterien
  - ⇒ Reserveregelung
- **Automatische langfristige Anpassung**
  - ⇒ Durch sinkenden Durchschnittswert
  - ⇒ Zusätzliche Alternative:
    - Referenz Strom als Durchschnitt des besten Drittels des Kraftwerkparks

# KWK im NAP

## Zusätzliche Regelungen

- **Stündliche Abrechnung und Aufsummierung**

- ⇒ Kompatibel zum Strom-Handel

- ⇒ Strengeres Kriterium für Überallokation

- Begrenzung auf effizientesten Strom

- ⇒ Vorteile für Anlagen mit überwiegendem CatC-Betrieb

- **Brennstoffbesteuerung**

- ⇒ Nicht für Anlagen im Emissionshandel

# KWK im NAP

## Vorteile des vorgeschlagenen Allokationsmodells

- Klare, trennscharfe Effizienzkriterien bereits integriert
  - ⇒ Gleichzeitig hohe Flexibilität (Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit)
- Anreizwirkungen moderat und angemessen
- Keine Doppelförderung durch KWK-Gesetz
  - ⇒ Gelöst: Problematik der 20 MW-Grenze
  - ⇒ Keine Differenzierung Alt-/Neuanlage notwendig
- Überallokation nur für effizienteste Anlagen
  - ⇒ Wirtschaftlichste Gesamtlösung
    - Keine undifferenzierte „Verteilung“ (wie Primärenergieeinsparungsmodell)
  - ⇒ Überallokation kleiner als tatsächliche CO<sub>2</sub>-Reduktion
- Leicht zu handhaben (s.anliegende Excel-Berechnungstabelle)
- Kompatibel zu EU- KWK- und Emissionshandels-Richtlinien

<b>Formelzeichen</b>	<b>Einheit</b>	<b>Beschreibung</b>
A	t CO <sub>2</sub>	Allokation gesamt KWK-Anlage
A <sub>Q</sub>	t CO <sub>2</sub>	Allokation Wärme
A <sub>W</sub>	t CO <sub>2</sub>	Allokation Strom/mechanische Arbeit (englisch work)
B	MWh	Brennstoffeinsatz gesamt KWK-Anlage
B <sub>Q</sub>	MWh	Brennstoff Wärme
B <sub>W</sub>	MWh	Brennstoff Strom
$\dot{B}_Q$	MW	Brennstoffleistung Wärme
Q	MWh	Wärme Netto
$\dot{Q}$	MW	Wärmeleistung Netto
W	MWh	Strom Netto
P	MW	Strom Leistung Netto KWK-Anlage
f <sub>Br</sub>	t/MWh	Emissionsfaktor des eingesetzten Brennstoffs
f <sub>W mix</sub>	t/MWh	Emissionsfaktor Stromerzeugung auf Basis des fossilen Kraftwerksmixes
f <sub>W</sub>	t/MWh	Emissionsfaktor Stromerzeugung auch spezifische Emission KWK-Strom
$\eta_{Q ref}$		Referenznutzungsgrad der Wärmeerzeugung
$\eta_W$		Nutzungsgrad Stromerzeugung
$\eta_{W ref}$		Referenznutzungsgrad Stromerzeugung
$\Delta_{W ref}$		Abstand zum Referenzwert $\eta_{W ref}$ für CatA-Strom
EF		Erfüllungsfaktor
c <sub>Q</sub>		Klassifizierungsfaktor Wärme (0: nicht im ET, 1: ab 20 MW im ET)
c <sub>W</sub>		Klassifizierungsfaktor Strom (0: Förderung KWK-Gesetz, 1: keine Förd. KWK-G.)