

# Kompetenz-Netzwerk Kraftwerkstechnik NRW

## Ökonomische und ökologische Chancen der Kraft-Wärme-Kopplung: Notwendige Rahmenbedingungen

Präsentation zur 10. Sitzung des AP 3  
„Optionen zukünftiger Energieversorgung  
unter besonderer Berücksichtigung  
neuer CO<sub>2</sub>-armer Kraftwerkskonzepte“

Gelsenkirchen  
23.10.2008

Dr.-Ing. Arnold Tolle

# Unternehmensschwerpunkte

- Erstellung innovativer, ganzheitlicher Energiekonzepte
- Entwicklung langfristig tragfähiger, energiewirtschaftlicher Strategien
- Durchführbarkeitsstudien, Basic-Engineering, Grundsatzuntersuchungen, Gutachten
- Projektentwicklung, insbesondere von Gemeinschaftskraftwerken in Kraft-Wärme-Kopplung

Geibelstr. 46b  
D-22303 Hamburg

Tel. 040 - 69 21 37 90

Fax: 040 - 69 21 37 99

eMail: [arnold@tolle.de](mailto:arnold@tolle.de)

internet: <http://www.tolle.de>

# Kraft-Wärme-Kopplung

## Der Königsweg für Ökonomie und Klimaschutz

- Effizienteste Stromerzeugung mit fossilen Brennstoffen
- Notwendigkeit von Anreizbedingungen
- „300er“-Strom

# Effiziente Kraftwerke und KWK

## Genauere Fokussierung

### • Ziel

⇒ Niedrige absolute Emissionen

- Senkung Strom-Bezug aus fossilen Kraftwerken
- Niedrige spezifische Emissionen der Stromerzeugung
  - Hohe Effizienz
  - CO<sub>2</sub>-armer Brennstoff (auch aus regenerativen Quellen)

### • Resultat

⇒ Oft dezentral orientierte Strukturen

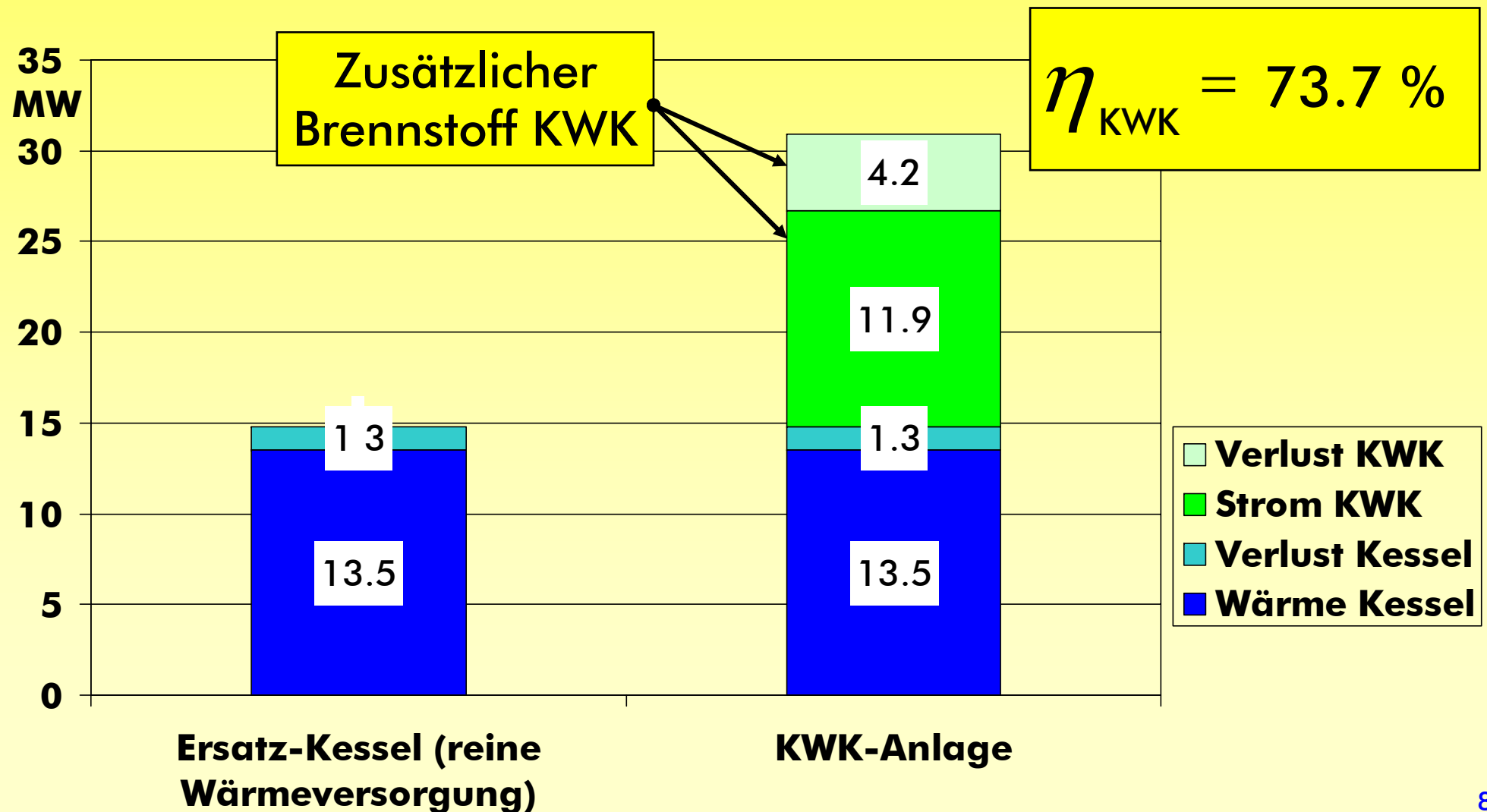
- Sind selbst keine Herausforderung (auch nicht KWK)
- Per se nicht zwingend effizient

⇒ Systeme mit Kraft-Wärme-Kopplungs-Anteilen

- Weil effizientere Stromerzeugung
- Unabhängig von „gängigen KWK-Definitionen“
  - z.B. AGFW FW 308

# KWK-Substitutions-Wirkungsgrad

Verhältnis KWK-Strom durch zusätzlichen Brennstoff der KWK



# KWK-Wirkungsgrad

bestimmt den Brennstoff-Mehrbedarf für die KWK-Stromerzeugung

$$\eta_{\text{KWK}} = \frac{\dot{P}_{\text{el KWK}}}{\dot{B}_{\text{KWK}} - \frac{\dot{Q}_{\text{nutz}}}{\eta_{\text{EK}}}}$$

# Spezifische Emissionen der KWK

Direkter Vergleich der KWK mit anderen Kraftwerken möglich

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

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

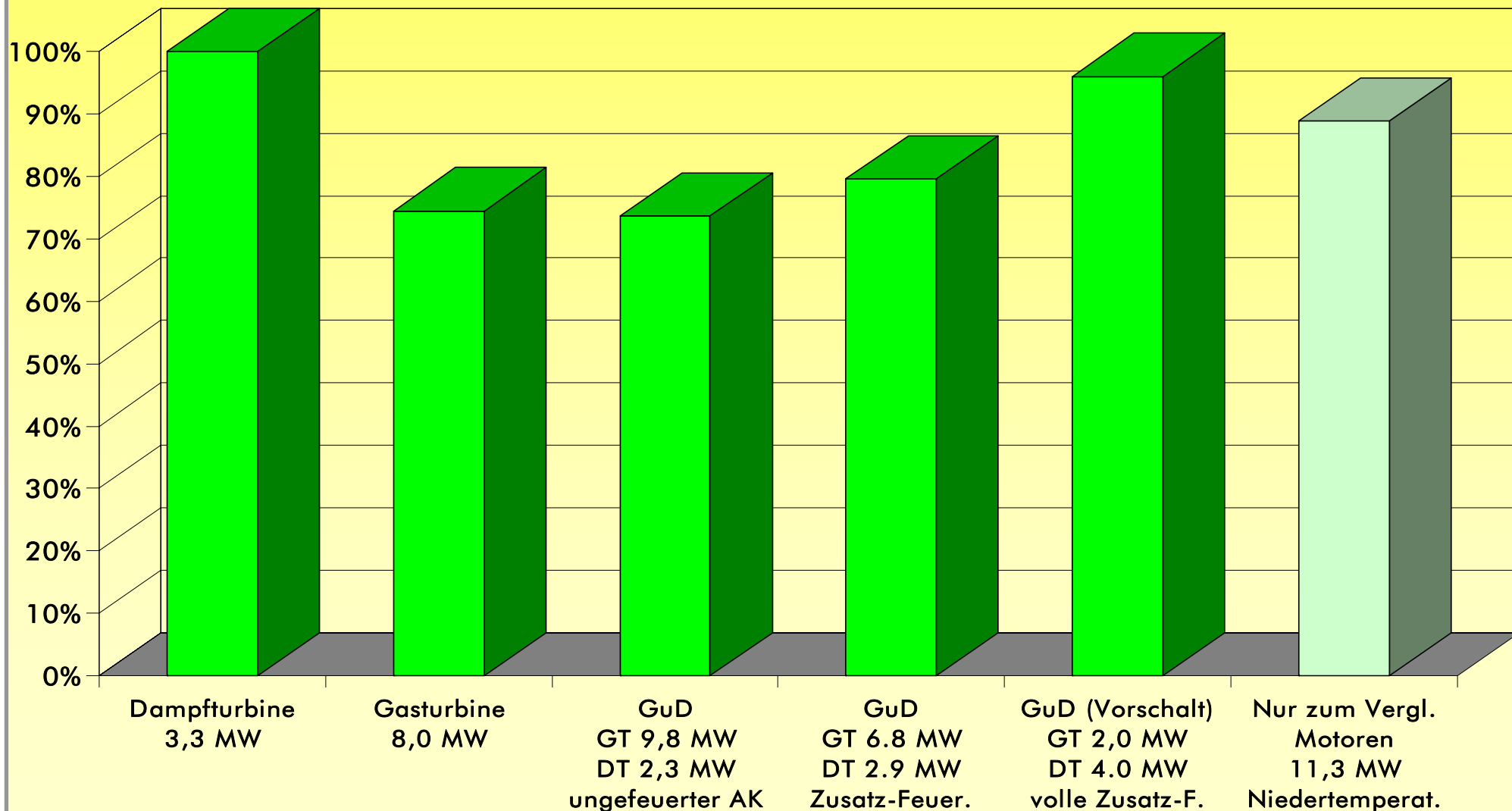
spezifisches  $\text{CO}_2$  Brennstoff

$\eta_{\text{KWK}}$

KWK-Wirkungsgrad

# Wirkungsgrad KWK Stromerzeugung

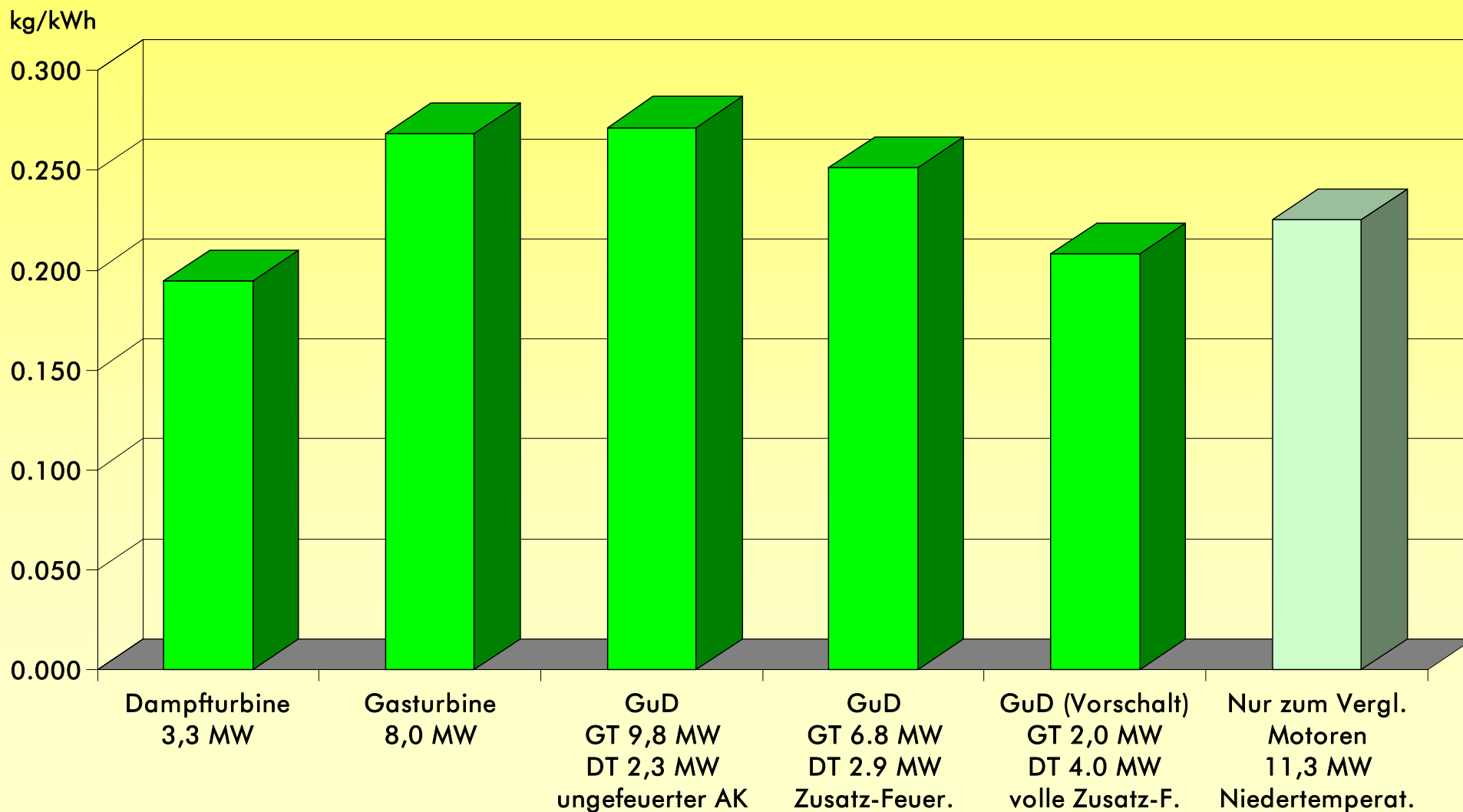
Höher als bei allen anderen Kraftwerken





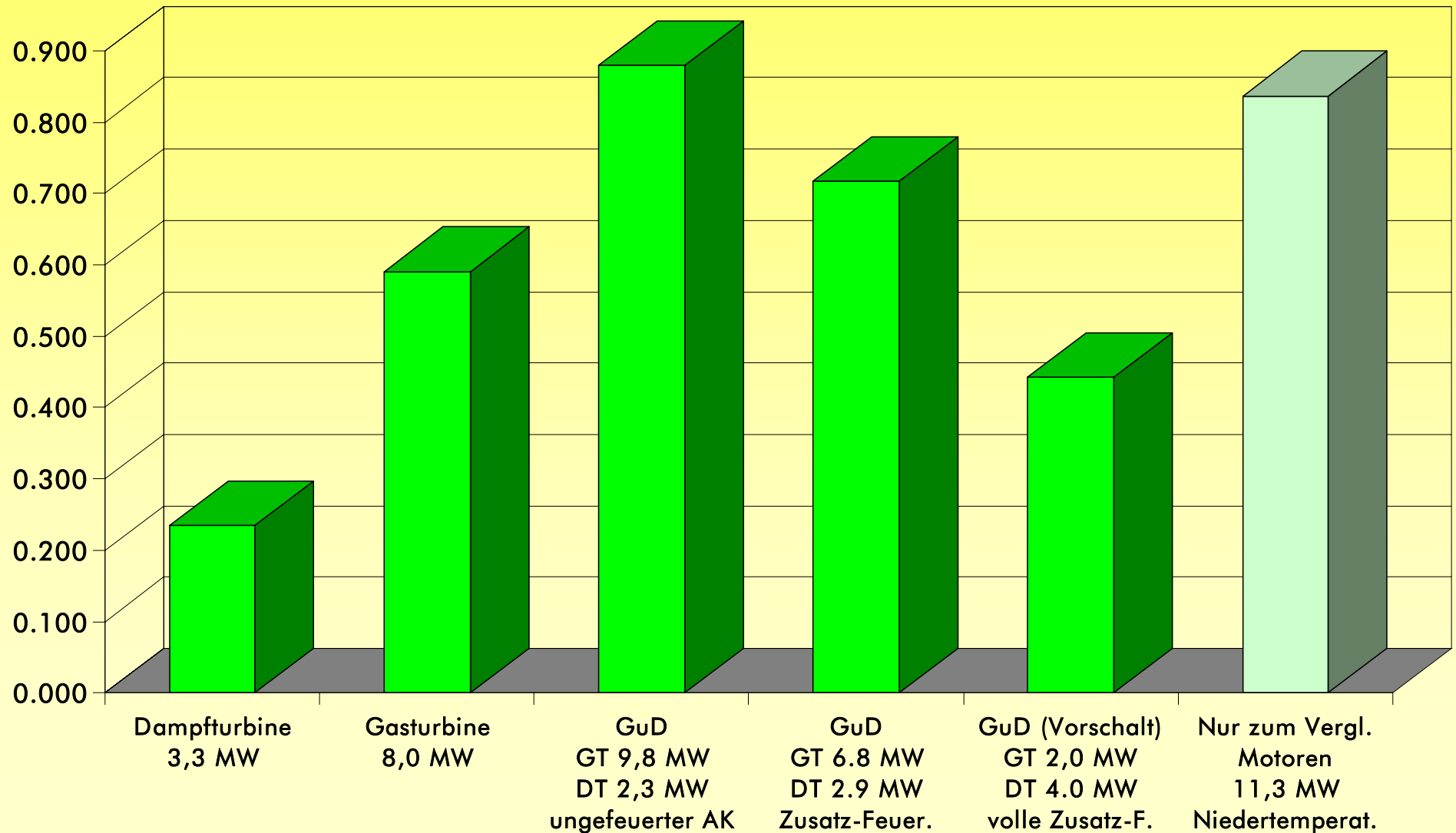
# CO<sub>2</sub>-Emissionen KWK Stromerzeugung

Minderung jedoch wesentlich bestimmt durch Stromkennzahl!



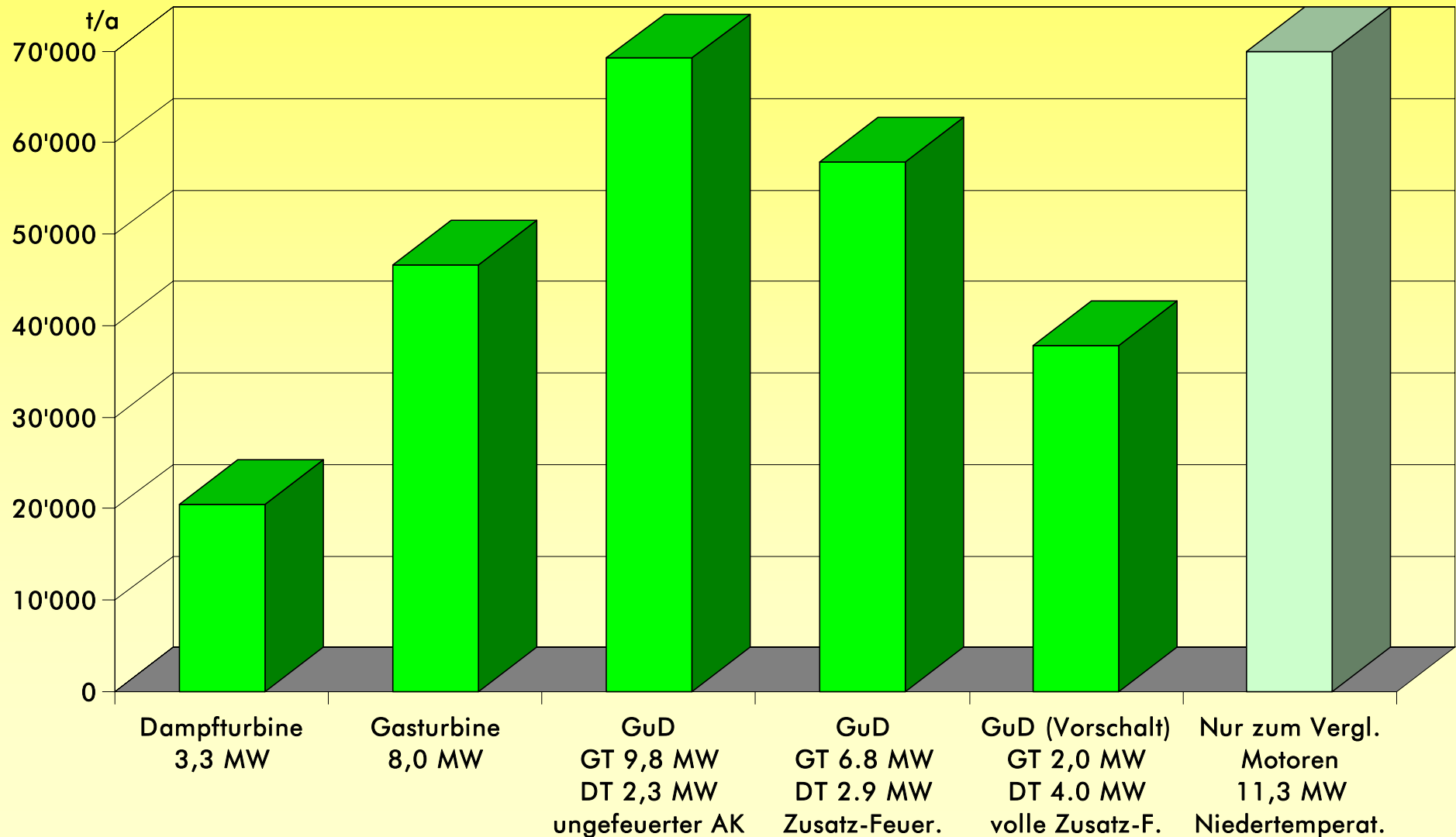
# Stromkennzahl KWK Stromerzeugung

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



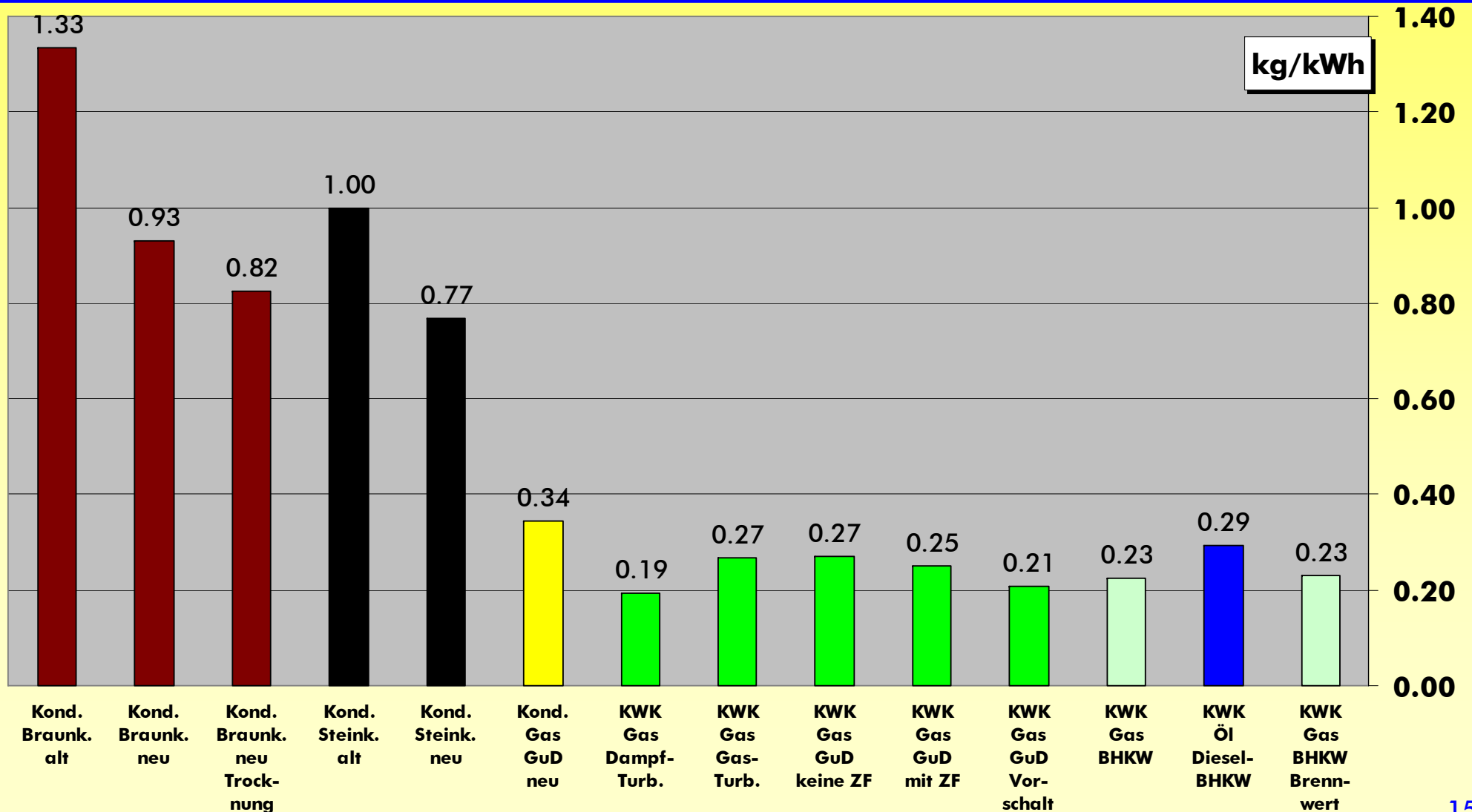
# CO<sub>2</sub>-Reduktion KWK Stromerzeugung

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



# Höchstes CO<sub>2</sub>-Reduktionspotential



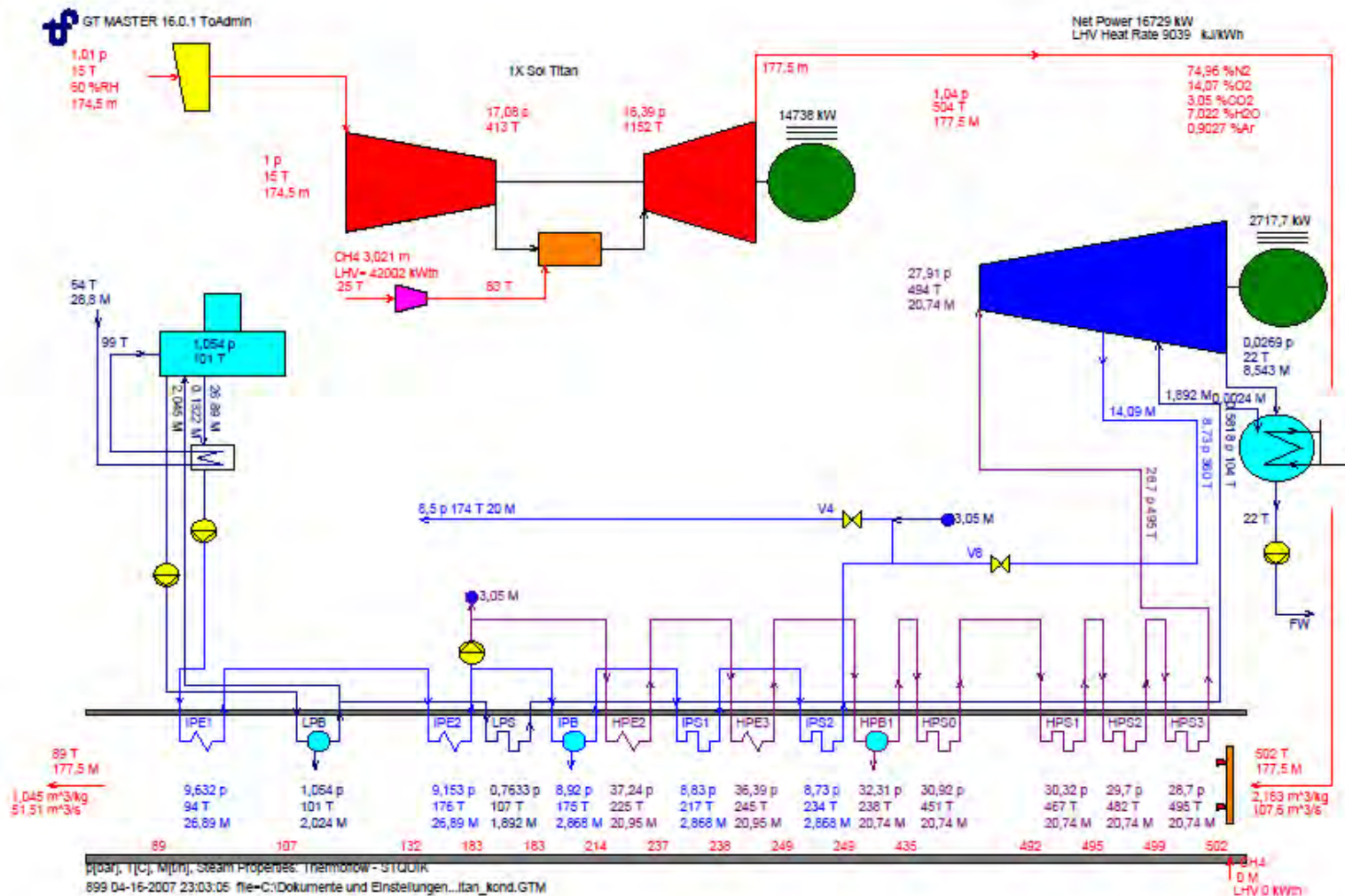
DR. TOLLE  
ENERGIE & UMWELT  
CONSULTING

## KWK-GuD-Kraftwerke mit Entnahme/Kond.-Turbine

- höhere Wirkungsgrade der Gas- und Dampfturbinen
- höhere Frischdampfparameter
- oft höhere Abgastemperaturen der Gasturbinen
  - ⇒ höhere Wirkungsgrade des Abhitzeessels
- Mögliche zusätzliche Wärmeauskopplung in einer dritten Druckstufe im Kessel
  - ⇒ zur Einspeisung in den Kondensationsteil der Dampfturbine
- niedrige spezifische Investitionskosten
- günstigere Brennstoff-Beschaffungskosten
- zusätzliche Spitzenstromerzeugung
  - ⇒ Aktiver Player im Strommarkt
- hohe Flexibilität bei plötzlichen großen Lastschwankungen im Dampfverbrauch
  - ⇒ z.B. beim Bahnriß oder auch Anfahren einer Papiermaschine
- Aber: nicht kompatibel mit immer noch gültigen Bewertungskriterien (FW 308)

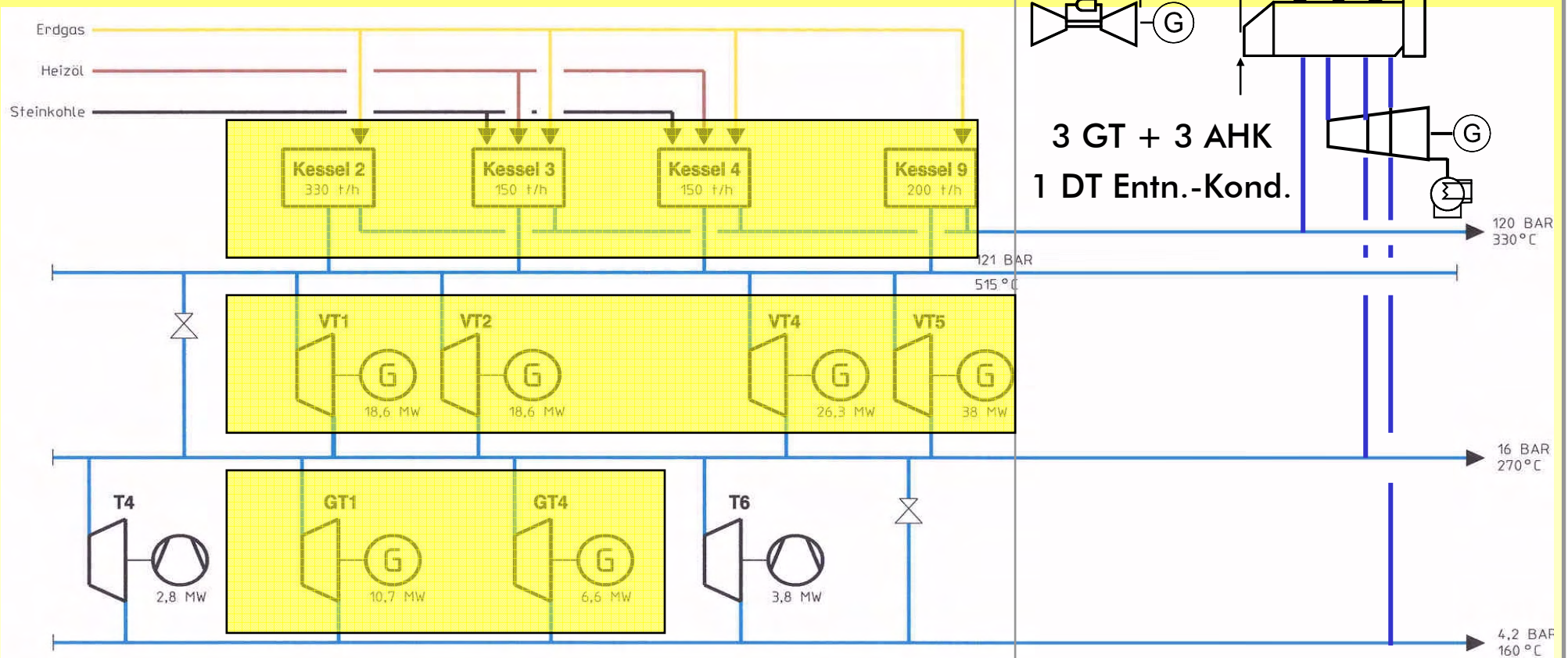
# GuD: Flexibilität und Versorgungssicherheit

## durch Entnahmekondensationsturbine und Zusatzfeuerung



# Flexible Vollversorgung mit 3 Gasturbinen und 1 Dampfturbine

vorhanden neu



# KWK im Wettbewerb

## Anreiz für GuD-Kraftwerke mit KWK erforderlich

- Wirtschaftlicher Vorteil KWK-Anlagen
  - ⇒ höherer Verstromungswirkungsgrad
    - Niedrigere spezifische, brennstoffbezogene Stromgestehungskosten (bei gleichem Brennstoffpreis)
- Wirtschaftliche Vorteile großer GuD-Kraftwerke ohne KWK
  - ⇒ niedrigere spezifische Investitionskosten
  - ⇒ niedrigere Brennstoffpreise
  - ⇒ niedrigere spezifische Wartungskosten
  - ⇒ niedrigere Personalkosten
  - ⇒ niedrigere Ansprüche an die interne Verzinsung
  - ⇒ Unabhängigkeit von einer auf Dauer verfügbaren Wärmesenke



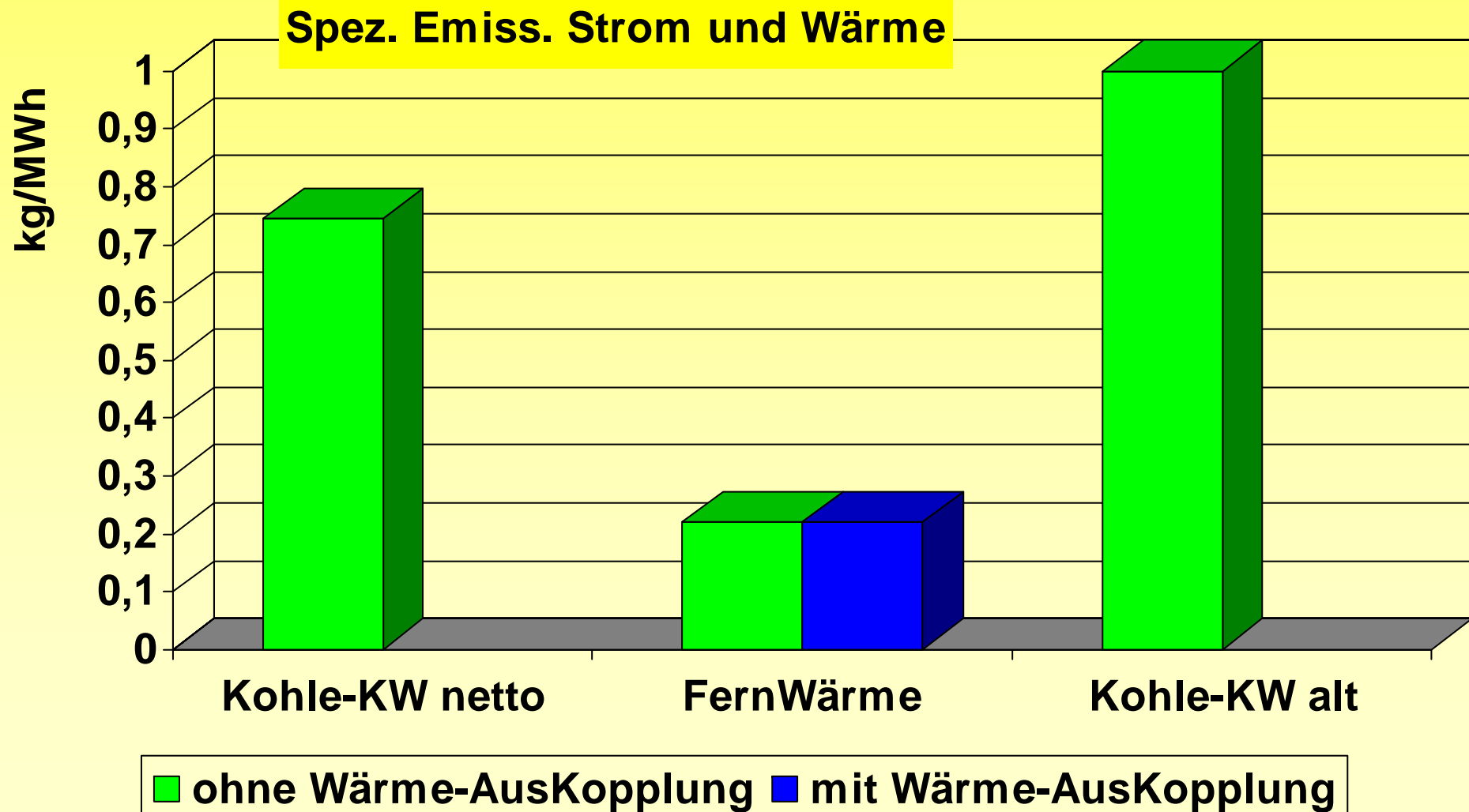
# Effiziente Kraftwerke und KWK

## Beispiel gleichwertiger Stromerzeugung

- Gleiche spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen von 350 kg/MWh
  - ⇒ A: Standard GuD-Kraftwerk ohne KWK, 57,1 % elektrischer Wirkungsgrad
  - ⇒ B: KWK-Mini-Gasturbine mit 18.6 % el und 80 % Gesamt-Nutzungsgrad
  - ⇒ C: KWK-Motor-Kraftwerk mit 41% el und 66,7 % Gesamt-Nutzungsgrad
- Stromerzeugung
  - ⇒ Bei gleicher Wärme erzeugt C gegenüber B die 5-fache Strommenge
    - mit entsprechend 5-facher CO<sub>2</sub>-Minderung

# KWK mit Kohle: keine CO<sub>2</sub>-Reduktion

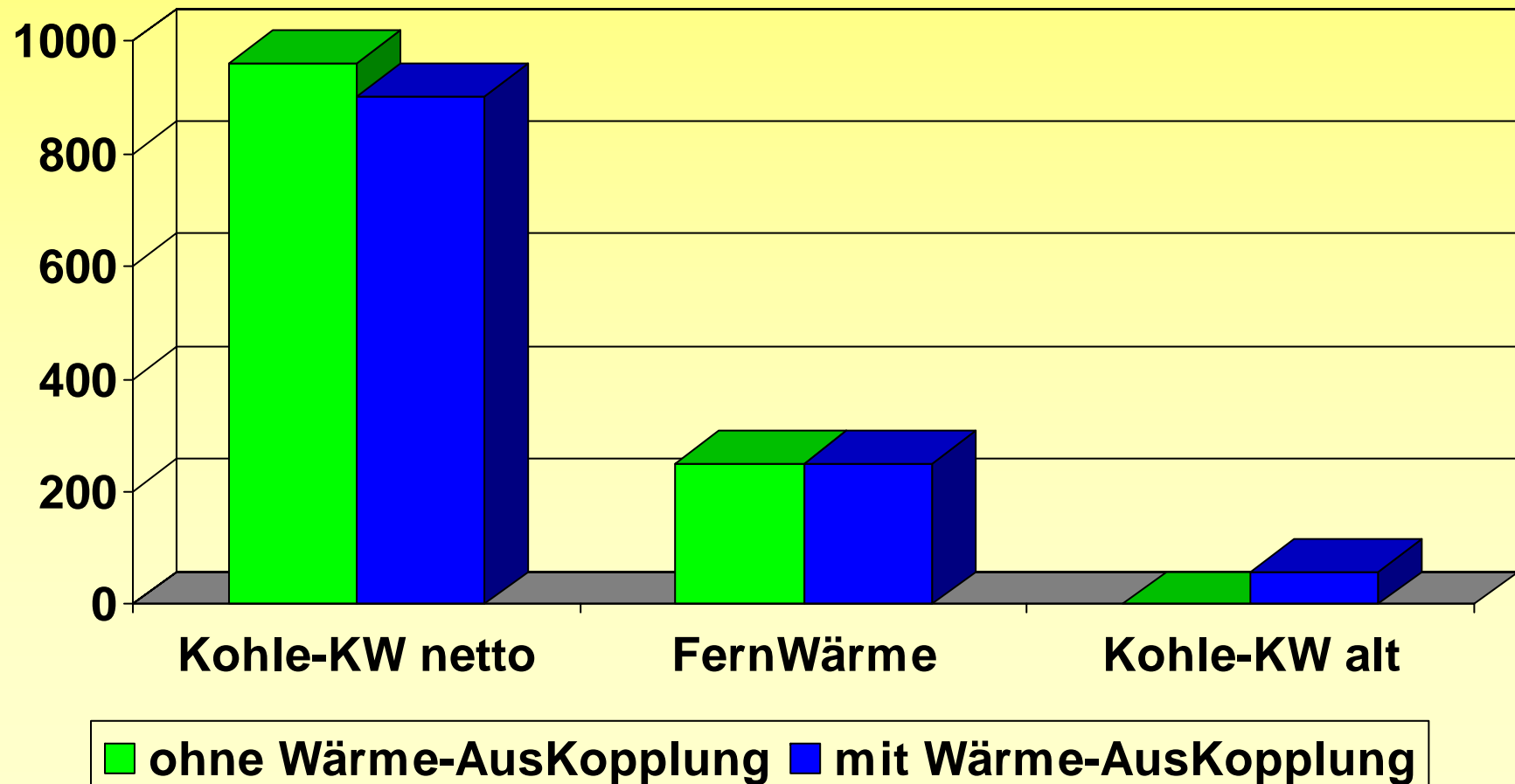
Fernwärme-Auskopplung aus modernem, großen Kohlekraftwerk



# KWK mit Kohle: keine CO<sub>2</sub>-Reduktion

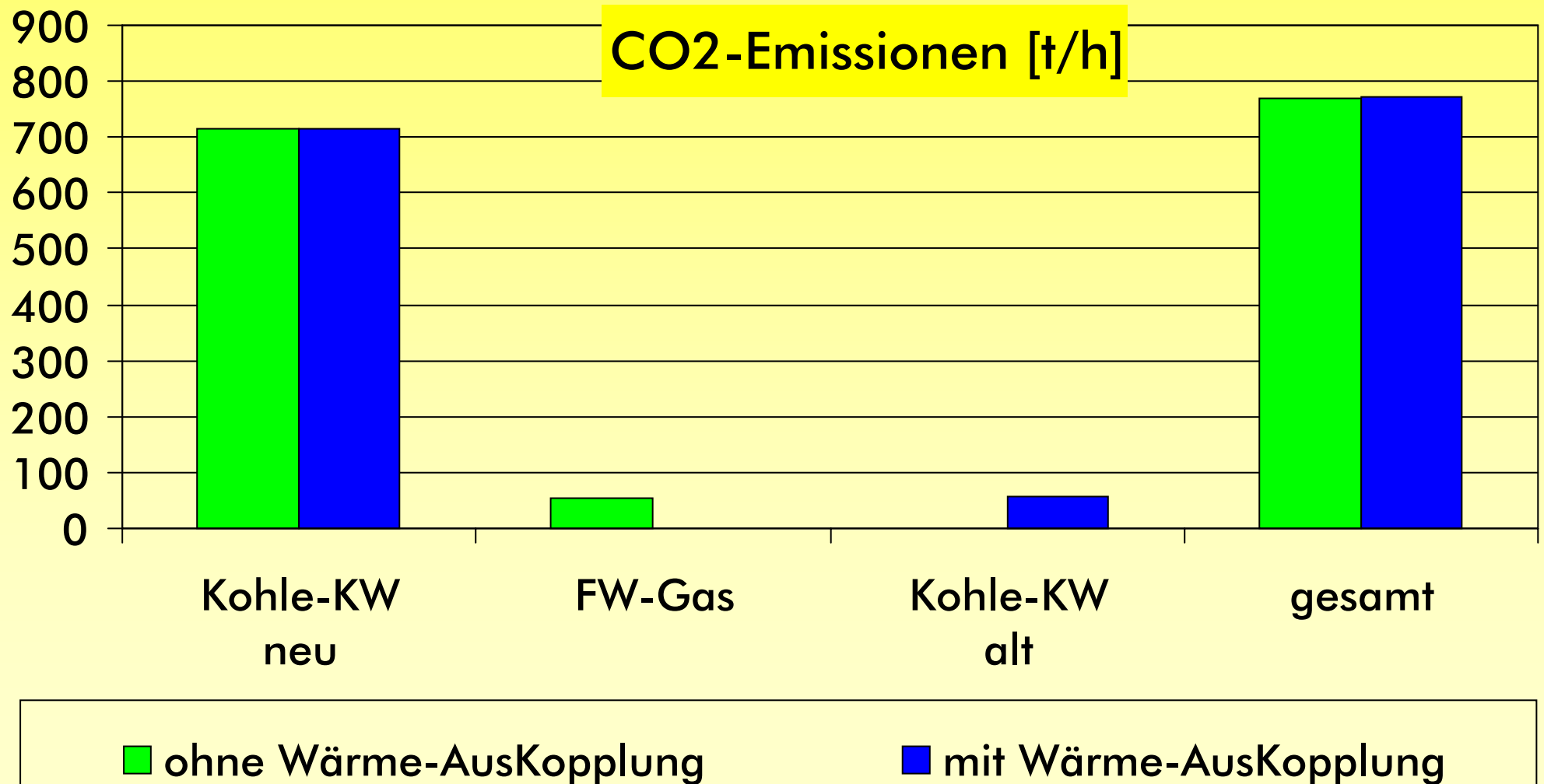
Fernwärme-Auskopplung aus modernem, großen Kohlekraftwerk

Leistung Strom und Wärme [MW]



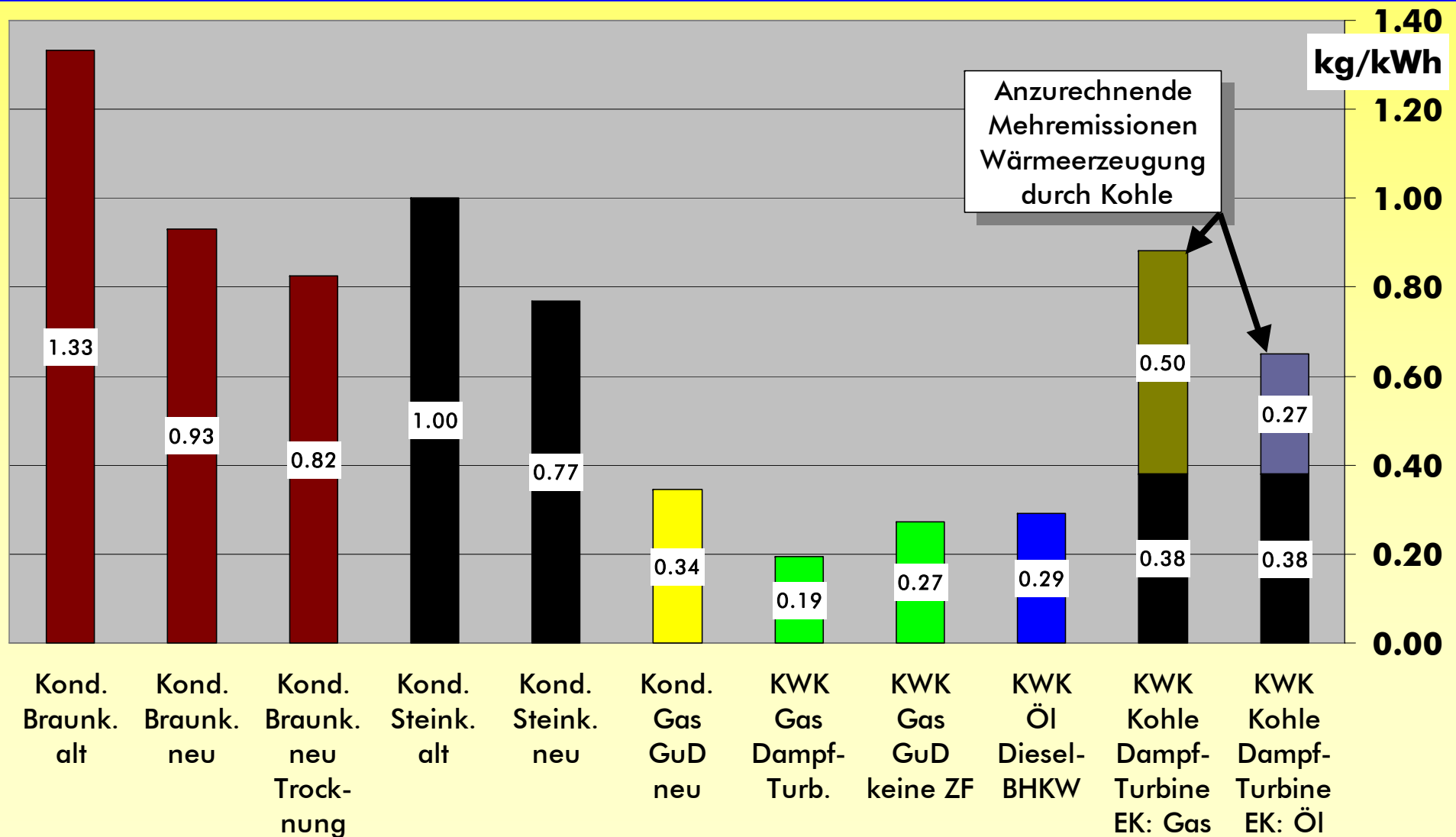
# KWK mit Kohle: keine CO<sub>2</sub>-Reduktion

Fernwärme-Auskopplung aus modernem, großen Kohlekraftwerk



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

hier: Kohle-Verstromung in Kraft-Wärme-Kopplung



# Strom im Wettbewerb

## Kostenoptimierter Emissionshandel: Ergänzende Regeln

- Fossile Stromerzeuger mit CO<sub>2</sub>-Emissionen < 300 kg/ MWh
  - ⇒ Erhalten zusätzlichen Bonus von 750 kg/MWh
  - ⇒ zwischen 300 und 330 kg/MWh proportionale Anpassung
- KWK-Anlagen im Emissionshandel (> 20 MW FWL)
  - ⇒ Keine Förderung im KWK-G
    - Vermeidung von Doppelförderung
- Einheitliche Benchmarks jeweils für Strom und für Wärme
  - ⇒ orientieren sich am Durchschnitt ihrer fossilen Brennstoffe
    - Regelmäßige Anpassung
  - ⇒ Entfällt bei 100 % Auktionierung
- Keine Freistellung von Wärme aus KWK-Anlagen!
  - ⇒ Erhebliche Diskriminierung Gas gegenüber Kohle
- Feuerungen mit festen Brennstoffen und FWL von 3 bis 20 MW
  - ⇒ werden emissionshandelspflichtig
  - ⇒ Entfällt bei 100 Prozent Biomasse

# „300er Strom“: Kostenreduktion

## Ergänzende Regeln im Emissionshandel: Vorteile

- Höhere Liquidität im CO<sub>2</sub>-Zertifikatemarkt
  - ⇒ Niedrigere Preise
    - Gilt für Benchmark-System und Auktionierungs-Markt
- Entlastung der Marktes
  - ⇒ Da deutlich höhere tatsächliche CO<sub>2</sub>-Reduktionen
    - Geringere Verknappung im Markt mit niedrigeren Preisen
- Vorteile für alle CO<sub>2</sub>-Käufer und Stromverbraucher
  - ⇒ Auch Betreiber alter Kohleanlagen
- Neues Geschäftsfeld CO<sub>2</sub>-arme Stromerzeugung
  - ⇒ Bietet auch Newcomern eine Chance
- Wettbewerb im Strommarkt als wirksamstes Mittel gegen Strom-Oligopol
- Bessere Anreizwirkung als KWK-G
  - ⇒ Gleiche Förderhöhe gepaart mit Langfristigkeit
- Geringerer nationaler Gas-Import-Bedarf für Strom aus Gas bei gleicher Leistung
  - ⇒ Verbesserte Außenhandelsbilanz, Sicherheit und Preisstabilität
- Versorgungssicherheit für Industriebetriebe und lokale Netze
  - ⇒ Inselbetrieb für Strom und Wärme möglich

# „300er Strom“: Kostenreduktion

## Ergänzende Regeln im Emissionshandel: Vorteile

- Weitere Vorteile
  - ⇒ Kein aufwendiges Umlagesystem wie im KWK-G
    - Kein Sammeln und Verteilen
    - Verbleibt innerhalb des Emissionshandelssystems
    - Keine Laufzeitbegrenzung
    - Keine Budgetbegrenzung
- Wirkt wie ein Katalysator
  - ⇒ zusätzliche Zertifikate über Verkauf direkt in den Markt zurückgeführt
    - Zertifikate gehen nicht verloren
- Auch auf andere CO<sub>2</sub>-arme Stromerzeugung anwendbar
  - ⇒ Anreiz von CO<sub>2</sub>-Reduktionen im Emissionshandel möglich
    - CCS
    - Triple-Cycle
    - Brennstoffzellentopping
    - .....
- Deutliche Verbesserung der Arbeitsmarktes



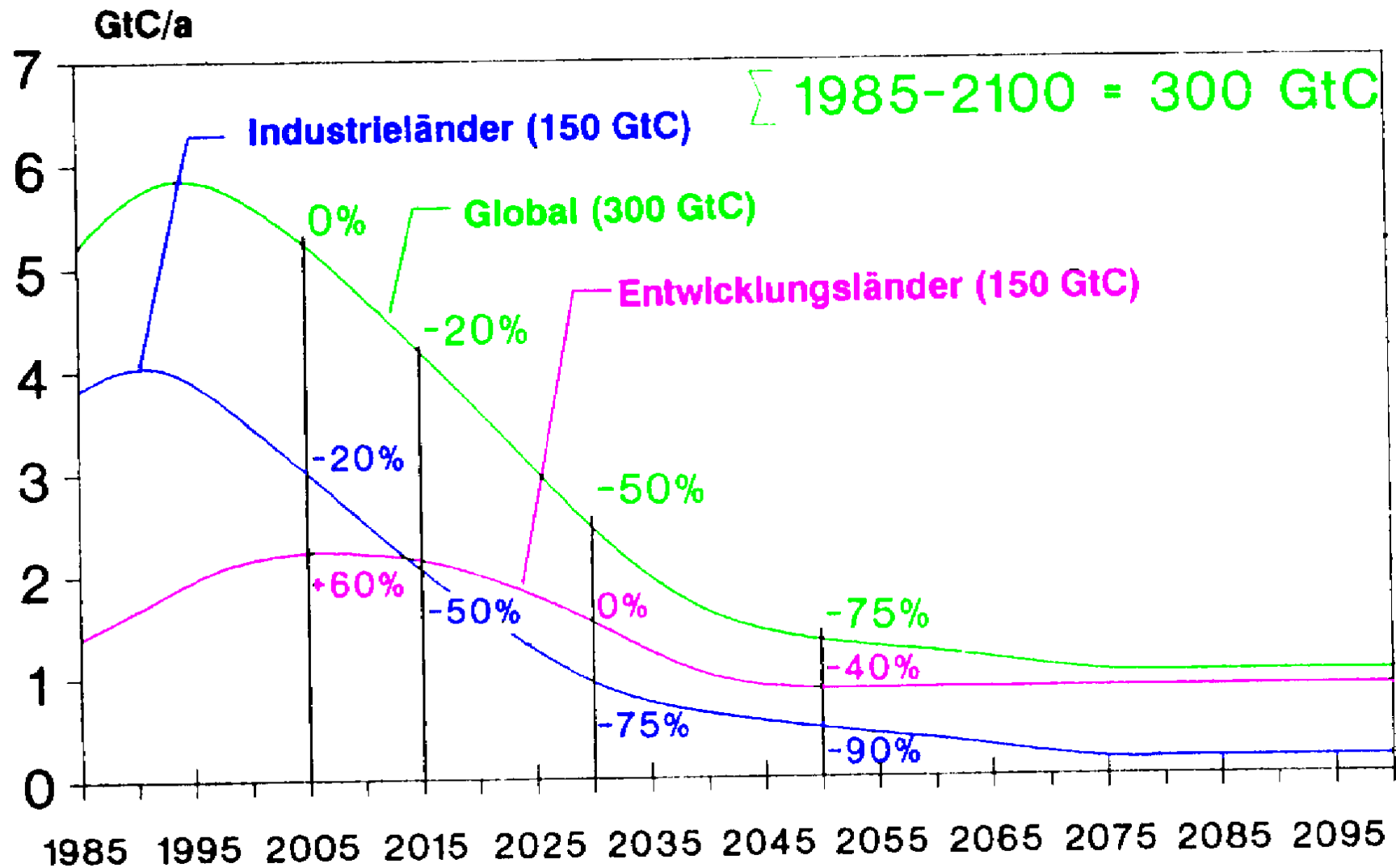
# „300er Strom“: Kostenreduktion

## Keine Förderung von Kohle-KWK

- Kohle-KWK: Steigerung der Emissionen
  - ⇒ Einzige Ausnahme: Ersatz alter Kohlekessel
    - Aber auch hier: zusätzlicher Anreiz nur für „300er“-Strom
  - ⇒ Zusätzlicher Reduktionsbedarf bei allen anderen
    - Erhebliche Verteuerung durch weniger Zertifikate
- Kosten-Umlage auf alle anderen Teilnehmer
  - ⇒ Subventionierung des billigeren Brennstoffs Kohle
  - ⇒ Vorteil weniger Teiln. < > Nachteil aller Teilnehmer

# Notwendige CO<sub>2</sub>-Reduktionen

Quelle: Klimabericht NRW, Intergovernmental Panel on Climate Change





# • EUROPEAN BUSINESS COUNCIL FOR A SUSTAINABLE ENERGY FUTURE

⇒ **e<sup>5</sup>** (e to the power of five)

- ENERGY
- ENVIRONMENT
- ECONOMY
- EMPLOYMENT
- EFFICIENCY

• [www.e5.org](http://www.e5.org)

# Kraft-Wärme-Kopplung

## Der Königsweg für Ökonomie und Klimaschutz

- Effizienteste Stromerzeugung mit fossilen Brennstoffen
- Notwendigkeit von Anreizbedingungen
  - ⇒ Wettbewerb unterschiedlicher Kraftwerke
  - ⇒ Aktuelle Rahmenbedingungen ergänzungsbedürftig
  - ⇒ Gebot der Kostensenkung
- „300er“-Strom
  - ⇒ Wirksam
  - ⇒ Sicher
  - ⇒ leicht realisierbar
  - ⇒ schafft Arbeitsplätze
  - ⇒ Wettbewerb im Strommarkt
    - Niedrigere Preise