

Mainstreaming von Klimarisiken und -chancen im Finanzsektor

## Diskussionspapier Kraft-Wärme-Kopplung

Helmuth-M. Groscurth

im Auftrag von Germanwatch



## **Impressum**

### **Autor:**

Helmuth-M. Groscurth  
arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik  
Parkstraße 1a, 22605 Hamburg  
info@arrhenius.de, www.arrhenius.de

### **Redaktion:**

Christoph Bals, Kristin Gerber, Armin Haas

### **Herausgeber:**

Germanwatch e.V.  
Büro Bonn  
Kaiserstr. 201  
D-53113 Bonn  
Telefon +49 (0)228/60492-0, Fax -19  
Internet: <http://www.germanwatch.org>  
E-mail: info@germanwatch.org

Büro Berlin  
Voßstr. 1  
D-10117 Berlin  
Telefon +49 (0)30/288 8356-0, Fax -1

Stand: April 2010

Das diesem Diskussionspapier zugrunde liegende Vorhaben wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01LS05027 gefördert.

Die gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom – kurz Kraft-Wärme-Kopplung oder KWK genannt – gilt als eine wichtige Option, um die Energieeffizienz zu verbessern und somit auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen insbesondere bei der Nutzung fossiler Energieträger zu verringern. Laut KWK-Gesetz soll sich der Anteil der KWK an der Stromerzeugung in Deutschland bis 2020 auf 25% verdoppeln. Um dies zu erreichen, wurde eine Vorrangregelung für den mittels KWK erzeugten Strom eingeführt. Zudem werden für diesen Strom Bonuszahlungen von 15 bis 51 €/MWh sowie eine Befreiung von der Erdgassteuer gewährt. Heizkraftwerke sollen darüber hinaus auch weiterhin einen Teil ihrer Emissionsrechte im EU-Emissionshandelssystem kostenlos erhalten.

Wenn es darum geht zu beurteilen, welchen Beitrag die KWK zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen leistet, ist es sehr wichtig einen Bezugsrahmen zu definieren und diesen bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. So kann eine einzelne Anlage betrachtet werden, die eine bestimmte Menge Strom und Wärme erzeugt. Um spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen für eine der beiden Energieformen angeben zu können, wird dann meist eine Gutschrift für die jeweils andere Energieform eingerechnet. Oder aber es wird ein Energiesystem wie eine Stadt oder eine Industrieanlage betrachtet, die einen definierten Bedarf an Strom und Wärme hat. Je nachdem, wie groß dieses System in Bezug auf die betrachtete KWK-Anlage ist, können prozentuale CO<sub>2</sub>-Minderungen für dieselbe Anlage sehr unterschiedlich ausfallen.

Weiterhin ist zu bedenken, welche Fragestellung der Analyse zugrunde liegt. Geht es darum abzuschätzen, welchen Effekt eine Investition auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz hat oder darum herauszufinden, ob diese Investition gegenüber einer Alternative vorteilhaft ist oder nicht?

Dieses Diskussionspapier erläutert zunächst das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung und zeigt dann am Beispiel einer Erdgas- und einer Steinkohle-gefeuerten KWK-Anlage die Bandbreite möglicher Ergebnisse auf. Die Analyse zeigt, dass in vielen Fällen die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf einen Wechsel zu einem CO<sub>2</sub>-ärmeren Brennstoff oder den Ersatz einer alten durch eine effizientere neue Anlage zurückzuführen ist. Die Frage ob Strom und Wärme getrennt oder gekoppelt erzeugt werden, spielt eine eher untergeordnete Rolle. Wenn man die für die KWK bestehende finanzielle Förderung auf die zusätzliche Emissionsminderung bezieht, ergeben sich sehr hohe spezifische CO<sub>2</sub>-Förderkosten.

## Einführung: Das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung

Die Stromerzeugung mit Hilfe von Dampf- oder Gasturbinen folgt den Gesetzen thermodynamischer Kreisprozesse. Energietragende Medien (Dampf bzw. heiße Verbrennungsgase) durchlaufen verschiedene Zustände hinsichtlich Druck, Temperatur und Volumen und wandeln dabei thermische Energie in mechanische Energie um. Der Wirkungsgrad einer solchen Umwandlung wird begrenzt durch den sogenannten Carnot-Faktor  $(1-T_0/T)$ .<sup>1</sup> Dabei ist T das obere Temperaturniveau des Prozesses, in einem Kraftwerk typischerweise die Temperatur des Dampfes oder der Verbrennungsgase beim Eintritt in die Turbine.  $T_0$  ist das untere Temperaturniveau, gegen das gearbeitet wird. Im Idealfall wird der Dampf wieder zu Wasser bei Umgebungstemperatur kondensiert. Aus diesem Grund werden Anlagen, die ausschließlich Strom erzeugen auch als *Kondensationskraftwerke* bezeichnet. Im Gegensatz dazu werden Anlagen, die Strom und nutzbare Wärme produzieren, *Heizkraftwerke* genannt.

Wärme bei Umgebungstemperatur  $T_0$  ist wertlos und für die Gewinnung von Raumwärme, die ja gerade oberhalb der Umgebungstemperatur liegen soll, ungeeignet. In einer KWK-Anlage muß daher Dampf mit höherer Temperatur ausgekoppelt werden. Dieser hat dann gemäß dem Carnot-Faktor auch noch einen Rest von Arbeitsfähigkeit (= Fähigkeit zur Erzeugung mechanischer Energie), die zur Stromerzeugung nicht mehr zur Verfügung steht. Deshalb ist der elektrische Wirkungsgrad eines Heizkraftwerks geringer als derjenige eines Kondensationskraftwerks. Er ist umso kleiner, je mehr Wärme ausgekoppelt wird. Gleichzeitig nimmt der Volumenstrom des Dampfes ab, der die Turbine antreibt. Somit sinkt auch die Leistung des Heizkraftwerks.

Die Abnahme der elektrischen Leistung einer KWK-Anlage wird in der Ingenieurwissenschaft durch die sogenannte Stromverlustkennzahl  $s_v$  beschrieben. Die verbleibende elektrische Leistung P ergibt sich aus der Formel

$$P = P_{\max} / (1 + s_v \cdot V_{W-S}) ,$$

wobei  $P_{\max}$  die maximale elektrische Leistung ist und  $V_{W-S}$  das Verhältnis von ausgekoppelter Wärme zur Stromerzeugung. Abbildung 1 zeigt typische sogenannte Stromverlustkennzahlen für die beiden im Folgenden näher untersuchten Heizkraftwerke in Abhängigkeit von der ausgekoppelten Wärmemenge.

### Beispiel 1: Erdgas-KWK

#### *Die Anlage*

Untersucht wird ein Erdgas-gefeuertes Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerk (EG-GuD-HKW). Dabei werden die heißen Abgase, die bei der Verbrennung des Erdgases entstehen zunächst durch eine Gasturbine geschickt. Anschließend wird mit den Abgasen, die immer noch Temperaturen von mehreren hundert Grad Celsius haben, Dampf erzeugt, der ggf. nochmals mit Erdgas nacherhitzt und dann in eine Dampfturbine geleitet wird. Wenn es sich bei dieser Dampfturbine um eine Entnahme-Kondensations-Anlage handelt, kann die ausgekoppelte Wärmemenge variiert werden.

---

<sup>1</sup> Beide Temperaturen T und  $T_0$  sind in Kelvin, nicht in Grad Celsius anzugeben. Dabei gilt:  $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ . Für Temperaturunterschiede gilt  $1^\circ\text{C} = 1 \text{ K}$ .

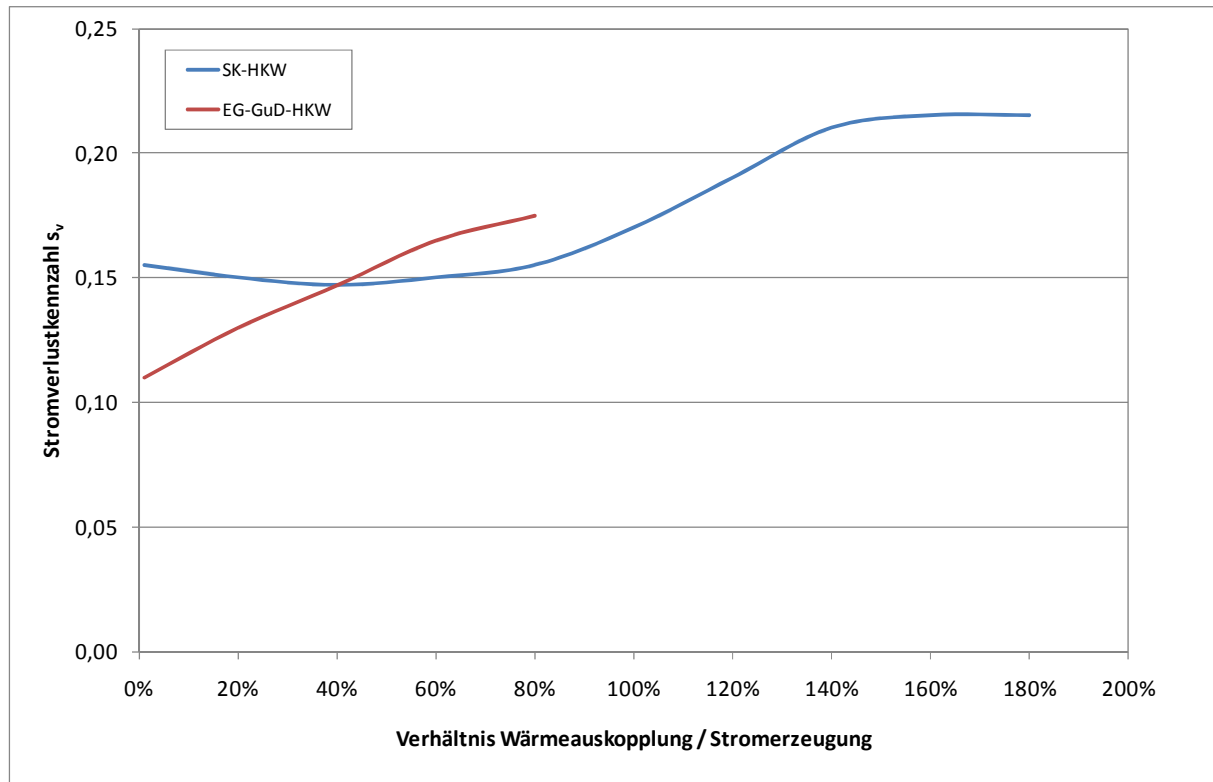


Abbildung 1: Stromverlustkennzahlen  $s_v$  typischer Steinkohle- und Erdgas-gefeuerter Heizkraftwerke in Abhängigkeit vom Verhältnis der Wärmeauskopplung zur Stromerzeugung.

Das untersuchte Heizkraftwerk soll eine elektrische Leistung von 800 MW haben. Dies ist mehr als in der Praxis üblich, wird aber so gewählt, um den Vergleich zu dem später untersuchten typischen Kohleheizkraftwerk zu erleichtern. Diese Annahme ist unkritisch, da die absolute Größe der Anlagen für die hier angestellten Überlegungen eine untergeordnete Rolle spielt.

Das EG-GuD-HKW soll im Kondensationsbetrieb einen Wirkungsgrad von 58% haben. Bei einer typischen Erdgas-KWK-Anlage steigt die Stromverlustkennzahl nahezu linear von 0,10 auf 0,175 an (vgl. Abbildung 1). Die maximale Wärmeauskopplung beläuft sich auf 80% der erzeugten elektrischen Leistung und beträgt daher für das Beispielkraftwerk rund 560 MW. Die elektrische Leistung reduziert sich dann auf 700 MW bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 51%. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt in diesem Fall 92%.

### Einbindung der Anlage in ein System

Untersucht wird beispielhaft ein nicht näher definiertes Energiesystem, dessen Wärme- und Strombedarf zu Untersuchungszwecken über weite Bereiche variiert wird. Berechnet wird die durch das beschriebene Erdgas-gefeuerte Heizkraftwerk erreichte absolute und relative  $\text{CO}_2$ -Minderung gegenüber getrennter Erzeugung von Strom und Wärme in Abhängigkeit vom Wärme- und Strombedarf im Beispielsystem. Es wird der Einfachheit halber angenommen, dass für die getrennte Erzeugung von Strom dasselbe Heizkraftwerk im Kondensationsbetrieb (also ohne Wärmeauskopplung) eingesetzt wird. Die benötigte Wärme wird dann dezentral in Gasbrennwertkesseln erzeugt, wobei die bei der KWK entstehenden Transport-

verluste in Höhe von 10% entfallen. Verglichen werden somit Investitionsalternativen für neue Anlagen und nicht eine alte mit der sie ersetzenden neuen Technik.

Wenn der jeweilige Betriebszustand des Heizkraftwerks nicht ausreicht, um den Wärme- und/oder Strombedarf im System vollständig zu decken, werden die Restmengen durch die für die vollständig getrennte Erzeugung angenommenen Techniken bereitgestellt. Der Wärmebedarf wird vorrangig aus der KWK-Anlage gedeckt. Um die Komplexität der Darstellung zu verringern wird ferner angenommen, dass das Kraftwerk stets mit der durch die Wärmeauskopplung verbundenen elektrischen Leistung läuft oder gar nicht in Betrieb geht (Wärme-führung).

### *CO<sub>2</sub>-Bilanz und Förderung für Erdgas-KWK*

Abbildung 2 zeigt die absolute CO<sub>2</sub>-Minderung durch Erdgas-KWK für eine Betriebsstunde in Abhängigkeit von der Strom- und Wärmenachfrage im System.

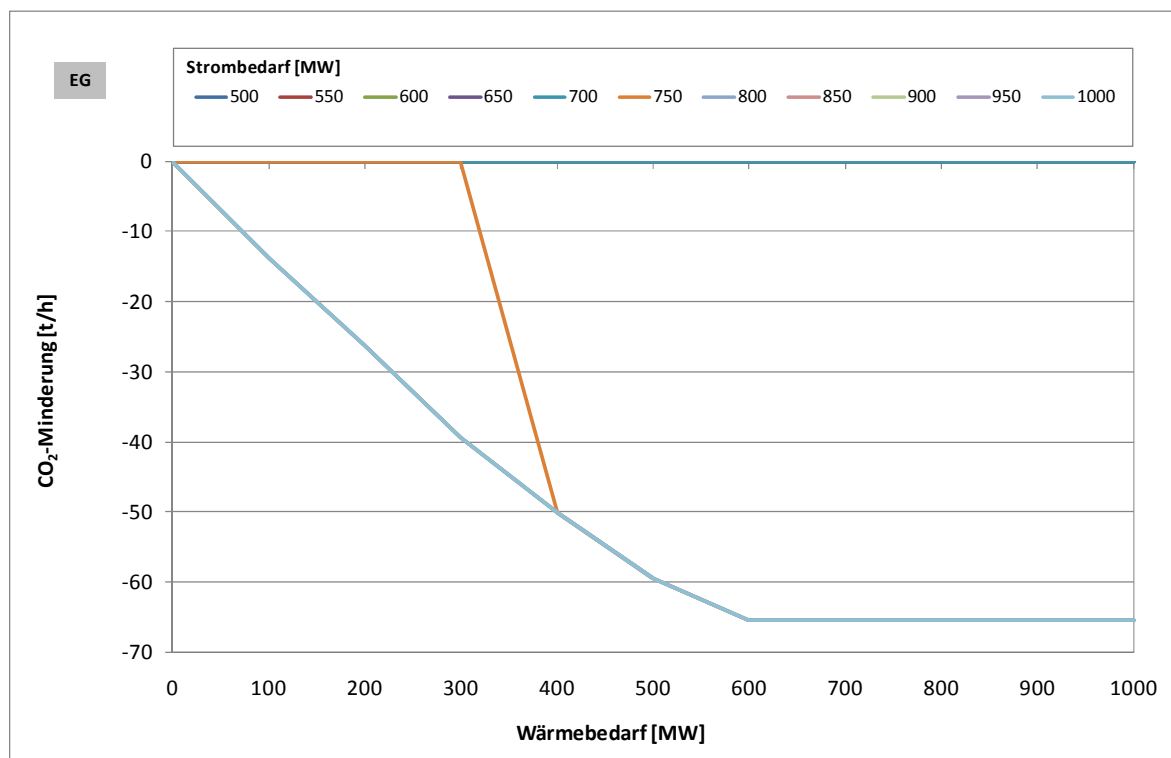


Abbildung 2: Absolute CO<sub>2</sub>-Minderung durch Kraft-Wärme-Kopplung in einem Erdgas-GuD-Heizkraftwerk gegenüber getrennter Erzeugung von Strom und Wärme in Abhängigkeit vom Strom- und Wärmebedarf.

*Die Kurven für Strombedarfsmengen von 500-700 MW und von 800-1000 MW sind jeweils identisch und daher nicht getrennt sichtbar.*

Es lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Die Kurven für einen Strombedarf von 500 bis 700 MW liegen alle auf der Null-Linie, da das Heizkraftwerk kann erst in Betrieb gehen, wenn ein bestimmter Mindeststrombedarf vorherrscht. Solange die Anlage nicht in Betrieb ist, ist die CO<sub>2</sub>-Minderung gleich Null.
- Wenn 300 MW Wärme ausgekoppelt werden können, sinkt die elektrische Leistung in die Größenordnung von 750 MW und das Heizkraftwerk kann in Betrieb gehen (orange Kurve)

in *Abbildung 2*). Der Mindeststrombedarf ist umso geringer, je mehr Wärme ausgekoppelt werden kann, weil die elektrische Leistung des Heizkraftwerks entsprechend sinkt.

- Ab einem Strombedarf von 800 MW kann das Heizkraftwerk unabhängig von der Wärmeauskopplung immer betrieben werden.
- Wenn das Heizkraftwerk in Betrieb ist, steigt die CO<sub>2</sub>-Einsparung bei gegebenem Strombedarf zunächst mit wachsendem Wärmebedarf an. Nach Erreichen der maximalen Auskopplung bleibt sie konstant. Maximal wird in diesem Beispiel eine CO<sub>2</sub>-Minderung von 65 Tonnen pro Stunde (t/h) erreicht.
- Wenn das Heizkraftwerk in Betrieb ist, ist die absolute CO<sub>2</sub>-Einsparung unabhängig vom Strombedarf. Alle Kurven für einen Strombedarf zwischen 800 und 1000 MW liegen daher in *Abbildung 2* aufeinander.

*Abbildung 3* zeigt die relative CO<sub>2</sub>-Minderung durch die Kraft-Wärme-Kopplung bezogen auf den Referenzfall getrennter Erzeugung. Während die Kurven für einen Strombedarf von 500-700 MW auf der Null-Linie verharren, sind die Kurven für einen Bedarf von 800-1000 MW jetzt nicht mehr identisch, sondern spalten sich zu einer Kurvenschar auf, weil sich bei gleicher absoluter CO<sub>2</sub>-Minderung die Referenzemissionen je nach Strom- und Wärmebedarf unterscheiden. Es zeigt sich, dass es jeweils ein klares Optimum gibt. Die größte relative Minderung von gut 18% wird erzielt bei einem Strombedarf von 750 MW und einer Wärmenachfrage von 600 MW.

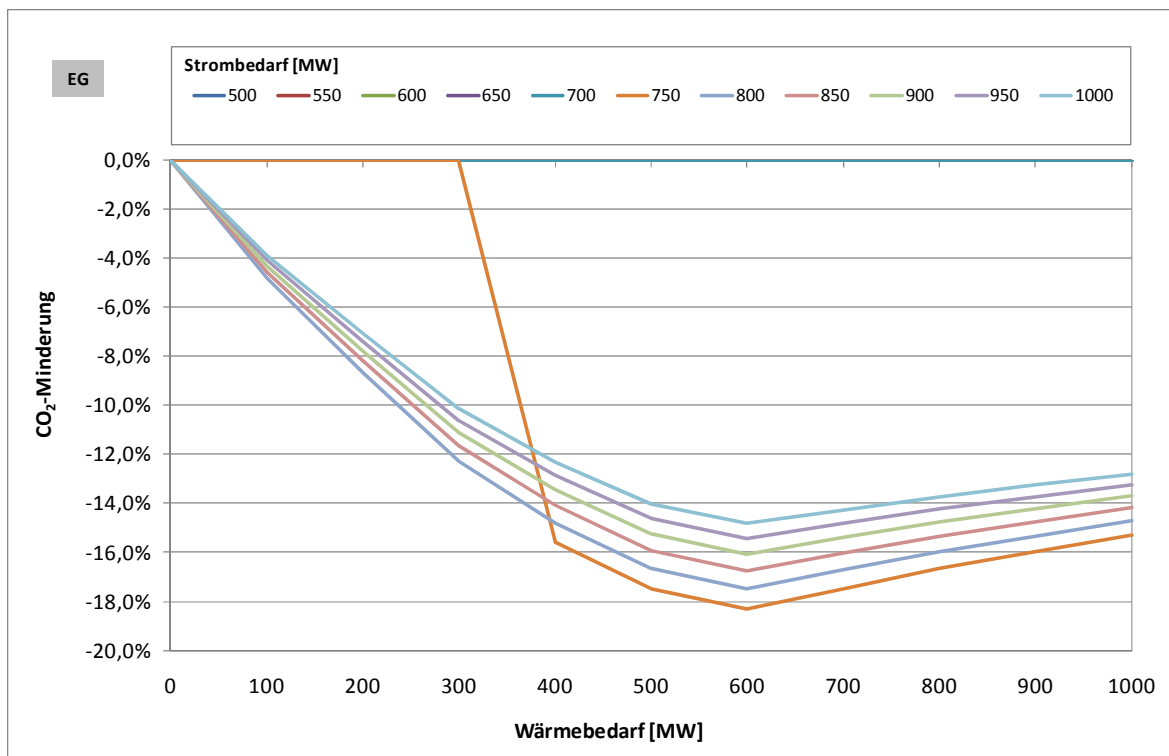


Abbildung 3: Relative CO<sub>2</sub>-Minderung durch Kraft-Wärme-Kopplung in einem Erdgas-GuD-Heizkraftwerk gegenüber getrennter Erzeugung von Strom und Wärme in Abhängigkeit vom Strom- und Wärmebedarf.



*Abbildung 3* verdeutlicht das Dilemma bei Beurteilung der Wirksamkeit von KWK-Anlagen zum Klimaschutz. Zum einen können die meisten KWK-Anlagen nicht durchgängig in ihrem optimalen Arbeitspunkt betrieben werden. Dies gilt insbesondere für Fernwärmesysteme, in denen die Wärmenachfrage mit der Tages- und Jahreszeit erheblich schwankt. In Industriebetrieben kann dagegen eine optimal dimensionierte KWK-Anlage oft sehr lange Laufzeiten erzielen. Eine belastbare Aussage läßt sich nur bei detaillierter Analyse des jeweiligen Systems machen. Generell ist dabei über die Betriebszustände in allen 8760 Stunden eines Jahres zu mitteln.

Zum anderen nehmen im Gegensatz zu den konstanten absoluten CO<sub>2</sub>-Einsparungen die relativen Minderungen rechts vom optimalen Arbeitspunkt ab, weil die konstante Einsparung auf höhere Gesamtemissionen bezogen wird. Es ist also jeweils zu unterscheiden, ob eine relative CO<sub>2</sub>-Minderung nur für die Anlage oder aber für den Einsatz dieser Anlage in einem größeren System angegeben wird.

Wird die KWK-Anlage eher klein im Verhältnis zum Gesamtsystem ausgelegt, so dass sie häufig laufen kann, ergeben sich für die Anlage selbst relative Minderungen in der Größenordnung des Maximalwertes von 18%. Bezogen auf das gesamte System gilt dies aber nicht. Wird die Anlage eher groß ausgelegt, stimmen die relativen Einsparungen mit Bezug auf die Anlage und das System annähernd überein, sind aber deutlich kleiner als im Optimum.

Bezieht man die maximal eingesparte absolute CO<sub>2</sub>-Menge von 65 t/h allein auf die Stromproduktion, so ergibt sich im optimalen Arbeitspunkt eine Minderung der stromseitigen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 26%. Bezieht man die absolute Minderung ausschließlich auf die Wärmemenge, so erhält man eine Minderung der wärmeseitigen spezifischen Emissionen von 62%.

Die beschriebenen Beispiele verdeutlichen, dass Angaben zur CO<sub>2</sub>-Minderung durch KWK-Anlagen immer mit Bezug auf das betrachtete System und die getroffenen Annahmen interpretiert werden müssen.

*Abbildung 4* zeigt die spezifischen Förderkosten je Tonne CO<sub>2</sub>, die sich aus dem für gekoppelt erzeugten Strom in Deutschland gezahlten Bonus ergeben. Dieser beträgt für die hier untersuchte Anlage 15 € je MWh KWK-Strom. Die gekoppelt erzeugte Strommenge ergibt sich dabei aus dem Produkt aus Wärmemenge und Stromkennzahl.

Die spezifischen Förderkosten steigen mit wachsender Wärmeauskopplung und damit wachsendem KWK-Bonus an. Bei vollem Betrieb der KWK-Anlage liegen sie über 100 €/t CO<sub>2</sub>. Dabei ist zu bedenken, dass derartige Anlagen noch auf anderen Wegen gefördert werden. Im liberalisierten Strommarkt jedoch reicht ein CO<sub>2</sub>-Preis von 60 €/t CO<sub>2</sub> bereits aus, um gasgefeuerte Kraftwerke gegenüber Kohlekraftwerken zu bevorzugen und erheblich größere CO<sub>2</sub>-Minderungen zu induzieren. Dieser Wert ergibt sich aus einer einfachen Abschätzung auf Basis der Wirkungsgrade und Brennstoffpreise von Gas- und Kohlekraftwerken. Ob die Politik ein Ansteigen des CO<sub>2</sub>-Preises auf den genannten Wert und die damit verbundene Erhöhung der allgemeinen Strompreise auf Dauer durchhalten würde, kann an dieser Stelle nicht näher untersucht werden.

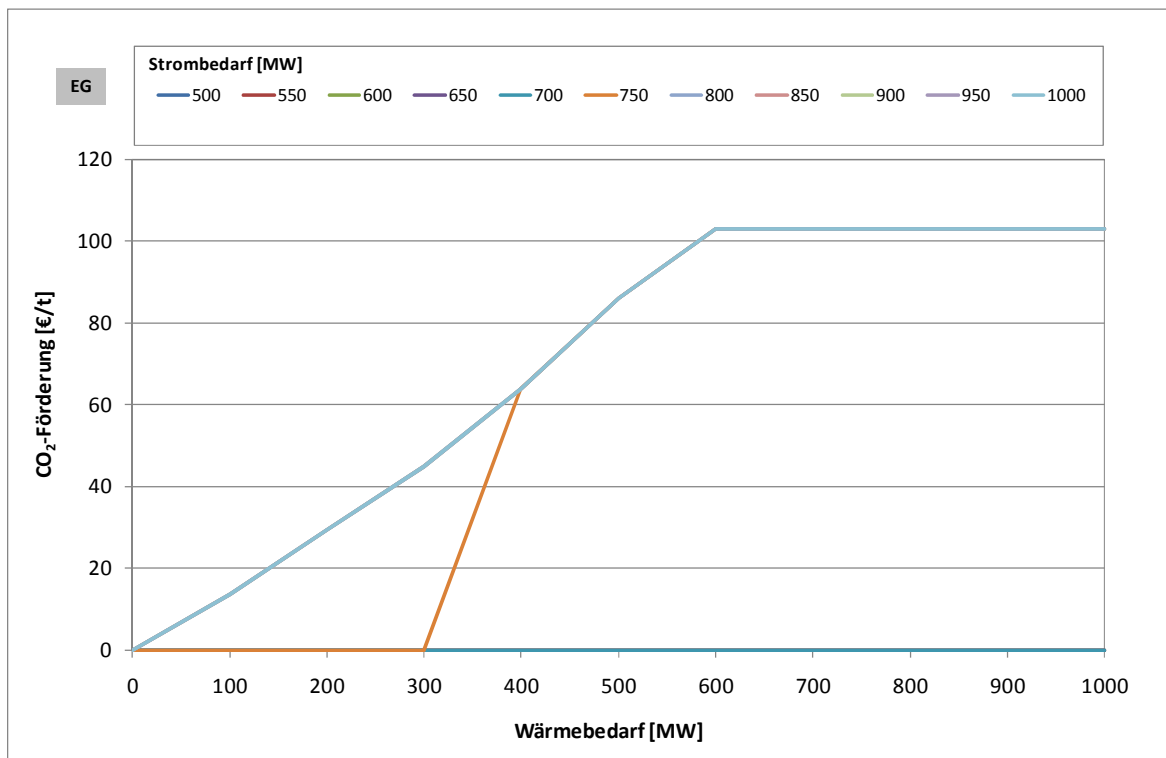


Abbildung 4: Spezifische Förderkosten eines EG-GuD-HKW je Tonne CO<sub>2</sub> durch den Bonus auf KWK-Strom in Höhe von 15 €/MWh.

## Beispiel 2: Steinkohle-KWK

### Die Anlage

Im zweiten Beispiel wird ein Steinkohle-gefeuertes Heizkraftwerk (SK-HKW) untersucht, das ebenfalls als Entnahme-Kondensations-Anlage ausgelegt ist. Das Heizkraftwerk habe eine elektrische Leistung von 800 MW und einen maximalen elektrischen Wirkungsgrad von 46%. Dieser tritt auf, wenn das Heizkraftwerk im Kondensationsbetrieb läuft, das heißt es erzeugt dann nur Strom und keine Wärme. Die maximale Wärmeauskopplung belaufe sich auf den in der Praxis durchaus erreichbaren Wert von 1040 MW Wärme. Dabei werden dann noch 580 MW Strom mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 33% erzeugt. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt in diesem Fall 93%. Der Verlauf der Stromverlustkennzahl in Abhängigkeit von der ausgekoppelten Wärme ist in Abbildung 1 dargestellt.

### Einbindung der Anlage in ein System

Berechnet wird die durch ein neues Steinkohle-gefeuertes Heizkraftwerk erreichte absolute und relative CO<sub>2</sub>-Minderung gegenüber getrennter Erzeugung von Strom und Wärme in Abhängigkeit von Wärme- und Strombedarf im System.

Für die getrennte Erzeugung von Strom wird wiederum der Einfachheit halber dasselbe Heizkraftwerk im Kondensationsbetrieb eingesetzt. Wärme wird dann dezentral in Gasbrennwertkesseln erzeugt, wobei die Fernwärmeverluste in Höhe von 10% entfallen. Wiederum werden Investitionsalternativen verglichen. Im Gegensatz zum EG-GuD-HKW werden hier bei KWK und getrennter Erzeugung unterschiedliche Brennstoffe eingesetzt, was die Interpretation erschwert. Zu bedenken ist, dass bei der Verbrennung von Steinkohle mit 0,34 t/MWh

Energie im Brennstoff mehr als 50% höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen als bei Erdgas (0,2 t/MWh). Neue Kohle-gefeuerte Anlagen zur dezentralen Wärmeerzeugung sind jedoch heute ebensowenig vorstellbar wie Kohle-gefeuerte Heizwerke, so dass hier als Vergleichsfall Gas-gefeuerte Anlagen berücksichtigt werden müssen.

Wenn der jeweilige Betriebszustand des Heizkraftwerks nicht ausreicht, um den Wärme- und/oder Strombedarf zu decken, wird die Restmenge durch die für die vollständig getrennte Erzeugung angenommenen Techniken bereitgestellt. Der Wärmebedarf wird vorrangig aus der KWK-Anlage gedeckt.

### CO<sub>2</sub>-Bilanz und Förderung für Kohle-KWK

Abbildung 5 zeigt analog zu Abbildung 2 die absolute CO<sub>2</sub>-Minderung durch Steinkohle-KWK für eine Betriebsstunde in Abhängigkeit von der Strom- und Wärmenachfrage im System. Es lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Das Heizkraftwerk kann wiederum erst in Betrieb gehen, wenn ein bestimmter Mindeststrombedarf vorherrscht. Dieser ist umso geringer, je mehr Wärme ausgekoppelt werden kann, weil die elektrische Leistung des Heizkraftwerks entsprechend sinkt. Aufgrund des anderen Verlaufs der Kennlinie in Abbildung 1 und der insgesamt höheren maximalen Wärmeauskopplung ist das Bild für Kohleheizkraftwerke differenzierter als für Erdgas-Anlagen (vgl. Abbildung 2).

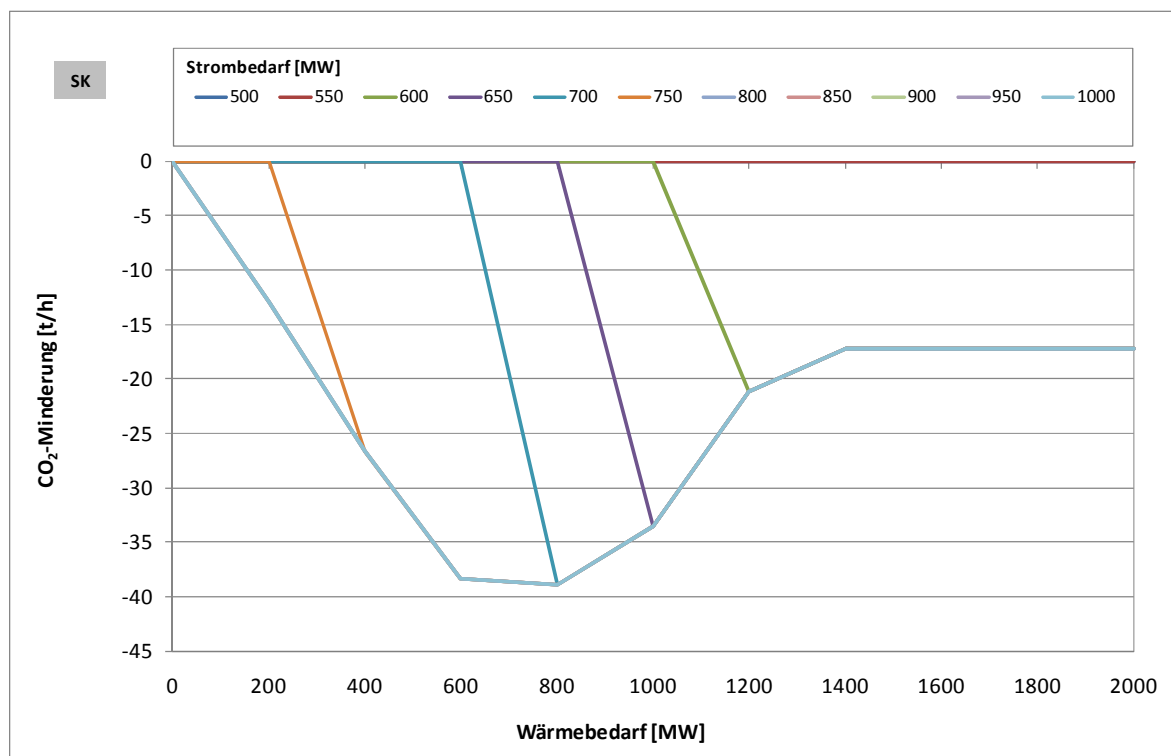


Abbildung 5: Absolute CO<sub>2</sub>-Minderung durch Kraft-Wärme-Kopplung in einem Steinkohle-gefeuerten Heizkraftwerk gegenüber getrennter Erzeugung von Strom und Wärme in Abhängigkeit vom Wärme- und Strombedarf. Die Kurven für manche Strombedarfsmengen sind identisch, so dass nicht alle Kurven sichtbar sind.

- Wenn das Heizkraftwerk in Betrieb ist, steigt die CO<sub>2</sub>-Einsparung bei gegebenem Strombedarf zunächst mit dem Wärmebedarf an. Nach Erreichen eines Optimums sinkt die Einsparung dann wieder ab, weil die Stromverlustkennzahl jenseits eines Verhältnisses von Wärme zu Strom von eins zu eins stark ansteigt und die zusätzlich ausgekoppelte Wärme keinen Vorteil gegenüber der getrennten Erzeugung mehr hat. Im Optimum wird eine CO<sub>2</sub>-Minderung von rund 40 Tonnen pro Stunde (t/h) erreicht. Bei maximaler Wärmeauskopplung beträgt die CO<sub>2</sub>-Minderung dagegen nur rund 17 t/h.

Abbildung 6 zeigt die relative CO<sub>2</sub>-Minderung für das Steinkohle-Heizkraftwerk. Das Optimum liegt je nach Betriebszustand zwischen 3 und 6%. Bei voller Wärmeauskopplung werden nur 2% erreicht.

Abbildung 7 zeigt die spezifischen Förderkosten für das Steinkohle-Heizkraftwerk. Sie steigen mit der Wärmeauskopplung und dem damit verbundenen KWK-Bonus an und erreichen um den optimalen Betriebspunkt herum etwa 200-300 €/t CO<sub>2</sub>. Bei maximaler Wärmeauskopplung belaufen sie sich auf 500 €/t CO<sub>2</sub>.

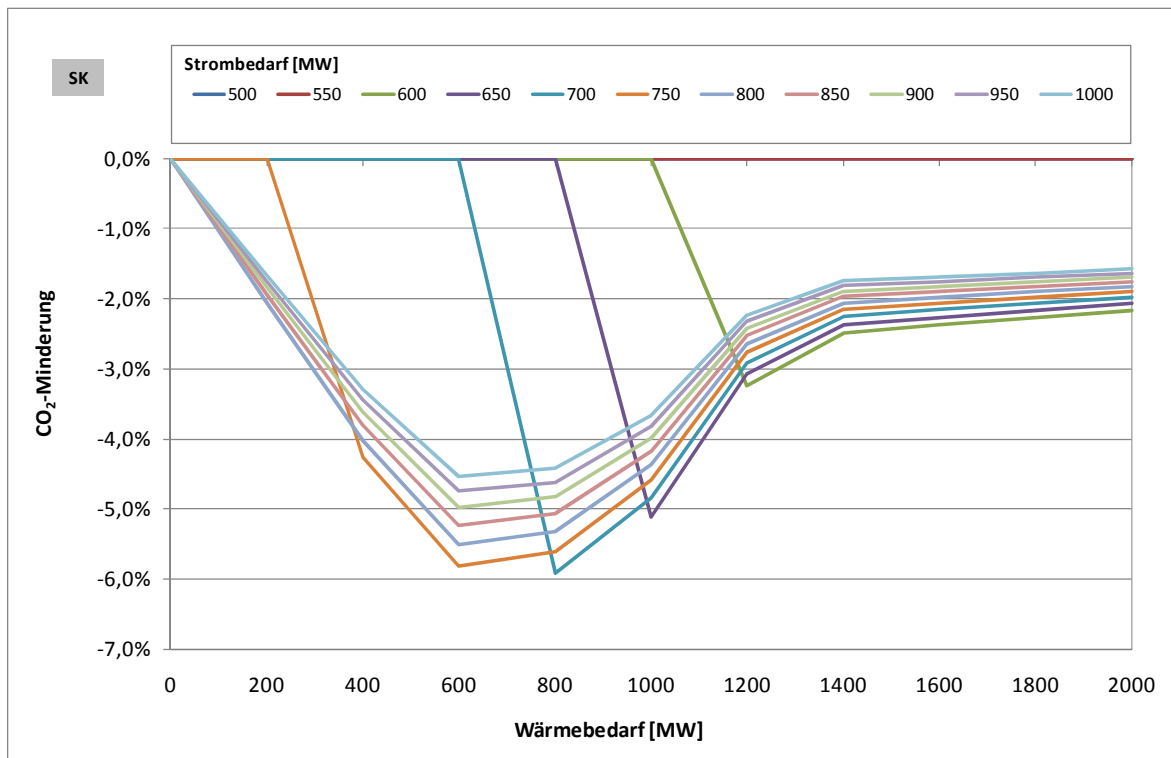


Abbildung 6: Relative CO<sub>2</sub>-Minderung durch Kraft-Wärme-Kopplung in einem Steinkohle-gefeuerten Heizkraftwerk gegenüber getrennter Erzeugung von Strom und Wärme in Abhängigkeit vom Wärme- und Strombedarf.

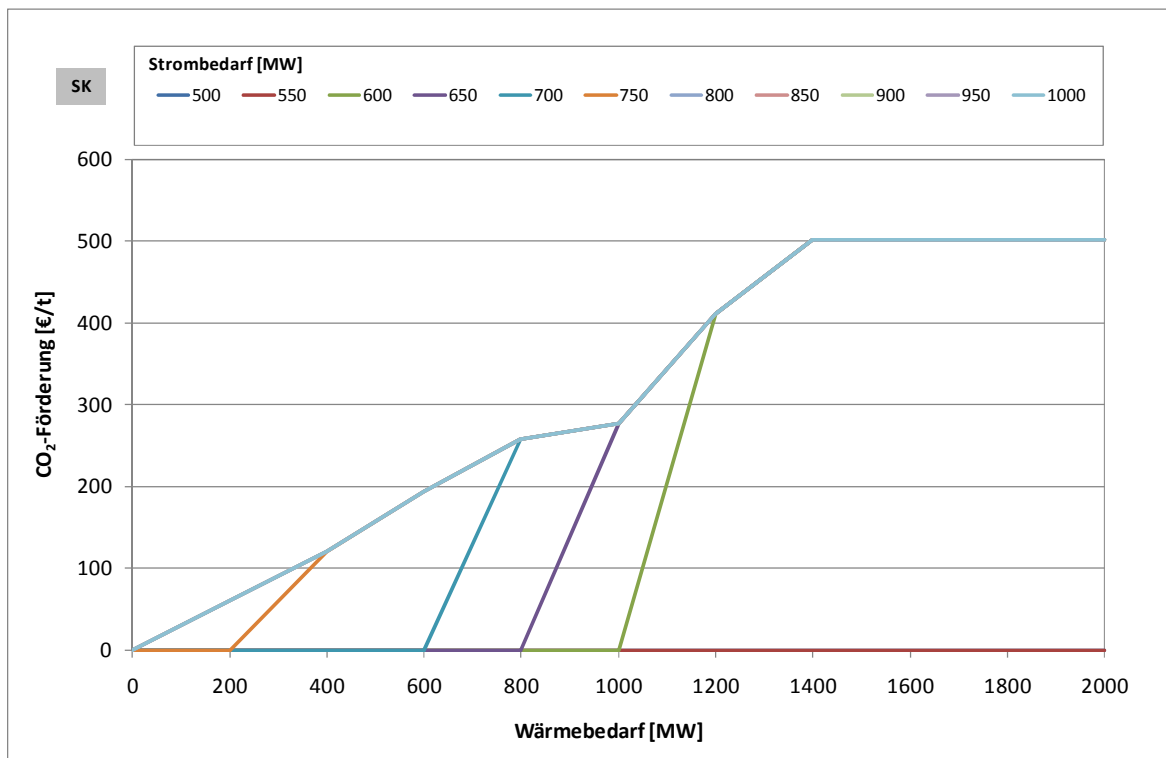


Abbildung 7: Spezifische Förderkosten eines SK-HKW je Tonne CO<sub>2</sub> durch den Bonus auf KWK-Strom in Höhe von 15 €/MWh.

## Weitere Vergleiche

Bisher lag der Schwerpunkt der Analyse auf der Wirkung der KWK im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme. Vielfach wird diese Analyse jedoch mit anderen Änderungen im System vermischt, die daher hier auch kurz dargestellt werden sollen.

### *Brennstoffwechsel*

Vergleicht man das Erdgas-gefeuerte Heizkraftwerk aus Beispiel 1 mit der Kohle-gefeuerten Anlage aus Beispiel 2, so stellt man fest, dass die Erdgas-Anlage im Kernbereich der Betriebszustände durchweg rund 300 t CO<sub>2</sub> pro Stunde weniger emittiert, was je nach Betriebszustand 40 bis 50% der Gesamtemissionen entspricht. Das ist fünfmal soviel, wie die maximale Einsparung durch Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber getrennter Erzeugung.

Die Steinkohle-Anlage kann allerdings aufgrund der größeren Stromverlustkennzahl im unteren Bereich etwas eher in Betrieb gehen und spart dann 30-40 t CO<sub>2</sub> pro Stunde ein, was aber in der Praxis nur selten vorkommen dürfte.

### *Ersatz alter Anlagen*

Der Ersatz eines alten Steinkohle-gefeuerten Heizkraftwerks durch ein neues mit gleicher elektrischer Leistung führt zu einer CO<sub>2</sub>-Minderung von 190 t/h oder 30%. Das ist wiederum fast das Fünffache der maximalen CO<sub>2</sub>-Einsparung durch KWK.

Bei Erdgas-Anlagen beträgt die Minderung knapp 80 t/h oder 27%, was in der gleichen Größenordnung wie die Einsparung durch KWK liegt.

### *Vergleich mit dem Durchschnitt heutiger Anlagen*

Neue Steinkohle-gefeuerte Anlagen, ob mit oder ohne KWK sind rund 20-25% schlechter als der Durchschnitt aller heute betriebener Anlagen zur Stromerzeugung, während neue Erdgas-Anlagen mehr als 40% besser abschneiden.

## **Schlussfolgerungen**

Der Nutzen der Kraft-Wärme-Kopplung wird in der gegenwärtigen Klimaschutz-Debatte überbewertet. Die ausgewiesenen CO<sub>2</sub>-Minderungen gehen in erster Linie auf den Wechsel von Kohle zum kohlenstoffärmeren Brennstoff Erdgas sowie den Ersatz alter durch neue Anlagen zurück. Der originäre Beitrag der Kraft-Wärme-Kopplung zur CO<sub>2</sub>-Minderung liegt bei der Bereitstellung von Raumwärme

- für Steinkohle-KWK im niedrigen einstelligen Prozentbereich und
  - für Erdgas-KWK in der Größenordnung von 10%
- gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme.

Damit kann die KWK, auch auf Basis von Erdgas, nur einen untergeordneten Beitrag zur Erreichung der langfristigen Klimaschutzziele leisten. Insbesondere wird auch durch einen massiven Ausbau der Erdgas-KWK eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland in der bis 2050 angestrebten Größenordnung von 80% oder gar 95% nicht erreicht. Es besteht daher die Gefahr eines Lock-in auf einen langfristig nicht nachhaltigen Pfad. Ob eine Umstellung der Feuerung von fossilen Brennstoffen auf klimaneutrale Biomasse oder Biogas in der erforderlichen Größenordnung möglich ist, läßt sich heute nicht abschließend beantworten, muß jedoch als unsicher eingestuft werden.

Bei derart geringen Vorteilen für den Klimaschutz ist es wahrscheinlich, dass zumindest für die Bereitstellung von Raumwärme Aufwand und Nutzen nicht in einem sinnvollen Verhältnis stehen. Der Bau neuer Fernwärme-Systeme sollte daher überdacht werden. Für bestehende Fernwärme-Systeme sind Erdgas-gefeuerte KWK-Anlagen sinnvoll und solchen auf der Basis von Steinkohle unbedingt vorzuziehen.

KWK kann eine wertvolle Option für industrielle Prozesse mit hoher Auslastung sein. Sie ist dann in der Regel auch wirtschaftlich. Hemmnisse für den Bau solcher Anlagen liegen eher im Zeithorizont der beteiligten Unternehmen, der mangelnden Kenntnis der Technologie sowie der fehlenden Bereitschaft sich auf sie einzulassen.

Die jetzige KWK-Förderung ist mit spezifischen Kosten alleine für den KWK-Bonus auf den erzeugten Strom in der Größenordnung von 100-500 €/t CO<sub>2</sub> ineffizient. Zum Vergleich: Es werden CO<sub>2</sub>-Preise von 60 €/t benötigt, um Gaskraftwerke gegenüber Kohlekraftwerken am Strommarkt wirtschaftlich zu machen. Im Gegensatz zur Förderung erneuerbarer Energien kann hier nicht auf eine nachhaltige Kostendegression gehofft werden, da die Technik weitgehend ausgereift ist.

Als Konsequenz aus diesen Überlegungen sollte die Förderung von KWK-Anlagen auf Steinkohle-Basis beendet und diejenige für Erdgas-KWK überdacht werden.

# CLIMATE MAINSTREAMING

Mainstreaming von Klimarisiken und -chancen im Finanzsektor

Germanwatch

PIK Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Universität Potsdam

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH

DIW Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung

>> <http://www.climate-mainstreaming.net>

## Kontakt

Helmuth-M. Groscurth

arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik

Parkstraße 1a, 22605 Hamburg

[info@arrhenius.de](mailto:info@arrhenius.de), [www.arrhenius.de](http://www.arrhenius.de)