

# CO<sub>2</sub>-Verminderung in Deutschland

## 1 Abstract

Ausgehend von den statischen Vermeidungskosten wurde an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft im Projekt „CO<sub>2</sub>-Verminderung in Deutschland“ eine Methodik der „dynamischen Verminderungskosten“ abgeleitet. Mit dieser können wirtschaftliche Potenziale verschiedener Technologien berechnet und dargestellt werden.

Weil der Bestand als dynamische Referenz verwendet wird, sind differenzierte Aussagen über wirtschaftliche Potenziale möglich.

Der erste Teil der Studie „CO<sub>2</sub>-Verminderung in Deutschland“ beinhaltet die Methodik sowie die Definition und Abgrenzung der verwendeten Rahmenbedingungen. Daneben sind die Ergebnisse der Potenzialermittlung in den Anwendungssektoren und dem Umwandlungssektor kurz zusammengefasst. Durch einen abschließenden Vergleich mit weiteren CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstudien ist eine Einordnung bzw. Abgrenzung möglich.

Die detaillierte Herleitung der Potenziale ist für die Sektoren „Umwandlung“ und „Industrie“ in Teil II der Studie nachzulesen. Ergebnisse zu „Haushalten“ und „Gewerbe-Handel-Dienstleistung“ finden sich in Teil III der Studie.

## 2 Allgemeiner Kontext und Zielsetzung

Im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenziale ist für die Wirtschaft Kosteneffizienz von größter Bedeutung. Die für die Förderung innovativer und/oder CO<sub>2</sub>-sparender Technologien notwendigen Ausgaben der nächsten Jahre und Jahrzehnte sind aufgrund der angespannten Situation der Haushalte begrenzt. Sie können entweder für die politisch gewünschten Energiekonzepte oder nach ökologischen und ökonomisch gewichteten Kriterien vorgesehen werden. Hierbei sollte der bereits heute erreichte Status-Quo Grundlage der Beurteilung sein.

Sowohl für den Bereich der regenerativen Energien, als auch der klassischen Energietechniken soll unter Berücksichtigung der Kosten erarbeitet werden, welche Potenziale zur Vermeidung von CO<sub>2</sub> vorhanden sind und deren Kosteneffizienz dargestellt werden. Die zu erarbeitenden Informationen sollen zur Beurteilung eines effektiven Umweltschutzes dienen und eine Vorlage für politische Entscheidungen bieten. Für die Energiewirtschaft sollen Handlungsempfehlungen für die ökonomische Vermeidung von CO<sub>2</sub> entwickelt und dargestellt werden.

Die Ziele dieses Projektes lassen sich wie folgt zusammenfassen:

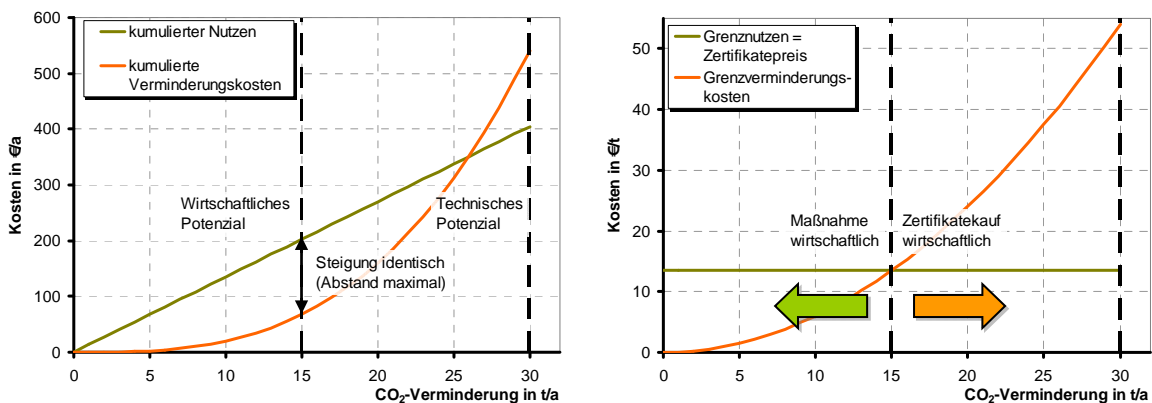
- Entwicklung einer Methodik zur Ermittlung von kurzfristig realisierbaren Potenzialen zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung
- Analyse von Maßnahmen zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen unter technischen und ökonomischen Gesichtspunkten
- Definition von Maßnahmenpaketen
- Anwendung der Methoden und Potenzialermittlung

### 3 Vorgehensweise

Methodikpaket der „dynamischen Verminderungskosten“ umfasst neben einer betriebswirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsrechnung eine Projektion der jeweiligen betrachteten Maßnahmen auf das Gesamtenergiesystem. Dadurch

- ist eine Potenzialbetrachtung implizit enthalten,
- wird berücksichtigt, dass Maßnahmen je nach Referenz unterschiedlich wirtschaftlich sind,
- können erstmals auch vorgezogene Effizienzmaßnahmen bewertet werden, und
- es ist möglich, Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung in unterschiedlichen Bereichen miteinander zu vergleichen.

Durch die virtuelle Durchführung einer Maßnahme für jede Technologie im gesamten Bestand kann ein wirtschaftliches Potenzial abgeleitet werden. Die zusätzlichen Kosten einer weiteren vermiedenen Emissionseinheit, z.B. einer Tonne CO<sub>2</sub>, werden als Grenzverminderungskosten bezeichnet. Die sich ergebenden Verminderungskosten werden aufsteigend sortiert und über der kumulierten Emissionsreduktion aufgetragen.



Die Nutzen- bzw. Grenznutzenfunktion stellt den monetarisierten Nutzen einer Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen dar. Für Teilnehmer am Zertifikatehandel wird der spezifische CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreis angesetzt, ansonsten ist er Null.

Die Potenzialermittlung erfolgt schrittweise. Nach einer Analyse des derzeitigen IST-Zustandes können in den einzelnen Sektoren diejenigen Maßnahmen identifiziert werden, welche die größten oder einfach zu erschließende Potenziale besitzen. Für diese Maßnahmen wird das technische Potenzial und mit Hilfe der dynamischen Verminderungskosten ein wirtschaftliches Potenzial bestimmt. Abschließend ist im Gesamtbericht zu jeder Einzelbetrachtung abgeschätzt, ob das wirtschaftliche Potenzial in der Praxis erreicht werden kann.

### 4 Ergebnisse

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Potenzialermittlung für die betrachteten Maßnahmen in den verschiedenen Sektoren kurz dargestellt. Die genaue Herleitung der Potenziale kann im Gesamtbericht nachgelesen werden.

## 4.1 Umwandlungssektor

In **Tabelle 1** sind die Maßnahmen aufgelistet, die im Sektor „Umwandlung“ betrachtet wurden. Zu beachten ist, dass die dargestellten Potenziale nicht addiert werden können, da innerhalb der Maßnahmen Wechselwirkungen auftreten können. So ist etwa eine Deckung der Verbraucherlast ausschließlich mit Must-Run-Anlagen nicht möglich.

**Tabelle 1: Betrachtete Maßnahmen und ermittelte Potenziale im Sektor Umwandlung**

Sektor: Umwandlung, 10 % Zinssatz			
Maßnahme	technisches CO <sub>2</sub> -Verminderungspotenzial	Referenz	wirtschaftliches CO <sub>2</sub> -Verminderungspotenzial
	in Mio. t/a		in Mio. t/a
Windkraftausbau	106,0	VM: 810 g/kWh	n.v.
Ausbau der Photovoltaik	54,0	VM: 814 g/kWh	3,6
Ausbau der KWK	76,1	VM el: 821 g/kWh VM th: 230 g/kWh	4,6
Biogaseinspeisung	9,6	Erdgas: 202 g/kWh	n.v.
Ersatz der Steinkohlekraftwerke	15,4	Kraftwerksbestand	2,0
Ersatz der Braunkohlekraftwerke	29,0	Kraftwerksbestand	14,8
Biomassezuführung in Steinkohlekraftwerken	8,4	Steinkohle: 337 g/kWh	n.v.
Biomassezuführung in Braunkohlekraftwerken	11,7	Braunkohle: 403 g/kWh	11,7

VM: Verdrängungsmix

## 4.2 Industrie

**Tabelle 2** zeigt für die Querschnittstechnologien das technische und wirtschaftliche CO<sub>2</sub>-Verminderungspotenzial. Für Kälteerzeugung und Dampferzeuger konnten wegen der Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit vom Anlagenbetrieb keine für einen Anlagentypen allgemein gültigen CO<sub>2</sub>-Verminderungskosten bestimmt werden. Daher wurde für diese Techniken kein wirtschaftliches Potenzial ausgewiesen. Von den 29 Mio. t CO<sub>2</sub> konnten 22 Mio. t CO<sub>2</sub> als wirtschaftlich ausgewiesen werden, bei Kälteerzeugung und Dampferzeugung sind weitere Potenziale zu erwarten.

**Tabelle 2: Betrachtete Maßnahmen und ermittelte Potenziale im Sektor Industrie**

Sektor: Industrie, 15 % Zinssatz			
Querschnittstechnologie	technisches CO <sub>2</sub> -Verminderungspotenzial	Referenz	wirtschaftliches CO <sub>2</sub> -Verminderungspotenzial
	in Mio. t/a		in Mio. t/a
Pumpen	7,2	Bestand	6,5
Druckluft	2,6	Bestand	1,7
Kälteerzeugung	2,4	Bestand	-/-
Beleuchtung	1,9	Bestand	1,9
Dampferzeuger	3,1	Bestand	-/-
El. Antriebe	11,9	Bestand	11,9

### 4.3 Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD)

**Tabelle 3** zeigt die technischen und wirtschaftlichen CO<sub>2</sub>-Verminderungspotenziale der untersuchten Maßnahmen. Hierbei ist zu beachten, dass die Ergebnisse der einzelnen Maßnahmen nicht summiert werden können, da die verschiedenen Maßnahmen in einem Anwendungsbereich zum Teil alternative Betrachtungen auf Basis der selben Referenz darstellen und ein Potenzial nicht doppelt gehoben werden kann.

**Tabelle 3: Zusammenfassung aller untersuchten Maßnahmen in GHD**

Sektor: Gewerbe-Handel-Dienstleistung, 5 % Zinssatz				
Maßnahme		technisches CO <sub>2</sub> - Verminderungs- potenzial	Referenz	wirtschaftliches CO <sub>2</sub> - verminderungs- potenzial
		in Mio. t/a		in Mio. t/a
Raumwärme	Dämmung	48,0	Gebäudebestand	2,0
	Biomassenutzung <sup>1)</sup>	48,0	Kesselbestand	39,0
	Gas-Brennwertnutzung	13,0	Kesselbestand	7,0
IuK	CRT => LCD	0,4	Bestand Bildschirme	0,0
	PC => Notebook	0,7	Bestand PC & Bildschirme	0,0
Beleuchtung	2-BLL&KVG => 3-BLL&EVG	1,4	Beleuchtungsbestand	1,4

<sup>1)</sup> starke Abweichung von wirtschaftlichem und realem Potenzial (Energieträgerverfügbarkeit)

### 4.4 Haushalte

In **Tabelle 4** sind alle durchgeführten Maßnahmen im Haushaltssektor zusammengefasst. Für den Anwender stellen sich jene Maßnahmen als sinnvoll dar, welche das größte wirtschaftliche Potenzial aufweisen. Die Durchführung einer Maßnahme wirkt sich auf andere Maßnahmen aus, deshalb sind zur besseren Vergleichbarkeit untereinander, die Maßnahmen einzeln angeführt.

**Tabelle 4: Betrachtete Maßnahmen und ermittelte Potenziale im Sektor Haushalte**

Sektor: Haushalte, 5 % Zinssatz				
		technisches CO <sub>2</sub> - Verminderungspotenzial	Referenz	wirtschaftliches CO <sub>2</sub> - Verminderungspotenzial
Maßnahme		in Mio. t/a		in Mio. t/a
Raumwärme	Gas-Brennwertnutzung	39,5	Kesselbestand	4,0
	Pelletheizung	127,0	Kesselbestand	-
	Wärmepumpe	75,0	Kesselbestand	-
	Dämmung	70,3	Gebäudebestand	69,0
	Fenster	11,2	Gebäudebestand	0,4
IuK	BVT	4,5	Stereoanlage, Kompaktanlage, Fernsehgeräte, Videorekorder, DVD-Player, Telefon, Anrufbeantworter, Fax, Desktop PC, Laptop, Scanner, Tintenstrahl-, Laserdrucker, Monitore	0,4
Beleuchtung	Energiesparlampen	4,9	Beleuchtungsbestand	4,9
	LEDs	5,3	Beleuchtungsbestand	5,2
	Lumileds	5,7	Beleuchtungsbestand	4,3
	Metalldampflampen	5,5	Beleuchtungsbestand	4,2
	Leuchtstoffröhre	5,4	Beleuchtungsbestand	5,4
Haushaltsgeräte	BVT (A++)	0,8	Kühlschränke	-
	BVT (A++)	1,3	Waschmaschinen	-
	BVT (A++)	0,4	Wäschetrockner	-
	BVT (A++)	0,7	Gefriergeräte	-
	BVT (A++)	0,2	Kühl-/Gefrierkombigerät	-
	BVT (A++)	1,5	Elektroherde	-
	BVT (A++)	2,4	Geschirrspüler	0,8
Mechanische Energie				
Aufzüge	Einsparung durch Planetengetriebe	0,08	Aufzugsbestand	-
	Einsparung durch Rekuperatoren	0,02	Aufzugsbestand	-
	Vermeidung Standby-Verluste	0,42	Aufzugsbestand	-
Dunstabzugshauben	Einsparung durch Randabsaugung	1,3	Dunstabzugshaubenbestand	-
Pumpen	Optimierung Heizkreis- und Zirkulationspumpen	6,5	Gebäudebestand (Pumpen pro Gebäude)	6,3
	Dezentrale Pumpen*	28,5	Gebäudebestand (Pumpen pro Gebäude)	28,5

\* inkl. Einsparungen an thermischer Energie

Auftraggeber:	EnBW, E.ON Energie, RWE Power, Vattenfall Europe
Ansprechpartner:	M. Beer, R. Corradini
Bearbeiter:	M. Beer, R. Corradini, T. Gobmaier, L. Köll, R. Podhajsky, G. Vogler, M. Zotz