

## 3 Umweltkosten der Strom- und Wärmeerzeugung

### 3.1 Umweltkosten der Stromerzeugung

Um die Umweltkosten der Stromerzeugung in Deutschland zu ermitteln, benötigt man Emissionsfaktoren für die verschiedenen Stromerzeugungstechnologien. Das Umweltbundesamt veröffentlicht regelmäßig die Emissionsfaktoren in der Einheit Gramm pro elektrische Kilowattstunde ( $\text{kWh}_{\text{el}}$ , d. h. bezogen auf die produzierte Einheit elektrischen Stroms) für fossile und erneuerbare Stromerzeugungstechnologien.

Darüber hinaus werden die Emissionsfaktoren in indirekte und direkte Emissionen unterschieden. Direkte Emissionen beziehen sich auf die Emissionen, die im Rahmen der Energieerzeugung, also in der Operationsphase des Lebenszyklus der einzelnen Technologien, entstehen. Indirekte Emissionen ergeben sich in den anderen Phasen des Lebenszyklus (Bau, Instandhaltung, Abbau).

Unter der Verwendung dieser Emissionsfaktoren und den in Kapitel 1 und 2 dargestellten Umweltkosten pro Tonne emittierter Schadstoffe lassen sich die Umweltkosten für verschiedene Technologien zur Stromerzeugung berechnen. Durch den Vergleich der unterschiedlichen Kostensätze lassen sich u. a. die vermiedenen Umweltschäden durch Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen ermitteln. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Kostensätze lediglich Treibhausgase und klassische Luftschadstoffe berücksichtigen. Andere Umweltfolgen wie die Beeinträchtigung von Ökosystemen oder Landnutzungsänderungen sind in den Kostensätzen nur teilweise oder gar nicht berücksichtigt.

Zur Ermittlung der Kostensätze gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Für eine differenzierte Analyse sind Informationen und Annahmen zu den Standorten der Energieerzeugungsanlagen in Deutschland und den jeweils emittierten Luftschadstoffen notwendig. Für eine Analyse auf nationalem Niveau sind hingegen Informationen zu den Gesamtemissionen hinreichend. Die Berechnungen lassen sich so einfacher nachvollziehen und sind auch leichter zu aktualisieren, wenn neue Emissionsfaktoren vorliegen. Die Abweichungen zur o. g. differenzierten Methode sind eher gering und haben keinen Einfluss auf die qualitativen Schlussfolgerungen. Daher basiert die Ermittlung der Kostensätze im Folgenden auf den Gesamtemissionen, wobei sowohl direkte als auch indirekte Emissionen mit den Kostensätzen für Deutschland bewertet werden (für die jeweilige Freisetzungshöhe und -umgebung). Sollen im Einzelfall standortbezogene Umweltschäden je Technologie bzw. Energieträger ausgewiesen werden, empfehlen wir die Verwendung der differenzierten Kostensätze aus den Kapiteln 1 und 2 anzusetzen.

Tabelle 5: Umweltkosten der Stromerzeugung in Deutschland einschließlich Vorketten in €-Cent<sub>2016</sub> / kWh<sub>el</sub>

Stromerzeugung durch	Luftschadstoffe	Treibhausgase (180 €/tCO <sub>2</sub> äq)	Umweltkosten gesamt (180 €/tCO <sub>2</sub> äq)	Umweltkosten gesamt (Sensitivitätsrechnung mit 640 €/tCO <sub>2</sub> äq)
<b>Fossile Energien</b>				
Braunkohle	1,95	18,86	20,81	69,01
Steinkohle	1,60	17,19	18,79	62,72
Erdgas	0,83	7,77	8,59	28,44
Öl	4,92	15,13	20,06	58,73
<b>Erneuerbare Energien</b>				
Wasserkraft	0,06	0,24	0,30	0,91
Windenergie*	0,10	0,18	0,28	0,65
Photovoltaik	0,41	1,23	1,64	4,78
Biomasse**	3,74	4,42	7,71	19,46

\* Nach Erzeugungsanteilen gewichteter Durchschnittswert aus onshore und offshore Windenergie;

\*\*Nach Erzeugungsanteilen gewichteter Durchschnittswert für Biomasse gasförmig, flüssig und fest.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Bachmann / van der Kamp (2018) und eigenen Berechnungen.

Die Umweltkosten des Strommix Deutschland betragen 13,6 €-Cent / kWh<sub>el</sub> (44,1 €-Cent / kWh<sub>el</sub> bei einem Kostensatz von 640 €/t CO<sub>2</sub> äq).

Bei der Abschätzung der Umweltkosten der Kernenergie besteht das Problem, dass die Ergebnisse der vorhandenen Studien große Bandbreiten aufweisen, was u. a. auf Schwierigkeiten bei der Bewertung nuklearer Störfälle und dem Umgang mit belasteten Abfällen zurückzuführen ist. Zur Bewertung der Emissionen aus der Kernenergie empfehlen wir daher analog zur Methodenkonvention 2.0 die Emissionsfaktoren der Technologie mit den höchsten Umweltkosten, in diesem Fall also Braunkohle, zu verwenden.<sup>12</sup>

### 3.2 Umweltkosten der Wärmeerzeugung

Das Vorgehen bei der Ermittlung der Umweltkosten der Wärmeerzeugung gleicht dem bei der Stromerzeugung. Auch hier werden vom Umweltbundesamt für jeden Energieträger die Emissionsfaktoren für die direkten und indirekten Emissionen ermittelt. Für die Ermittlung der Umweltkosten werden diese anschließend mit den deutschlandweit durchschnittlichen Kostensätzen bewertet (für die jeweilige Freisetzungshöhe und -umgebung). Wird eine standortspezifische Bewertung benötigt, sollte diese auch bei der Wärmeerzeugung unter Verwendung der differenzierten Kostensätze aus den Kapiteln 1 und 2 erfolgen.

<sup>12</sup> Ausführlicher zu diesem Vorgehen vgl. „Methodenkonvention 3.0 - Methodische Grundlagen“ Kap. 2.5.4.