

Evolution und Vergleich der CO₂-Bewertungsmethoden von Wärmepumpen

Keywords: Bewertungsmethoden, Emissionen, Power-to-heat

Autoren: Jochen Conrad, Simon Greif, Anika Regett

Motivation

Zur Bewertung der Emissionen von Power-to-X Technologien wie bspw. Wärmepumpen können verschiedene Methoden angewendet werden. Analog zur Allokation des Brennstoffeinsatzes von KWK-Anlagen auf die Produkte Strom und Wärme, gibt es nicht nur eine wissenschaftlich korrekte Vorgehensweise, die durch Wärmepumpen verursachten Emissionen zu ermitteln¹. Je nach Fokus der Fragestellung sind die verschiedenen Verfahren unterschiedlich gut geeignet. Sie unterscheiden sich zum einen in ihrer Komplexität und zum anderen in den ermittelten Ergebnissen. Die Ergebnisse der Bewertungen werden genutzt, um Wärmepumpen mit alternativen Wärmebereitstellungstechnologien hinsichtlich ihrer CO₂-Emissionen zu vergleichen und somit die Relevanz von Wärmepumpen zur Dekarbonisierung des Energiesystems zu quantifizieren.

Die folgenden vier Evolutionsstufen von Bewertungsmethoden werden in diesem Paper untersucht:

1. Jahresmittelwert
2. Stundenmittelwert
3. Grenzkraftwerk
4. Simulation

Die **Jahresmittelwert-Methode** beruht auf der Multiplikation des jährlichen Stromverbrauchs mit dem Emissionsfaktor für Strom des zugrundeliegenden Jahres. Der durchschnittliche Emissionsfaktor eines Jahres kann mit Hilfe des Brennstoffbedarfs des Kraftwerksparks und den spezifischen Emissionsfaktoren der Brennstoffe berechnet werden. Während der Brennstoffbedarf von Kraftwerken, welche ausschließlich Strom erzeugen, vollständig dem erzeugten Strom zugeordnet werden kann, muss der Brennstoffbedarf von KWK-Anlagen z.B. über die Wirkungsgradmethode auf die Produkte Strom und Wärme alloziert werden.

Die **Stundenmittelwert-Methode** unterscheidet sich von der zuvor beschriebenen Methode hinsichtlich der zeitlichen Auflösung. Für den Emissionsfaktor des Stroms sowie den Strombezug der Anlage werden stündliche Zeitreihen verwendet. Anhand des Strombezugs kann der gewichtete Mittelwert des Emissionsfaktors für Strom über einen gewählten Zeitraum (z.B. ein Jahr) ausgewiesen werden. Die Motivation zur Anwendung dieser Methode liegt in der Annahme, dass Power-to-heat Systeme und die Emissionen des Strommixes starke jahreszeitliche Schwankungen aufweisen und dadurch der Jahresdurchschnitt beider Größen zu einer Verfälschung der tatsächlich verursachten Emissionen führt.

Die **Grenzkraftwerk-Methode** basiert auf der Prämisse, dass ein zusätzlicher Strombedarf zu einer Erhöhung der Erzeugung des deutschen Kraftwerksparks führt. Der Kraftwerkseinsatz wird anhand der Merit Order des entsprechenden Zeitraums definiert. Unter der Annahme, dass der zusätzliche Strombedarf kleiner als die noch verfügbare Kraftwerksleistung des Grenzkraftwerks ist, kann dem zusätzlichen Stromverbrauch der Emissionsfaktor des Grenzkraftwerks zugeordnet werden. Die Merit Order kann mithilfe der Grenzkosten und der installierten Leistung der Kraftwerke bestimmt werden. Die Grenzkosten eines Kraftwerks basieren auf den Betriebskosten, dem elektrischen Wirkungsgrad sowie den Brennstoff- und CO₂-Zertifikatspreisen. Zusätzlich werden für jedes Kraftwerk spezifische Emissionen hinterlegt. Da das Grenzkraftwerk preissetzend ist, kann dieses anhand des Strompreises identifiziert werden. Die Emissionen des Grenzkraftwerks können somit stündlich ausgewiesen werden. Analog zur Stundenmittelwert-Methode kann die Gewichtung des Emissionsfaktors anhand des Lastgangs der elektrischen Heizsysteme erfolgen. Diese Bewertungsmethode unterscheidet sich grundlegend von den ersten beiden, da anstatt des durchschnittlichen Emissionsfaktors aller Kraftwerke ausschließlich der des Grenzkraftwerkes berücksichtigt wird. Aus diesem Grund können sich deutliche Unterschiede in den ermittelten Emissionen ergeben.

Szenariobasierte Simulationen dienen der Ermittlung des zeitaufgelösten Einsatzes des Kraftwerksparks zur Deckung eines festgelegten Lastgangs. Zur Ermittlung der Emissionen von Wärmepumpen werden zwei Szenarien definiert. Während das erste Szenario einen moderaten Ausbau von elektrischen Heizsystemen beschreibt, wird im zweiten Szenario ein forciertes Ausbau von Wärmepumpen simuliert. Die Differenz der in den beiden Szenarien ermittelten Emissionen ist auf den Ausbau der elektrischen Heizsysteme zurückzuführen und wird diesen zugeordnet.

Fazit

Während sich die Methoden auf Basis des Jahres- bzw. Stundenmittelwertes für die Bewertung bestehender Anlagen eignen, ermöglichen die Grenzkraftwerk-Methode sowie die szenariobasierten Simulationen eine Bewertung der Auswirkungen von zukünftigen Neuanlagen. Ein starker Zubau an elektrischen Heizsystemen führt zu Rückwirkungen auf den gesamten Kraftwerkspark. So müssen ab einem gewissen Zubaugrad weitere Kraftwerkskapazitäten oder zusätzliche Flexibilität bereitgestellt werden, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Diese Rückwirkungen können mit den Ex-post-Methoden (1-3) nicht berücksichtigt werden. In der Langfassung folgt ein Vergleich der, auf Grundlage der vorgestellten Methoden, ermittelten Ergebnisse.

¹ Ausnahmen: Die Stromerzeugung erfolgt aus einem Kraftwerk und einem Brennstoff oder es gibt keine weiteren ans Stromnetz angeschlossenen Verbraucher als die Wärmepumpe.